

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЗРОШУВАНОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

НЕТІС ВАЛЕРІЙ ІВАНОВИЧ

УДК: 633.16:631.51:631.8(477.7)

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
СОЇ НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

06.01.09 «Рослинництво»

(сільськогосподарські науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата наук

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

_____ В. І. Нетіс

Науковий керівник: **ЗАЄЦЬ Сергій Олександрович**,
кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Херсон – 2018

АНОТАЦІЯ

***Hemic B.I.* Оптимізація елементів технології вирощування сої на зрошуваних землях півдня України.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 «Рослинництво». – Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України; ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», Херсон, 2018.

На зрошуваних землях півдня України однією з найбільш рентабельних культур є соя, яка має великий попит на внутрішньому та світовому ринках. Проте рівень її врожайності поки що залишається значно нижчим потенціалу сортів. Однією з основних причин цього є те, що існуюча технологія вирощування сої недостатньо враховує біологічні особливості сортів, що не дає можливості повною мірою реалізувати їх урожайний потенціал. Тому оптимізація технології вирощування сої з урахуванням біологічних вимог кожного сорту є актуальною науковою проблемою, вирішення якої дасть можливість підвищити продуктивність культури та ефективність її вирощування.

За результатами досліджень уперше на зрошуваних землях півдня України розроблено технологію вирощування нових сортів сої Аратта і Софія, яка відповідає їх біологічним вимогам та дає можливість максимально реалізувати врожайний потенціал цих сортів, підвищити якість насіння, зменшити витрати ресурсів. Визначено варіанти високоефективного використання соєю природних ресурсів: води, сонячної енергії та поживних речовин ґрунту.

Рекомендовано виробництву оптимальні норми висіву насіння для сортів сої нового покоління, на різних фонах живлення, застосування мінеральних і бактеріальних добрив для різних сортів та високоефективні регулятори росту рослин, що дає можливість одержувати врожайність насіння 3,0-3,2 т/га, підвищити його якість та зменшити технологічні витрати на 10% порівняно з базовою технологією. Рекомендована технологія пройшла виробничу перевірку в ДП ДГ "Каховське" Каховського району Херсонської області, на площі 20 га, де соя забезпечила врожайність на 0,41 т/га вищу, ніж за існуючої технології.

У даній дисертаційній роботі викладено результати досліджень впливу мінеральних і бактеріальних добрив, норм висіву насіння та регуляторів росту на формування вегетативної маси, репродуктивних органів, фотосинтетичну діяльність рослин та продуктивність сортів сої Аратта і Софія. Встановлено, що найбільш сприятливі умови для їх росту й розвитку, формування добре розвиненої надземної маси та фотосинтетичної діяльності рослин створюються за інокуляції насіння, внесення добрив у дозі $N_{60}P_{40}$, норми висіву 600 тис./га та обробки посівів регулятором росту рослин Мегафол.

Інокуляція насіння сої азотфіксуючими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum* 634 b збільшувала кількість бульбочок на коренях сої у сорту Аратта на 49,1%, сорту Софія – на 19,7, а масу бульбочок – на 21,2 і 12,9%, відповідно. Кращі умови для формування бульбочок склалися за інокуляції насіння без внесення азотних добрив. Азотні добрива пригнічували формування і ріст бульбочок, зокрема більше пригнічували ріст бульбочок на коренях сорту Аратта. Під впливом азотних добрив маса бульбочок у сорту Аратта зменшувалася на 32,5-45,4%, у Софії – на 21,4-33,6%.

Виявлено значний вплив освітленості посівів на формування репродуктивних органів сої. Між освітленістю рослин та кількістю бобів і насінин на рослинах існує тісна позитивна залежність $r = 0,80-0,82$. Кращий режим освітленості в посівах обох сортів сої, який забезпечує високу їх продуктивність, досягається за норми висіву 600 тис./га та інокуляції насіння.

Визначено, що сорти сої Аратта і Софія за період вегетації витрачають практично однакову кількість води – 4864-5102 та 4943-5167 м³/га відповідно. Потреба сої у воді найбільше забезпечувалася за рахунок поливів – 49%. Частка опадів у її водоспоживанні становила 34%, а із запасів ґрунту – 17%. На формування 1 т насіння соя витрачала 1639-1935 м³ води. Сорт Софія на 1 т насіння витрачав води на 3,8-15,4% менше, ніж Аратта. Одним із заходів, які сприяють економному споживанню води соєю, є оптимізація фону живлення.

Показано, що соя з урожаєм 3,0-3,2 т/га виносить 181-182 кг/га азоту, 52-59 – фосфору й 102-114 – калію. Найбільшу кількість азоту, фосфору та калію вона споживає в період формування бобів і наливу насіння. Рослини сої

споживали азот, в основному, за рахунок азотфіксації, менше – з ґрунту, ще менше – за рахунок мінеральних добрив. Із ґрунту рослини використовували азоту в середньому 35,2%, за рахунок азотфіксації – 58-63, а з добрив – 3,8-8,8%. Соя споживала 102,4-111,0 кг/га симбіотичного азоту й за рахунок азотфіксації забезпечувала свої потреби в азоті на 58,6-63,4%. Частка симбіотичного азоту в живленні сої зменшувалася при внесенні азотних добрив і загущенні посіву.

Встановлено, що на формування врожаю сорти не однаково витрачають елементи живлення. Сорт Аратта на 1 т насіння витрачав азоту в середньому 62,2 кг, фосфору – 18,4, калію – 37,1 кг, а сорт Софія – 57,5, 17,1 і 34,7 кг, відповідно. Поживні речовини найбільш ефективно використовувалися за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га.

Визначено поглинання та використання сонячної енергії посівами сої за різних умов вирощування. Поглинання фотосинтетично активної радіації (ФАР) знаходиться в тісній залежності від площі листової поверхні ($r = 0,86-0,94$). Максимальний коефіцієнт поглинання ФАР посівами сої становив 0,83-0,86 і досягався за площі листя 42-46 тис.м²/га, а при її збільшенні поглинання ФАР не підвищувалося. Використовувалося посівами сої лише 2,44-3,42% ФАР від тієї, що надходила на посіви за всю вегетацію. Найбільш ефективно використовував енергію ФАР, з ККД_{ФАР} 3,42%, сорт Софія за норми висіву 600 тис./га, на фоні внесення добрив N₃₀P₄₀ + інокуляція насіння, а сорт Аратта – 3,38% на фоні інокуляції та норми висіву 600 тис./га.

Визначено вплив досліджуваних елементів технології на врожайність та якість насіння сої сортів Аратта і Софія. Під впливом цих факторів урожайність сої змінювалась від 1,94 до 3,75 т/га, або на 1,81 т/га. Встановлено, що частка впливу сорту у формуванні врожаю сої становить 17%, фону живлення – 37, норм висіву насіння – 8, взаємодії сорту і фону живлення – 15, фону живлення і норми висіву – 14%. На продуктивність сої істотно впливала інокуляція насіння азотфіксуючими бактеріями, яка підвищувала врожайність сорту Софія на 0,08-0,44 т/га, а сорту Аратта – на 0,15-0,38 т/га. Із загущенням посіву й збільшенням доз азотних добрив ефективність інокуляції знижувалася.

Встановлено, що досліджувані сорти по-різному реагують на мінеральні добрива. Сорт Аратта не забезпечував приріст врожаю від внесення добрив у дозі $N_{30-60}P_{40}$, порівняно з інокуляцією. Сорт Софія від мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ давав достовірний приріст урожайності насіння – 0,17 т/га та збільшував на 9,6% збір білка і на 6,5% жиру порівняно з однією інокуляцією. Для оптимального азотного живлення сорту Аратта достатньо проводити інокуляцію насіння без внесення азотних добрив, а сорту Софія – застосовувати інокуляцію та вносити добрива у дозі $N_{30}P_{40}$.

Оптимальна норма висіву сої залежала від сорту і фону живлення. Із збільшенням дози азотних добрив норму висіву сої слід знижувати. На неудобреному фоні та за інокуляції насіння кращою нормою висіву сорту Аратта є 600 тис./га, а на удобрених фонах – 400 тис./га. Оптимальна норма висіву сорту Софія на всіх фонах живлення дорівнювала 600 тис./га, а на високому фоні – 400 тис./га. Сорт Софія найвищу врожайність забезпечував за інокуляції насіння, внесення добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ і сівби нормою висіву 600 тис./га, а сорт Аратта – за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га. Із регуляторів росту найбільший приріст врожаю – 0,35-0,41 т/га забезпечував препарат Мегафол і Наномікс – 0,28-0,35 т/га. Препарат Нановіт давав найменший приріст врожаю – 0,11-0,16 т/га.

Сорти Аратта і Софія мали практично однаковий вміст білка в насінні – в середньому 32,7 і 33,1% відповідно. В насінні сорту Софія містилося більше жиру – у середньому на 1,1%, ніж в сорту Аратта. Найбільший збір білка і жиру обидва сорти забезпечували за норми висіву 600 тис./га на фоні живлення $N_{30}P_{40}$ +інокуляція насіння.

Встановлено, що сорт Аратта найвищий умовно чистий прибуток 22858 грн/га забезпечував за інокуляції насіння та сівби нормою висіву 600 тис./га. Внесення мінеральних добрив призводило до істотного зниження чистого прибутку. Цей сорт ефективніше вирощувати за інокуляції насіння, без внесення азотних добрив, що робить його перспективним для використання в системі біологічного землеробства. Сорт Софія найвищу економічну ефективність

забезпечував за інокуляції насіння, внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ та сівби нормою висіву 600 тис. насінин на 1 га.

Ключові слова: соя, сорт, фон живлення, норма висіву, урожайність, якість насіння, економічна ефективність.

ANNOTATION

Netis V.I. Optimization elements of technology cultivation of soybean on irrigated lands of southern Ukraine. – The qualification scientific work on the rule of manuscript.

Thesis for a degree in agricultural sciences (PhD), specialty 06.01.09 – plant growing. – Institute of Irrigated Agriculture of Ukrainian Academy of Agrarian Sciences of Ukraine; Kherson State Agrarian University, Kherson, 2018.

On the irrigated lands of Southern Ukraine one of the most profitable crops is the soybean, which has a great demand in domestic and global markets. However, the level of soybean yield is still well below the potential of varieties. One of the main reasons for this is that the existing technology of its cultivation, few take into account the biological characteristics of varieties, which makes it impossible to fully realize their productive potential. Therefore, optimization of cultivation technology of soybean taking into consideration the biological requirements of each class is an actual scientific problem, the solution of which will give the opportunity to improve the performance of the crop and efficiency of its cultivation.

The results of the research for the first time on the irrigated lands of Southern Ukraine developed the technology of new cultivation of soybean varieties Aratta and Sofia, which corresponds to their biological requirements and gives you the opportunity to fully realize the productive potential of these varieties, improve seed quality, to reduce resource costs. Defined options for efficient use of soybean natural resources: water, solar energy and nutrients from the soil.

Recommended production optimum seeding rates for new varieties of soybean on different backgrounds of food, application of mineral and bacterial fertilizers for different varieties and highly efficient plant growth regulators, which gives the opportunity to obtain seed yields of 3.0-3.2 t/ha, to improve quality and reduce

operating costs by 10% compared to the baseline technology. The recommended technology has been production tested in SERE "Kakhovske", Kakhovka district, Kherson region, where it provided soybean yield by 0.41 t/ha higher than on existing technology.

In this thesis work the results of researches of influence of mineral and bacterial fertilizers, seeding and growth regulators on formation of vegetative mass, reproductive organs, photosynthetic activity of plants and on the productivity of soybean varieties Aratta and Sofia are led. It is established that the most favorable conditions for their growth and development, forming well-developed above-ground mass and the photosynthetic activities of plants are created by of inoculation of seeds, application of fertilizing in the dose $N_{60}P_{40}$, the seeding rate of 600 thousand/ha and treatment of crops with plant growth stimulator Megafol.

Inoculation of soybean seeds with nitrogen-fixing bacteria *Bradyrhizobium japonicum* 634 b increased the number of nodules on the roots of soybean varieties Aratta on 49.1%, variety Sofia – 19.7, and the mass of nodules – 21.2 and 12.9%, respectively. The best conditions for the formation of nodules formed by inoculation of seeds with no nitrogen fertilizer. Nitrogen fertilizers inhibit the formation and growth of nodules. More they inhibit the growth of nodules on the roots of variety of Aratta. Under the influence of nitrogen fertilizer mass of nodules in the variety of Aratta is reduced by 32.5-45.4%, in Sofia – 21.4-33.6%.

The study revealed a significant influence of the light conditions of crops on the formation of reproductive organs of soybean. Between the illumination of plants and the number of beans and seeds on the plants, there is a strong positive correlation $r = 0,80-0,82$. The best mode of illumination in the crops of both varieties of soybeans, which provides high performance, is achieved with a sowing rate of 600 thousand/ha and seed inoculation.

Determined that soybean varieties Aratta and Sofia during the vegetation period spend almost the same amount of water – 4864-5102 and 4943-5167 m^3/ha , respectively. The need of the soybeans in the water for is provided by waterings of 49.0%. Of the precipitation in its water consumption is 34.0%, from the soil of 17%. On the formation of 1 ton of soybean seeds consumes 1639-1935 m^3 of water. Variety Sofia per 1 ton of seeds use water on 3.8-15,4 per cent less than Aratta. One of the

activities that contribute to efficient water use in soybean, is to optimize nutrition background.

Soybeans with yield of 3.0-3.2 t/ha uses 181-182 kg/ha of nitrogen, 52-59 – phosphorus and 102-114 – potassium. The greatest amount of nitrogen, phosphorus and potassium it consumes in the period of pod formation and seed loading. Soybean plants consume nitrogen mainly due to nitrogen fixation, less from soil and less at the expense of mineral fertilizers. From the soil plants use nitrogen on average 35.2%, due to nitrogen fixation – 56-63, and fertilizers – 3.8-8.8%. Soybean uses 102.4-111.0 kg/ha of biological nitrogen and through nitrogen fixation provides its needs for nitrogen on 58.6-63.4%. The share of biological nitrogen nutrition of soybean decreases when making nitrogen fertilizer and dense planting.

On the formation of crop varieties are not equally consume elements food. Aratta per 1 ton of seeds spends nitrogen on average 62.2 kg, phosphorus – 18.4, potassium – 37.1 kg and variety of Sofia is 57.5, 17.1 and 34.7 kg, respectively. Nutrients are used most efficiently by inoculation of seeds and a seeding rate of 600 thousand/ha.

The studied the absorption and utilization of solar energy by soybean crops under different growing conditions. The absorption of photosynthetic active radiation (PAR) is closely dependent on the density of sowing and area of leaf ($r = 0.86-0.94$). The maximum absorption coefficient PAR soybeans is 0.83-0.86 and achieved by leaf area 42-46 thousand m^2/ha , and with increasing it absorption of the PAR is not growing. Used soybeans 2.44-3.42% from PAR, what came to the seeding the for entire growing season. Most effectively utilized the power of the PAR, with a ratio of 3.42% variety Sofia at the seeding rate of 600 thousand/ha, on the background $N_{30}P_{40}$ + inoculation and variety Aratta – 3.38% on the background of inoculation and seeding rate of 600 thousand/ha.

The influence studied technology elements on yield and seed quality of soybean varieties Aratta and Sofia is determined. Under the influence of these factors, soybean yields varied from 1.94 to 3.75 t/ha, or 1.81 t/ha. Determined that the proportion of the influence of class in shaping the soybean crop is 17%, background nutrition – 37, seeding rate – 8, interaction of variety and background nutrition – 15, background nutrition and the seeding rate is 14.0%. The soybean crop is significantly affected by the inoculation of seeds by nitrogen-fixing bacteria, that increases the yield of variety

Sofia on 0.08-0.44 t/ha, and variety of Aratta – on 0.15-0.38 t/ha. With the increase of planting density and doses of nitrogen fertilizers, efficiency of inoculation is reduced.

Established that the studied cultivars respond differently to fertilizer. Variety Aratta did not provide the increase in yield from fertilizer at a dose of $N_{30-60}P_{40}$, compared with inoculation. Variety Sofia from mineral fertilizers in the dose of $N_{30}P_{40}$ gave significant increase in seed yield of – 0.17 t/ha and increased to 9.6% collect protein and to 6.5 percent fat compared to one inoculation. For optimal nitrogen nutrition of variety of Aratta sufficient to carry out the inoculation of seeds without nitrogen fertilizer, and variete of Sofia is to use the inoculation and to make fertilizer in a dose of $N_{30}P_{40}$.

It is established that the optimum seed rate of soybean depends on the variety and nutrition background. With increasing doses of nitrogen fertilizer seeding rate of soybeans should be reduced. Without fertilizers and inoculation, the best seeding rate variety of Aratta there are 600 thousand/ha, and on fertilized backgrounds – 400 thousand/ha. The optimum seeding rate of variety Sofia on all backgrounds food – 600 thousand/ha, and high of background – 400 thousand/ha. The variety Sofia provides a high yield under inoculation of seeds, use fertilizer dose $N_{30}P_{40}$ and sowing a seeding rate of 600 thousand/ha, and variety of Aratta by inoculation of seeds and a seeding rate of 600 thousand/ha.

Among the growth regulators the highest increase harvest – 0.35-0.41 t/ha provides growth regulator Megafol and Nanomix – 0.28-0.35 t/ha. Preparations of Nanovit gave a yield increase of 0.11-0.16 t/ha.

Varieties of Aratta and Sophia have almost the same protein content in seeds on average, 32.7 and 33.1%, respectively. The variety of Sofia in the seeds contains more fat on average by 1.1% than in Aratta. The largest collection of protein and fat both varieties provide a seeding rate of 600 thousand/ha on the background of power $N_{30}P_{40}$ +inoculation of seed. Variety of Aratta the highest conditionally net income 22858 UAH/ha give with an yield of 3.04 t/ha with seed inoculation and sowing a seeding rate of 600 thousand/ha. Application of mineral fertilizers on this variety leads to a decrease in net income and is impractical. The variety of Sofia is the highest net profit 22688 UAH/ha was obtained with a yield of 3.2 t/ha, and in some years, 3.75

tons/ha and inoculated seed, the application of mineral fertilizers in the dose of $N_{30}P_{40}$ and sowing a seeding rate of 600 thousand seeds per 1 hectare.

Key words: soybean, variety, nutrition background, seeding rate, yield, seed quality, economic efficiency.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Заєць С. О. Ефективність застосування біостимуляторів та їх комплексів з мікроелементами на посівах сої в умовах зрошення / С. О. Заєць, В. І. Нетіс // Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Херсон: Грінь Д. С., 2016. Вип. 66. С. 60-62. *(Здобувачем проведено дослідження, аналіз та узагальнення результатів, підготовлено матеріали до друку).*

2. Заєць С. О. Споживання води посівами сої в умовах зрошення залежно від сорту і фону живлення / С. О. Заєць, В. І. Нетіс // Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб. – Херсон: Грінь Д. С., 2017. Вип. 67 С. 51-53. *(Здобувачем проведено дослідження, аналіз та узагальнення результатів, підготовлено матеріали до друку).*

3. Нетіс В. І. Світловий режим посівів сої та його залежність від технологічних заходів вирощування / В. І. Нетіс, Л. І. Онуфран // Таврійський науковий вісник. – Херсон: Грінь Д. С., 2017. Вип. 98. С. 102-107. *(Здобувачем проведено дослідження, аналіз та узагальнення результатів, підготовлено матеріали до друку).*

4. Нетіс В.І. Формування елементів продуктивності сої за різних заходів вирощування / В.І.Нетіс // Таврійський науковий вісник. – Херсон: Грінь Д. С., 2018. – Вип. 99. – С. 100-107.

Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

5. Онуфран Л.І. Поглинання та використання сонячної енергії посівами сої за різних умов вирощування /Л. І. Онуфран, В. І. Нетіс // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет,

2017. – Вип. 2 (94). – С. 107-115. *(Здобувачем проведено дослідження, аналіз та узагальнення результатів, підготовлено матеріали до друку).*

Статті у закордонних фахових виданнях:

6. Заец С. А. Эффективность регуляторов роста растений при выращивании сои на орошаемых землях юга Украины /С. А. Заец, Н. Н. Гальченко, В. И. Нетис // Кормопроизводство. – Москва, 2017. – № 10. – С. 29-33. *(Здобувачем проведено дослідження, аналіз та узагальнення результатів, підготовлено матеріали до друку).*

Тези наукових конференцій:

7. Нетіс В. І. Світловий режим в посівах сої залежно від технологічних заходів вирощування / В. І. Нетіс // Підвищення ефективності функціонування сільського господарства в умовах зміни клімату : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 09 грудня 2016 р. – Херсон: ІЗЗ НААН, 2016. – С. 115-116.

8. Нетіс В. І. Якість зерна сої за різних технологічних заходів вирощування /В. І. Нетіс // Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 15-річчю створення Українського інституту експертизи сортів рослин (7 червня 2017 р., м. Київ).– Вінниця : Нілан-ЛТД, 2017. – С. 203-204.

9. Нетіс В.І. Формування симбіотичного апарату сої залежно від інокуляції насіння, сорту та фону живлення в умовах зрошення /В. І. Нетіс // Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матеріали XII наукової конференції молодих вчених (м. Чернігів, 24-25 жовтня 2017 р.).– /Національна академія аграрних наук України, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. – Чернігів: Видавець Брагінець О. В., 2017. – С. 38-40.

10. Нетіс В.І. Сортова технологія вирощування сої в умовах зрошення / В. І. Нетіс //Матеріали регіональної наук. практ. інтернет-конф. "Зрошуване

землеробство сьогодення, проблеми, перспективи" (2-3 листопада 2017 р.): [До 80-річчя професора Ківера В. Ф.]. – Дніпро: ДДАЕУ, 2017. – С. 71-73.

11. Нетіс В. И. Оптимизация технологии выращивания сои на орошаемых землях юга Украины В. И. Нетіс // Инновационные подходы и перспективные идеи молодых ученых в аграрной науке: Сб. мат-лов междунар. науч.-практ. конф. мол. уч. (17 ноября 2017 г., п. Кайнар). – Алматы: Таугуль-Принт, 2017. – С. 410-413.

12. Нетіс В. І. Використання рослинами сої поживних речовин з ґрунту і добрив в умовах зрошення / В. І. Нетіс // Міжнародна наукова інтернет-конференція "Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур" (16 листопада 2017 р.). – Запоріжжя: ІОК НААН, 2017. – С. 126-127.

Науково-методичні рекомендації:

13. Ресурсозберігаюча екологічно безпечна технологія вирощування озимих зернових культур, сої і кукурудзи на зрошуваних землях півдня України: Науково-практичні рекомендації / Р. А. Вожегова, С. О. Заєць, Л. І. Онуфран, В. І. Нетіс [та ін.]. – Херсон: Грінь Д. С., 2015. – 44 с. *(Здобувачем проведено аналіз та узагальнення результатів досліджень, брав участь у підготовці матеріалів до друку).*

14. Інновації у виробництво. Особливості вирощування сільськогосподарських культур у Південному Степу України в 2017 році. Науково-практичні рекомендації / Р. А. Вожегова, С. О. Заєць, А. М. Коваленко, Ю. О. Лавриненко, В. І. Нетіс [та ін.]. – Херсон: Грінь Д. С., 2017. – 106 с. *(Здобувачем проведено аналіз та узагальнення результатів досліджень, брав участь у підготовці матеріалів до друку).*

ЗМІСТ

| | Стор. |
|---|-------|
| ВСТУП | 15 |
| РОЗДІЛ 1 ВИРОБНИЦТВО ТА СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)..... | 19 |
| 1.1 Значення, історія та виробництво сої..... | 19 |
| 1.2 Сортові ресурси та їх роль у підвищенні врожаю..... | 25 |
| 1.3 Сучасний стан вивчення норм висіву сої..... | 27 |
| 1.4 Оптимізація застосування мінеральних і бактеріальних добрив та регуляторів росту за вирощування сої..... | 31 |
| Висновки до розділу 1..... | 36 |
| РОЗДІЛ 2 УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 38 |
| 2.1 Ґрунтово-кліматична характеристика зони та погодні умови в роки досліджень..... | 38 |
| 2.2 Програма і методика досліджень..... | 46 |
| Висновки до розділу 2..... | 53 |
| РОЗДІЛ 3 РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН ТА ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, НОРМ ВИСІВУ, ФОНУ ЖИВЛЕННЯ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ... 54 | 54 |
| 3.1 Густота стояння та виживання рослин сої залежно від елементів технології..... | 54 |
| 3.2 Динаміка наростання вегетативної маси рослин..... | 57 |
| 3.3 Площа листкової поверхні та продуктивність фотосинтезу... 63 | 63 |
| 3.4 Формування елементів продуктивності сої..... | 67 |
| 3.5 Формування симбіотичного апарату рослин..... | 78 |
| Висновки до розділу 3..... | 82 |
| РОЗДІЛ 4 ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ ТА СВІТЛОВИЙ РЕЖИМ ПОСІВІВ СОЇ ЗА РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ..... | 84 |

| | | |
|--|--|-----|
| 4.1 | Поживний режим ґрунту залежно від фону живлення..... | 84 |
| 4.2 | Світловий режим посівів сої залежно від умов вирощування.. | 87 |
| | Висновки до розділу 4..... | 92 |
| РОЗДІЛ 5 СПОЖИВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ, ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ І СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПОСІВАМИ СОЇ ЗА РІЗНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ..... | | |
| | | 94 |
| 5.1 | Споживання води та ефективність її використання..... | 94 |
| 5.2 | Споживання, винос та використання елементів живлення за різних технологічних заходів..... | 98 |
| | Поглинання та використання сонячної енергії посівами сої... | 107 |
| | Висновки до розділу 5..... | 114 |
| РОЗДІЛ 6 ВПЛИВ ФОНУ ЖИВЛЕННЯ, НОРМ ВИСІВУ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ РІЗНИХ СОРТІВ СОЇ..... | | |
| | | 117 |
| 6.1 | Урожайність сої залежно від сорту, фону живлення та норм висіву насіння..... | 117 |
| | Урожайність сої за використання регуляторів росту рослин.. | 123 |
| | Хімічний склад насіння сої за різних заходів вирощування... | 125 |
| | Висновки до розділу 6..... | 131 |
| РОЗДІЛ 7 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ..... | | |
| | | 133 |
| 7.1 | Економічна ефективність вирощування сої..... | 133 |
| 7.2 | Енергетична оцінка розроблених елементів технології..... | 136 |
| | Висновки до розділу 7..... | 140 |
| | ВИСНОВКИ..... | 141 |
| | РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ..... | 146 |
| | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 147 |
| | ДОДАТКИ..... | 169 |

ВСТУП

Актуальність теми. На зрошуваних землях півдня України значні площі посіву займає соя – цінна високобілкова олійна культура, яка має великий попит на внутрішньому та світовому ринках. Соя є однією з найбільш рентабельних культур, що дає змогу значно поліпшити економічний стан господарств. В Україні є великі можливості збільшити виробництво насіння цієї культури та отримувати більші прибутки від її реалізації.

Великий внесок у вивчення біології та технології вирощування сої в Україні зробили провідні вчені: А. К. Лещенко, А. О. Бабич, В. І. Січкарь, В. І. Завірюхін, Ф. Ф. Адамень, О. І. Поляков, В. В. Гамаюнова, М. Я. Шевніков та ін. Створені нові високопродуктивні сорти сої, розроблена технологія її вирощування. Проте існуюча технологія практично не враховує біологічні особливості нових сортів, що не дає можливості повною мірою реалізувати їх урожайний потенціал. Крім того, значно зросли ціни на добрива, паливо, пестициди, збільшилися технологічні витрати, що вимагає пошуку шляхів удосконалення існуючої технології вирощування сої. Тому удосконалення технології вирощування цієї культури з урахуванням біологічних вимог кожного сорту, є актуальною науковою проблемою, вирішення якої дасть можливість підвищити продуктивність культури та ефективність її вирощування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота була складовою частиною тематичного плану Інституту зрошуваного землеробства НААН і виконувалась за державною програмою наукових досліджень № 45 "Наукові основи формування систем землеробства на зрошуваних землях" ("Зрошуване землеробство") і завданням: "Біологічні основи продукційних процесів нових сортів озимих зернових культур і сої на зрошуваних землях при застосуванні біологічних препаратів та оптимізації агротехнічних прийомів" (№ державної реєстрації 0116U001096).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було оптимізувати основні елементи технології вирощування сортів сої нового покоління, а саме: норми

висіву насіння, застосування мінеральних і бактеріальних добрив, регуляторів росту рослин та розробити комплекс технологічних заходів вирощування їх на зрошуваних землях півдня України.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати такі завдання:

- вивчити процеси росту й розвитку рослин, формування надземної маси, площі листкової поверхні, продуктивності фотосинтезу та структури врожаю нових сортів сої залежно від досліджуваних елементів технології;
- визначити водоспоживання сої та витрати води на формування насіння залежно від сорту й фону живлення;
- дослідити поживний режим ґрунту, винос і витрати елементів живлення на формування врожаю сої залежно від сорту та фону живлення;
- вивчити світловий режим посівів сої, поглинання та використання сонячної енергії посівами залежно від технологічних заходів вирощування;
- визначити вплив норм висіву, мінеральних і бактеріальних добрив та регуляторів росту рослин на врожайність та якість насіння різних сортів сої;
- дати економічну й енергетичну оцінку досліджуваних елементів технології сої та визначити ефективний технологічний комплекс її вирощування на зрошуваних землях півдня України.

Об'єкт досліджень: процеси росту, розвитку рослин і формування врожаю та показників якості насіння різних сортів сої при зрошенні залежно від досліджуваних елементів технології.

Предмет досліджень: сорти сої Аратта і Софія, їх урожайність та якість насіння залежно від мінеральних і бактеріальних добрив, норм висіву насіння та позакореневого підживлення рослин регуляторами росту в умовах зрошення.

Методи дослідження: польовий – для визначення врожайності насіння, біометричних вимірів; лабораторний – визначення структури врожаю, вмісту вологи й елементів живлення в ґрунті, якості насіння; статистичний – для оцінки достовірності отриманих експериментальних даних, визначення кореляційних і регресійних зв'язків; розрахунково-порівняльний – для оцінки економічної та енергетичної ефективності досліджуваних факторів.

Наукова новизна одержаних результатів. *Вперше* розроблено технологію вирощування сортів сої нового покоління Аратта і Софія, який дає можливість максимально реалізувати їх урожайний потенціал, підвищити продуктивність та ефективність вирощування культури в умовах зрошення.

Удосконалено базову технологію вирощування сої при зрошенні шляхом оптимізації взаємодії сорту, норм висіву, мінеральних і бактеріальних добрив, а також ефективного використання енергетичних ресурсів.

Набули подальшого дослідження процесів росту й розвитку рослин різних сортів сої, формування високого врожаю та якості насіння за рахунок оптимізації елементів технології та ефективного використання природних ресурсів: сонячної енергії, вологи й родючості ґрунту.

Розроблено кореляційно-регресійні моделі врожайності, елементів продуктивності, водоспоживання та визначено найбільш економічно ефективний комплекс технологічних заходів вирощування сортів сої нового покоління на зрошуваних землях півдня України.

Практичне значення отриманих результатів. Визначено та рекомендовано виробництву оптимальні норми висіву насіння, застосування мінеральних і бактеріальних добрив та високоефективні регулятори росту рослин для сортів сої нового покоління, що дає можливість одержувати в умовах зрошення півдня України врожайність насіння 3,0-3,2 т/га та зменшити витрати коштів на 10%. Результати досліджень пройшли виробничу перевірку та впровадження в ДП ДГ "Каховське" Каховського району, Херсонської області, де оптимізована технологія вирощування сої сорту Софія забезпечила приріст врожаю 0,41 т/га і додатковий чистий прибуток 3850 грн/га, порівняно з існуючою технологією (додаток Б).

Особистий внесок здобувача. Дисертантом особисто розроблено програму досліджень, проведено польові дослідження, біометричні дослідження, виконано лабораторні аналізи, опрацьовано літературні джерела, проведено статистичний аналіз одержаних даних, узагальнено результати досліджень, написана дисертація і наукові статті, сформульовано рекомендації виробництву.

Апробація матеріалів. Основні положення досліджень доповідались і обговорювались на засіданнях вченої ради Інституту зрошуваного землеробства НААН, м. Херсон (2015-2017 рр.), координаційно-методичних радах Інституту олійних культур НААН, м. Запоріжжя (2015-2017 рр.); Міжнародній науково - практичній інтернет-конференції "Підвищення ефективності функціонування сільського господарства в умовах зміни клімату", 9 грудня 2016 р., м. Херсон; Міжнародній науково-практичній конференції "Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку", 7 червня 2017 р., м. Київ; Регіональній науково-практичній інтернет-конференції "Зрошуване землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи" [До 80-річчя професора Ківера В. Ф.], 2-3 листопада 2017 р., м. Дніпро; Міжнародній науковій інтернет-конференції "Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур", 16 листопада 2017 р., м. Запоріжжя; Международной научно-практической конференции "Инновационные подходы и перспективные идеи молодых ученых в аграрной науке", 17 ноября 2017 г., п. Кайнар, Республика Казахстан.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 14 наукових праць, із них 5 статей у фахових виданнях України, в т.ч. 1 стаття у науковому фаховому виданні України включеному до міжнародних наукометричних баз даних, 1 стаття у закордонному виданні, 6 тез наукових доповідей, 2 науково-практичні рекомендації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена на 188 сторінках комп'ютерного тексту (основний текст – 131 с.). Включає анотацію, вступ, 7 розділів, які містять 32 таблиці, 17 рисунків, висновки, рекомендації виробництву, список використаної літератури та 15 додатків. Список використаних джерел налічує 215 найменувань, у тому числі 36 – латиницею.

РОЗДІЛ 1
ВИРОБНИЦТВО ТА СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ
ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ
(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Значення, історія та виробництво сої

Одним з пріоритетних напрямів розвитку сільського господарства України є стабільне виробництво насіння олійних культур [10, 32]. Соя – одна з найважливіших і найпоширеніших зернобобових та олійних культур у світі. Вона відзначається високим вмістом білка й олії та високими поживними якостями. У насінні сої міститься 30-45% білка, 13-26% жиру, 20-32% вуглеводів, а також мінеральні речовини, вітаміни, ферменти тощо [16, 81].

Ця культура відіграє велику роль у розв'язанні світової продовольчої проблеми, передусім білкової та харчових жирів. Соевий білок біологічно повноцінний, ідеально збалансований за амінокислотним складом, легко засвоюється, за біологічною цінністю наближається до білків м'яса, молока, яєць і значно дешевший за тваринний білок [14, 42, 84].

Високий вміст білка й оптимальна його збалансованість за амінокислотним складом та відсутність холестерину роблять сою чудовим заміником продуктів тваринного походження у харчуванні людини. Із сої виготовляють молоко, сир, котлети, замітники яєчного порошку, кондитерські вироби, ковбаси, консерви, соуси тощо [99].

Соя є важливою технічною культурою. Вона займає перше місце у світовому виробництві рослинної олії, яку використовують на харчові цілі й для виробництва промислової продукції: біодизельного палива, лаку, фарб, мила, пластмаси, клею, штучних волокон тощо. На даний час 60% насіння сої переробляється на олію [99]. У ній велика кількість ненасичених жирних кислот, які не синтезуються в організмі людини й обов'язково повинні поступати з їжею. Вони знижують вміст холестерину в крові, позитивно діють на функціонування

мозку, покращують зір. У США серед харчових жирів соєва олія складає 73% і найпопулярніша серед населення [84].

Соє і продукти її переробки мають добрі кормові якості. Вона використовується для відгодівлі всіх видів тварин та птиці у вигляді макухи, шроту, дерті, молока, високобілкових комбікормів. Велика її цінність полягає в добре збалансованому складі незамінних амінокислот, особливо лізину, на який бідні всі злакові фуражні культури. Макуха містить в 1 кг 1,26 кормових одиниць, 354 г перетравного протеїну, 28 г лізину. У США основна частина соєвого шроту (80%) використовується в годівлі тварин і птиці. За рахунок цього ліквідовано дефіцит білка в кормовому раціоні тварин і птиці та одержано щорічну економію 50-60 млн т зернофуражу [13].

Соєві протеїни й ліпіди знижують ризик серцево-судинних захворювань, мають антиканцерогенні властивості, запобігають проявам таких хвороб, як цукровий діабет, остеопороз, вікові гормональні порушення тощо [99].

Значення сої різко зростає за умов енергетичної кризи та ресурсного дефіциту, оскільки вона може формувати високі врожаї без застосування азотних добрив, за рахунок біологічної фіксації азоту атмосфери. Соє залишає після себе у ґрунті 65-120 кг/га азоту, тим самим підвищує його родючість та є добрим попередником для наступних культур сівозміни [5, 41, 138]. За підрахунками вчених у світі за рік від сої в ґрунт надходить близько 16-19 млн т біологічного азоту. Це рівноцінно роботі потужних заводів із виробництва азотних добрив, запобігає великим додатковим витратам на їх придбання і внесення [13, 189].

Вклад сої у світову економіку надзвичайно великий. Ця культура стала відігравати ключову роль в економіці багатьох країн і розв'язанні глобальної продовольчої проблеми. З урожаєм сої в світі за рік надходить біля 96,4 млн т білка та 43,4 млн т соєвої олії [13].

За оцінками економістів соє є однією з найбільш прибуткових польових культур в Україні. Рентабельність її вирощування на зрошуваних землях України становить 50-90%, при врожайності 4,0 т/га – 110-115%, а в Лісостепу – стабільно сягає 90-120% [20, 37, 89].

Соя відноситься до сімейства бобових (*Leguminosae* Juss.), роду *Glycine max* L. Рід *Glycine max* об'єднує більш як 40 видів. В Україні ростуть тільки два види: соя культурна – *Glycine hispida max.* Moench та усурійська – *G. ussuriensis* Regel and et Maak. Культурна соя *G. hispida* має 6 підвидів: дикорослий, напівкультурний, індокитайський, маньчжурський, корейський і слов'янський [58, 59, 94]. В Україні поширені підвиди сої маньчжурський і слов'янський.

Батьківщиною культурної сої вважається Південно-Східна Азія і передусім Китай. В Китаї соя була відома понад 6 тис. років тому. Понад 4 тис. років вона також була відома в Кореї, Індії, Японії [50, 82, 153]. Так, як пшениця, рис, кукурудза, ячмінь і просо вона відноситься до найдавніших культур. У Китаї соя віддавна є заміником м'ясних і молочних продуктів. У Європі її почали використовувати лише у XVIII столітті, а в Україні – з 70-х років XIX століття [27].

Перші посіви сої на Європейській частині території царської Росії зробив агроном і вчений І. Г. Подоба, який у 1877 р. вперше посіяв насіння сої в Дніпровському повіті Таврії (нині Запорізька область), засівав один рік на Херсонському дослідному полі й три роки в «Асканії-Новій» (Херсонська область). Подобі вдалося отримувати стійкі врожаї в 120-160 пудів насіння сої з десятини (0,7-0,9 т/га) [82]. Підсумовуючи результати дослідницької роботи, він писав, що соя серед бобових культур за поживною цінністю, стійкістю до місцевих умов вирощування посідає перше місце.

У колишньому Радянському Союзі виробництво сої було розпочато в 1927 р. Посівні площі сої поступово збільшувалися: з 16,6 тис. га у 1927 р. до 461,4 тис. га у 1931 р. У 1932 році було 323 тис. га посівів сої, з яких на частку України припадало 150 тис. га [81].

Площа посіву сої в світі постійно збільшується. Так, у 1990 році її площа становила 56 млн га, у 2003 році – 83,6, а в 2014 році вона зросла до 118 млн га. За ці роки посіви сої збільшились більше, ніж у два рази. За площею посіву та обсягами виробництва зерна соя посідає четверте місце в світі після кукурудзи

(816 млн т), рису (699 млн т) та пшениці (652 млн т), потіснивши останніми роками ячмінь.

Сою вирощують у 91 країні світу. Найбільше її сіють у США – 28,7 млн га, Бразилії – 13,3, Китаї – 8,0, Аргентині – 6,8, Індії – 6,3 млн га. У всіх країнах Європи вона займає лише 1,2 млн га [84]. Багато сої сіють у Парагваї, Канаді, Індонезії, Італії, Південній Кореї, Нігерії, Франції, Румунії та ін. Середня врожайність сої у світі в 1998 році становила 2,24 т/га, у 2004 році – 2,4, у 2013 році – 2,6 т/га [13].

Світове виробництво сої стрімко зростає. Так, в 1960 р. у світі виробляли 31 млн т сої, в 1998 році цей показник досягнув 158 млн т, у 2010 році – 260, а в 2014 році – 308 млн т. У 2015 році світове виробництво сої досягло 400 млн т [89, 180].

Високі темпи й обсяги світового виробництва сої зумовлені зростаючим попитом її на світовому ринку, а також тим, що вона допомагає розв'язати нагальні проблеми, пов'язані з необхідністю збільшення виробництва рослинного білка й олії, поповнення запасів ґрунтового азоту, зміцнення економіки країн.

Найбільшими у світі виробниками сої є США – 90,7 млн т, Бразилія – 67,5, Аргентина – 50,5, Китай – 14,5, Індія – 9,6 млн т [89, 180]. На світовий ринок найбільше експортують сої США і Бразилія – по 37%, Аргентина – 11, Парагвай – 5, Канада – 4% [89]. Основні об'єкти торгівлі – це три соєвих продукти: насіння, шрот та олія.

Найбільшими імпортерами сої є Китай (11-13 млн т), Японія (5-6), Тайвань (2,4-3,0), Індонезія (1,6-2,0), Південна Корея (1,5-1,8 млн т). Багато сої закупають також країни Європейського Союзу: Голландія (6,2-6,5 млн т), Німеччина (4,7-5,1), Іспанія (3,1-3,4), Бельгія та Люксембург (1,7-2,0 млн т), переважно для відгодівлі худоби та птиці [20].

Виробництво сої в Україні також характеризується стрімким зростанням посівних площ і валових зборів насіння. За даними Державної служби статистики у 2000 році площа посівів сої в Україні складала 61 тис. га, у 2005

вона досягла 422 тис. га, у 2010 році збільшилася до 1037 тис. га, а в 2015 році сягнула 2,1 млн га [44а]. За ці роки (2000-2015 рр.) площа посівів сої збільшилася в 34 рази (рис. 1.1).

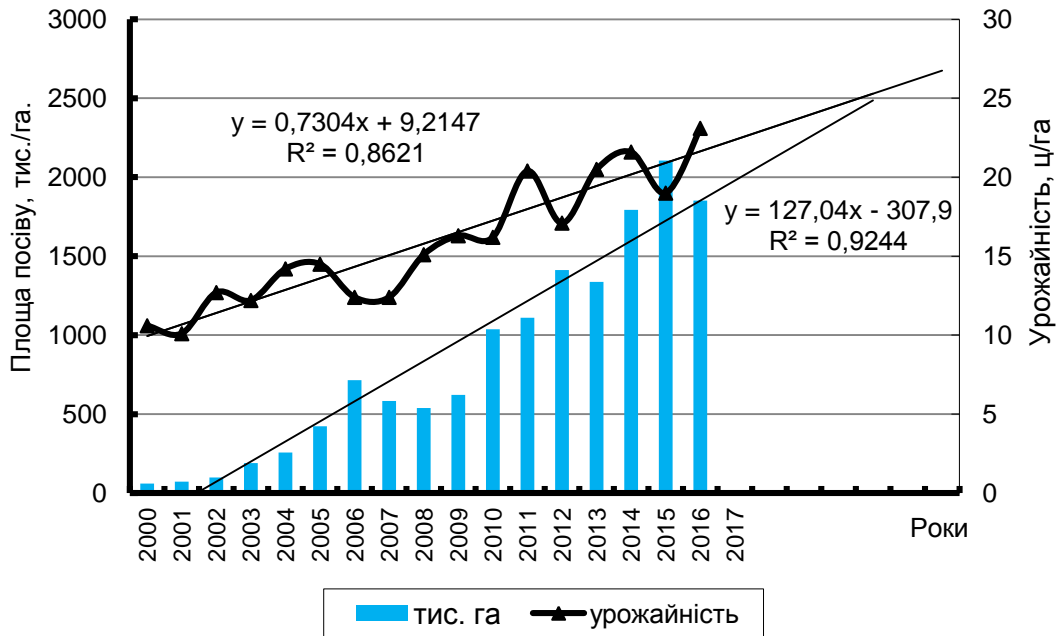


Рис 1.1 Динаміка площі посіву та врожайності сої в Україні

У ці роки стрімкими темпами збільшувалося й виробництво сої. У 2000 році збір її зерна становив 64 тис. т, у 2005 – 613 тис. т, у 2010 – 1,7 млн т, а в 2016 році було вже зібрано 4,2 млн т, або в 66 разів більше, ніж у 2000 році. За темпами приросту виробництва соя в Україні не має собі рівних. За об'ємом виробництва Україна знаходиться на першому місці серед держав Європи і на 8 місці в світі – після Канади.

Це було досягнуто передусім завдяки створенню та впровадженню у виробництво сортів сої нового покоління, розробці сортової технології, підвищенню попиту на цю культуру на внутрішньому й світовому ринках та високій рентабельності її вирощування.

Найбільшими виробниками сої в Україні стали Полтавська, Кіровоградська, Київська, Вінницька, Херсонська і Черкаська області. У південних посушливих областях сою вирощують тільки на зрошуваних землях, оскільки без поливів у цій зоні вона формує низькі врожаї. При поливах соя забезпечує врожай у 2 і

більше рази вищий, ніж без зрошення. Так, у дослідях Інституту зрошуваного землеробства НААН у середньому за дев'ять років урожайність сої без поливів становила 1,36 т/га, а при поливах – 2,82 т/га, або на 1,46 т/га більше [54]. За даними А.О. Бабича приріст урожайності від зрошення, у середньому за 11 років, становив 1,1 т/га, від добрив – 0,85 т/га, сумарне збільшення від обох чинників становило 1,95 т/га (від зрошення 56%, від добрив – 44%) [16]. У 2014 році на зрошуваних землях України соя займала 108 тис. га та є однією з найбільш прибуткових культур [37].

В останні роки соя стала однією з основних експортних культур України, після пшениці та кукурудзи. Дві третини вирощеного врожаю сої експортуються, а решта переробляється на олієжирових комбінатах та комбікормових заводах. Експорт сої у сезоні 2014-2015 становив 2,5 млн т на суму 1,2 млрд. доларів [89].

Україна експортує сою в 28 країн світу. Основними споживачами нашої сої є країни Середземномор'я, а саме: Туреччина, Єгипет, Іран, Італія і Греція [124, 156].

Враховуючи сталий попит на сою у світі й Україні, високу рентабельність її вирощування, можна передбачити, що виробництво цієї культури буде й надалі збільшуватись.

На думку академіка А.О. Бабича у перспективі посіви сої, як стратегічної культури для українського землеробства, можна збільшити до 4 млн га, виробництво – до 10 млн т та отримати понад 500-640 тис. т біологічного азоту. Це забезпечить надходження в економіку понад 35 млрд. гривень за рік [15].

Разом із тим, рівень урожайності сої в Україні поки що низький і в останні роки знаходиться в межах 1,5-2,0 т/га, тоді як середня врожайність сої в світі становить 2,5-2,6 т/га. В ряді господарств Херсонської області при поливах урожайність сої сягала 3,0 т/га. Потенціал продуктивності сої на зрошенні досить високий. Моделювання змін врожаю під впливом змін клімату показало, що при зрошенні та росту CO₂ в атмосфері на 30% кліматичні умови зони в даний час і до 2030 року дозволяють отримувати врожайність сої 4,95 т/га, а до 2050 року – 5,96 т/га [160].

Урожайність і якість сої головним чином залежать від факторів зовнішнього середовища та технології вирощування. Технологія визначає не тільки рівень урожайності культури та якість насіння, але й економічну ефективність. Дослідження з питань вирощування сої в Україні проводяться давно. Результати цих досліджень і технологія вирощування сої найбільш повно викладені в багатьох монографіях і книгах [2, 13, 16, 28, 54]. За цими дослідженнями основними агротехнічними заходами, які найбільше впливають на рівень урожаю та якість насіння сої, є зрошення, сорт, норма висіву, добрива, захист рослин тощо. За даними Г. М. Заболотного на формування врожаю сої найбільший вплив має фактор умов року (25,8 %), потім норма висіву (18,8%), удобрення (15,8%), спосіб сівби (4,6%) і сорт (3,4%) [53].

Інтерес фахівців в Україні до сої зростає, оскільки за рахунок неї вже в багатьох господарствах успішно вирішується проблема білка, олії та покращуються економічні показники. Завдання стоїть у тому, щоб у найближчі роки максимально реалізувати великі потенційні можливості цієї культури.

1.2. Сортові ресурси та їх роль у підвищенні врожаю

Результати чисельних досліджень свідчать, що у формуванні високопродуктивних посівів сої велика роль належить сорту. Сорт значною мірою визначає рівень урожайності культури, якість насіння та ефективність виробництва. Нові сорти продуктивніші за попередні, тому вагомим чинником підвищення врожайності сої є використання нових високопродуктивних сортів [14, 15, 69, 147].

Значному збільшенню площі посівів і виробництва сої, що відбувається в останні роки в Україні, сприяли досягнення селекціонерів, які створили високопродуктивні сорти, адаптовані до конкретних умов певної зони, урожайний потенціал яких сягає 3,0-4,5 т/га зерна [14, 147].

На даний час в Україні є великий вибір сортів сої різних груп стиглості. До Державного реєстру сортів рослин України (далі Держреєстр) на 2016 рік занесені для використання в Україні 185 сортів [44].

Найбільш урожайними та адаптованими до умов зрошення півдня України є сорти селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН: Юг-30, Юг-40, Фаєтон, Діона, Аполлон, Деймос, Даная, Аратта, Софія; сорти Інституту олійних культур: Сонячна, Маша, Спринт; сорти Селекційно-генетичного інституту: Аркадія одеська, Ятрань, Антарес [69].

Видатних результатів у селекції сої досягли селекціонери США, які створили вид генетично модифікованої (ГМО) сої, стійкий до гербіциду Раундап [39, 116, 162]. Привабливість цієї сої для фермерів передусім у тому, що вона високоврожайна, її легше і дешевше вирощувати тому, що є можливість суттєво економити час і кошти в боротьбі з бур'янами. Трансгенна соя набула швидкого поширення в усьому світі. У 2017 році в США ГМО-соя вирощувалась на 94% посівних площ, засіяних цією культурою [162]. Сорти ГМО-сої мають високий потенціал продуктивності – 5-6 т/га бобів. Фактична врожайність цих сортів у фермерських господарствах США і Канади сягає 4-5 т/га [179].

Але багато вчених вказують на шкідливість ГМО продуктів для здоров'я людини. Тому більша частина вирощеної трансгенної сої використовується для одержання олії, а також на корм худобі та птиці. Все більше ГМО-соя використовують для одержання біодизелю [39, 162].

В Україні Постановою Кабінету Міністрів України №114 від 18 лютого 2009 року забороняється промислове виробництво та введення в обіг ГМО, а також продукції, виробленої із застосуванням ГМО.

Для безпеки людей важливо всі продукти харчування із застосуванням соєвого білка виготовляти виключно із бобів звичайних сортів – без ГМО. В ЄС насіння звичайної сої та продуктів її переробки коштує дорожче приблизно на 2-2,5 тис. грн/т, ніж з ГМО і на них є попит.

Важливо також відмітити, що для системи біологічного землеробства придатні лише сорти сої без ГМО та з високими симбіотичними властивостями,

які забезпечують високу продуктивність без внесення азотних добрив. Проте поки що не встановлено, які сорти із занесених до Держреєстру, в зоні зрошення придатні для цього.

Правильний вибір сорту – одна з важливих умов отримання високого врожаю, але високопродуктивний сорт ще не є гарантією доброго результату. На сьогоднішній день рівень урожайності сої в Україні залишається низьким. Відомо, що ступінь реалізації генетичного потенціалу сортів сої в Україні становить лише 35%, тоді як у Канаді та США – 70-73% [125]. Це означає, що в Україні майже 65% урожайного потенціалу сучасних сортів сої є невикористаним резервом культури. Значною мірою це пояснюється тим, що в Україні технологія вирощування сої мало враховує біологічні особливості існуючих сортів і це не дає можливості реалізувати їх урожайний потенціал.

Відомо, що сорт реалізує урожайний потенціал лише тоді, коли агротехніка вирощування повністю відповідає його біологічним вимогам. Враховуючи, що сорти по-різному реагують на агротехнічні заходи, то для кожного сорту необхідно визначати оптимальні строки й способи сівби, норми висіву, дози добрив тощо. Без цього неможливо реалізувати генетичний потенціал сорту [11, 65, 82]. За рахунок більш повної реалізації потенціалу нових сортів можна значно підвищити рівень урожайності культури. Проте особливості вирощування нових сортів сої Аратта і Софія, які занесені до Держреєстру України в 2013 і 2015 роках, практично не досліджувались. Сортова агротехніка вирощування цих сортів не розроблена. Тому удосконалення технології вирощування нових сортів сої в умовах зрошення є актуальною науковою проблемою.

1.3 Сучасний стан вивчення норми висіву сої

Для формування високопродуктивних посівів сої важливе значення має норма висіву насіння. Наукові дослідження свідчать, що густина стояння рослин є одним із основних елементів сортової агротехніки вирощування сої і важливим фактором інтенсифікації її виробництва. Тільки за оптимальної густоти посіву

можна досягти максимальної продуктивності сорту [2, 16, 40]. З цього питання ряд вчених зазначають, що норма висіву більше, ніж спосіб сівби, впливає на величину врожаю сої [2, 22, 136, 176].

Головна вимога до норм висіву – забезпечення оптимальної густоти стояння рослин на одиниці площі з урахуванням особливостей сорту, водозабезпеченості, фону живлення тощо. З цього питання науковими установами накопичено великий експериментальний матеріал. На зрошуваних землях України норми висіву сої вивчали багато дослідників [2, 25, 54, 55]. Проте, як зазначають ряд вчених [2], питання оптимальних норм висіву і способів сівби сої для півдня України поки що до кінця не вирішене.

Встановлено, що за оптимальної норми висіву рослини сої краще розвиваються, повніше використовують сонячну енергію, більше закладається репродуктивних органів і формується високий урожай. Зріджені та надмірно загущені посіви призводять до зниження врожаю. У загущених посівах рослини, через взаємне затінення, мають тонке стебло з малою кількістю гілок і бобів. Боби в такому посіві формуються у верхньому ярусі рослин, наслідком цього є низька насіннева продуктивність. У зріджених посівах, навпаки, рослини сильно гілкуються, утворюється багато бобів, індивідуальна продуктивність рослин висока, але через малу кількість рослин формується низький урожай. Крім того, в зріджених посівах боби закладаються близько до поверхні ґрунту, що спричиняє значні втрати врожаю при збиранні [16,50, 149, 176].

Багато вчених зазначають, що для сої характерна висока пластичність відносно густоти посіву, що проявляється в зміні індивідуальної продуктивності, в першу чергу в результаті різної кількості гілок, бобів, насіння, їх маси, висоти прикріплення нижніх бобів та ін. [16, 204]. Так, дослідженнями, проведеними в США, встановлено, що зниження густоти посіву сої на 25-30% не справляє суттєвого впливу на її врожайність [199, 204].

Інші вчені [2] зазначають, що, не дивлячись на здатність сої перекривати зниження врожаю підвищенням продуктивності однієї рослини, формування

оптимальної густоти посівів має важливе значення для формування високої її продуктивності.

Врожайність сої є похідною середньої продуктивності однієї рослини та їх кількості на гектарі. Тому в конкретних умовах потрібне таке поєднання цих показників, яке б забезпечувало отримання найбільшої кількості насіння з одиниці площі. У дослідях, проведених на зрошуваних землях півдня України, найвищий урожай сої середньостиглого сорту Херсонська-1 одержаний за сівби нормою висіву 600 тис./га схожих насінин [54]. У пізніших дослідях, проведених у цій зоні, дійшли висновку, що скоростиглий сорт сої Діона краще сіяти суцільним способом з шириною міжрядь 15 см та нормою висіву 1 млн насінин на 1 га [55].

В Інституті олійних культур НААН найвища врожайність сої на зрошенні отримана за сівби сорту Сонячна нормою висіву 700 тис./га (2,69 т/га), сорту Срібна – 500 тис./га (2,59 т/га). Вміст білка і жиру практично не змінювався під впливом густоти посіву, а їхній збір залежав від рівня врожайності [127].

За даними дослідів А. О. Бабича, проведених на зрошуваних землях Дніпропетровщини, найвищу врожайність сої (3,57 т/га) одержано за норми висіву 400 тис./га насінин. За норми висіву 500 і 600 тис./га рівень урожайності не підвищувався [16].

На зрошуваних землях Республіки Молдова найбільшу врожайність ранньостиглого сорту сої одержано за густоти рослин 550-600 тис./га [7, 43, 87].

У Воронежському сільськогосподарському інституті Російської Федерації встановлено, що найбільш доцільною нормою висіву сої є 600-800 тис. схожих насінин на 1 га, за ширини міжрядь 45 см [83].

В Австралії сою на зрошуваних землях рекомендується сіяти нормою 300-400 тис. схожих насінин на 1 га [207].

У США і Канаді посіви сої при зрошенні найбільшу врожайність забезпечують за норми висіву 250-500 тис. схожих насінин на 1 га залежно від ширини міжрядь [204, 208].

В державах Європейського Союзу (Польща, Румунія, Болгарія, Франція, Німеччина) оптимальна норма висіву сої знаходиться в межах 400-600 тис. насінин на 1 га, залежно від сорту й ширини міжрядь [150,184, 198, 210].

Вивчаючи сою, вчені дійшли висновку, що оптимальна норма висіву її насіння залежить від біологічних особливостей сорту, передусім, тривалості вегетаційного періоду, здатності рослин до гілкування, характеру розміщення листків, висоти стебла тощо [2, 16, 148].

Встановлено, що для пізньостиглих високорослих сортів сої, які добре гілкуються, потрібна більша площа живлення, тому норму висіву насіння для таких сортів треба зменшувати, а ширину міжрядь збільшувати. При вирощуванні ранньостиглих, низькорослих сортів, які менше гілкуються, норму висіву необхідно збільшувати з одночасним зменшенням ширини міжрядь. Для забезпечення оптимальної густоти рослин кращою є норма висіву для ранньостиглих і середньоранніх сортів 600-700 тис./га схожих насінин, для середньостиглих – 500-600, пізньостиглих – 400-500 тис./га. [16]. Виходячи з цього, більшість учених зазначають, що з появою нових сортів важливо визначати їх оптимальну норму висіву [11].

В науковій літературі зазначається, що при виборі норми висіву сої потрібно враховувати також родючість ґрунту [46]. На полях з високою родючістю норма висіву насіння сої повинна бути нижчою, а з низькою – вищою [76, 164, 175]. Г. П. Лавріченко та ін. дійшли висновку, що на полях, де підтримується високий агрофон, норму висіву сої знижувати не можна [78].

В рекомендаціях з вирощування сої у Поволзькому регіоні РФ зазначається, що на родючих ґрунтах норму висіву сої потрібно збільшувати, а на мало родючих – зменшувати [133].

Як бачимо, висновки дослідників з цього питання достатньо суперечливі. Це обумовлено тим, що в науковій літературі даних про вивчення норм висіву сої на різних фонах живлення вкрай мало. Не випадково, в рекомендаціях з вирощування сої на зрошуваних землях, нічого не сказано, що норму висіву сої необхідно змінювати залежно від фону живлення [62, 157].

Отже, серед науковців нема єдиної думки в тому, як слід змінювати густоту посіву сої залежно від фону живлення. Це питання залишається недостатньо вивченим. На зрошуваних землях досліди, де вивчалися б норми висіву сої сортів Аратта і Софія, на різних фонах живлення, не проводились.

Впровадження нових сортів сої викликає гостру потребу в розробленні їх сортової агротехніки, зокрема визначення оптимальних норм висіву на різних фонах живлення, що дасть можливість повніше використовувати потенціал продуктивності цих сортів, ефективніше використовувати насіння й добрива та підвищити рівень урожайності культури.

1.4 Оптимізація застосування мінеральних і бактеріальних добрив та регуляторів росту за вирощування сої

Соя – вимоглива культура до поживного режиму ґрунту та добре реагує на збалансоване мінеральне живлення. Тому в комплексі заходів вирощування сої велике значення має забезпечення її всіма елементами живлення [4, 13, 170].

Збалансоване та повноцінне живлення сої стимулює ростові процеси, фотосинтетичну діяльність рослин, формування більшої кількості бобів на рослині та маси зернівок, що й забезпечує ріст урожаю. Досліди, проведені на зрошуваних землях півдня України, показали, що приріст урожаю сої від внесення оптимальної дози мінеральних добрив становить 0,2-0,6 т/га [54].

Встановлено, що на формування 1 тонни насіння і відповідної кількості стебел соя витрачає 48,8-53,1 кг азоту, 17,2-19,9 фосфору та 65-68 кг калію [165].

Споживання елементів живлення впродовж вегетації сої відбувається нерівномірно. На початкових етапах росту й розвитку, до цвітіння, вона споживає невелику кількість елементів живлення – 16,6% азоту, 8,4-12,3% фосфору і 23,8-25,6% калію від загального споживання за вегетацію. Однак, починаючи з фази цвітіння, поглинання елементів живлення активізується і набуває найбільших значень у фазі формування бобів і наливу насіння – 78,5%

азоту, 82,2% фосфору і 50% калію [3, 84]. Такі фізіологічні особливості сої потрібно враховувати при забезпеченні її оптимального живлення.

В азотному живленні критичний період для сої – 2-3 тижні після цвітіння; у фосфорному – перший місяць її життя [72]. У США вважається, що для сої критичними, у відношенні азотного живлення, є періоди 2-3 тижні до цвітіння і два тижні після цвітіння. Нестача азоту в цей період призводить до значного зниження врожаю і не може компенсуватися внесенням азотних добрив у пізніші терміни [183].

Велика роль в азотному живленні сої належить її симбіозу з бульбочковими бактеріями, завдяки чому засвоюється значна кількість азоту повітря, який залучається для живлення рослин [5, 21, 95]. Досліджуючи симбіотичну діяльність і живлення сої, вчені дійшли висновку, що потреба її рослин в азоті на 60-70%, а за іншими даними – 65-85% задовольняється за рахунок біологічної азотфіксації [16, 138, 152]. За даними А. О. Бабица і А. А. Бабица-Побережної добре розвинені посіви сої біологічно фіксують 155-198 кг/га азоту, а за умов посухи – 73-115 кг/га. Це знижує залежність сої від наявності азотних сполук ґрунту та дозволяє вирощувати її за відсутності або за мінімального використання дорогих та екологічно небезпечних азотних добрив [13].

У результаті симбіозу між бактеріями і рослинами значно підвищується врожайність насіння і поліпшується його якість – збільшується вміст білка, жиру, вітамінів тощо [13].

У багаторічних дослідах, проведених на півдні України при зрошенні, приріст урожайності від обробки насіння сої нітрагіном становив 0,18-0,43 т/га, а вміст сирого протеїну в насінні збільшувався на 3,0-3,7% [54].

Аналогічні дані відносно інокуляції насіння сої бульбочковими бактеріями одержані в США, Канаді, Індії, Швеції, Франції, Чехії та інших державах [190, 191 199, 201 212]. При цьому всі дослідники одностайні в тому, що для забезпечення потреби сої в азоті необхідно перед сівбою насіння обробляти бактеріальними препаратами.

Натомість, щодо застосування азотних мінеральних добрив під сою серед вчених єдиної думки немає. Питання азотного живлення сої і тепер залишається дискусійним. З цього питання В. І. Січкарь зауважує, що, не дивлячись на багаточисельні дослідження, проведені в США і Канаді по сої, багато питань її мінерального живлення ще не вирішені [146].

Багато вчених вважають, що на сої азотні добрива застосовувати недоцільно, оскільки за інокуляції насіння штамми бульбочкових бактерій рослини здатні повністю забезпечити себе азотом за рахунок фіксації його з повітря. Якщо вносити азотні добрива, бобові поглинають азот, але при цьому еквівалентно зменшується симбіотична фіксація азоту. За такої умови внесення азотних добрив – це марне витрачання їх [4, 47, 177]. Зазначається навіть, що за сприятливих умов симбіозу мінеральні азотні добрива, при великому діапазоні доз, не підвищують урожай сої, а інколи навіть її знижують [2, 138, 139, 140].

Вчені Канади також зазначають, що на родючих ґрунтах застосування азотних добрив на сої не дає відчутного ефекту [199].

Вченими США і Канади було встановлено, що високий рівень мінерального азоту гальмує ріст бульбочок сої [201, 212]. Вітчизняні вчені також відмічають, що внесення високих доз азотних добрив до сівби пригнічує діяльність бульбочкових бактерій [2, 95, 176]. Так, у досліджах В. В. Шевнікова найбільш сприятливі умови для формування бульбочок на коренях сої створювались при внесенні фосфорних і калійних добрив та обробці насіння Нітрагіном. Застосування на цьому фоні азотних добрив у дозі N_{30} , N_{60} , N_{90} з Нітрагіном призводило до зменшення кількості бульбочок на 17-42% порівняно з варіантом, де азотні добрива не вносили [176].

До аналогічних висновків дійшли й ряд інших вчених, які вказують, що мінеральний азот стримує азотфіксацію та вважають, що високі врожаї сої можна одержувати без внесення мінерального азоту [2, 163].

В. І. Самошкін та ін. зазначають, що внесення мінеральних азотних добрив при вирощуванні сої на зрошуваних землях півдня України агрономічно й економічно недоцільне [137].

У дослідях, проведених на чорноземах Краснодарського краю в умовах зрошення, внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}$ і $N_{120}P_{120}$, за різних норм висіву, не сприяло збільшенню врожаю насіння сої на фоні нітрагіну [17].

У США, Канаді, Бразилії, Аргентині, Австралії азотні добрива під сою не вносять, або вносять їх у малій кількості, не більше 18 кг/га [152].

Натомість багато вчених вважають, що для страхування рослин від можливої нестачі азоту, на випадок затримки появи бульбочкових бактерій або повільного їх розвитку за несприятливих умов, не виключена роль стартових доз азотних добрив, особливо на малородючих ґрунтах [176]. Аналогічної думки дотримуються й інші вчені [72, 164], які зазначають, що на бідних ґрунтах, за недостатнього росту рослин, доцільно вносити 30-40 кг д.р. азоту на 1 га.

Є досить поширена думка про те, що для отримання високого врожаю сої рослини мають бути забезпечені мінеральним азотом незалежно від його негативного впливу на симбіотичний процес. За даними В. І. Завірюхіна оптимальною дозою добрив під сою на зрошуваних землях є $N_{60}P_{60}$. Більш високі дози не забезпечували подальший ріст урожаю [54]. Натомість ряд вчених рекомендують добрива під сою при зрошенні вносити дозою $N_{90}P_{40}$, що забезпечує отримання врожайності на рівні 3,93 т/га [29].

В дослідях В. В. Шевнікова найбільш раціональним було застосування Ризоторфіну на фоні внесення азотно-фосфорних добрив: урожайність сої була максимальною у варіанті з внесенням добрив у дозі $N_{30}P_{60}$ – 2,62 т/га, що на 26,2% вище варіанту без добрив. Подальше збільшення дози азоту до N_{60} було малоефективним [176].

В умовах Правобережного Лісостепу України для отримання високих урожаїв сої – 3,2-3,7 т/га рекомендовано, на фоні проведення передпосівної обробки насіння ризогуміном, добрива вносити в дозі $N_{60}P_{60}K_{40}$ [6].

На думку ряду вчених у випадку недостатнього азотного живлення сої доцільно проводити позакореневе підживлення у фазі бутонізації та утворення бобів, нормою 20 кг д.р. азоту з додаванням, за потреби, мікроелементів і сірки [72].

Визначати потребу азотного підживлення можна за розвитком бульбочок на кореневій системі – якщо їх мало (менше 5 на одну рослину) і вони сірі всередині – є потреба в підживленні, якщо бульбочок багато, вони крупні, з рожевою м'якоттю – азотфіксація йде активно і підживлення не потрібне [164].

Для нормального росту й розвитку сої важливе значення мають також мікроелементи. Нестача їх викликає ураження хворобами, знижує урожайність і якість насіння. Наявність мікроелементів у достатній кількості є важливою умовою інтенсивного засвоєння азоту з повітря. Найважливіші мікроелементи для сої: бор, молібден, кобальт, які можна вносити у вигляді рідких форм позакореневим способом [72, 177].

Забезпечити потреби сої в мікроелементах можна за рахунок застосування ефективних препаратів: Кристалон, Вуксал, Еколист, Нутривант, Вермимаг та інших, для позакореневого підживлення у фазі бутонізації [71, 84].

Для підвищення продуктивності сої ефективною є також обробка насіння або посівів біостимуляторами, препаратами комплексу біостимуляторів з мікроелементами, такими як Наномікс, Гуміфілд, Біосил, Біолан, Мегафол тощо, які стимулюють ріст і розвиток рослин, сприяють підвищенню стійкості їх до несприятливих погодних умов, стресів, хвороб і забезпечують підвищення врожайності на 0,3-0,4 т/га [6, 38, 52, 128]. Регулятори росту рослин позитивно впливають також на формування бульбочок і процес азотфіксації [30, 49]. Проте ефективність мікроелементів і ростових речовин на сортах сої Аратта і Софія не досліджувались.

Багато дослідників наголошують, що для оптимізації живлення будь-якої культури важливо врахувати специфіку живлення сорту [68]. У науковій літературі з цього питання зазначається, що за виносом основних елементів живлення можна судити про потребу сорту в цих елементах. Чим більший біологічний винос у сорту, тим більша у нього потреба в добривах. Тому сорти вимагають різного їх удобрення [68]. Виходячи з цього, можна припустити, що для різних сортів сої оптимальні дози добрив можуть бути різними. Разом із тим, у науковій літературі по сої ми не виявили експериментальних даних, де б

розглядалися особливості живлення сортів цієї культури. В існуючих рекомендаціях з вирощування сої дози добрив для різних сортів не вказуються. Зазначається, що на зрошуваних землях півдня України під сою добрива потрібно вносити в дозі $N_{30-60}P_{30-60}$, а на легких супіщаних ґрунтах ще й 30 кг/га калію, що збільшує врожайність на 0,6-0,8 т/га [134]. Отже, специфіка живлення різних сортів сої залишається недостатньо дослідженою.

При внесенні так званих оптимальних доз добрив не враховується вміст поживних речовин у ґрунті на конкретному полі. Але ж поля дуже різняться за вмістом елементів живлення, а тому внесення оптимальних доз добрив призводить до неефективного їх використання. Багато вчених дійшли висновку, що дози добрив під всі культури слід визначати розрахунковим методом з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті та рівня запланованого врожаю. Це дозволяє ефективніше використовувати добрива і досягати більшої віддачі від їх застосування [9, 33, 64, 93, 135]. Проте в ряді дослідів розрахункові дози добрив під сою виявилися менш ефективними, ніж оптимальні [126].

Отже, аналіз наукової літератури показує, що питання живлення різних сортів сої на зрошуваних землях півдня України досліджені недостатньо. Все це гальмує реалізацію генетичного потенціалу існуючих сортів та є однією з причин низької віддачі добрив на сої. Вирішення названих питань є досить актуальним.

Висновки з розділу 1:

1. Соя – цінна високобілкова та олійна культура, яка має великий попит на внутрішньому і світовому ринках. Тому в Україні ставиться завдання до 2018 року посівні площі під сою розширити до 2 млн га, а валовий збір зерна збільшити до 4 млн тонн. Але врожайність сої в Україні не висока і значно коливається за роками – від 1,2 до 2,3 т/га.

2. Сорти сої нового покоління мають високий потенціал продуктивності – 3-5 т/га, проте їх можливості використовуються лише на половину. За рахунок більш повного використання потенціалу продуктивності сортів можна значно збільшити виробництво сої в Україні.

3. Аналіз результатів досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів показує, що сорти сої по-різному реагують на агротехнічні заходи і для повної реалізації генетичного потенціалу потребують різної агротехніки вирощування – норм висіву, доз мінеральних добрив, захисту рослин тощо, що є важливим чинником підвищення рівня врожайності культури.

4. У науковій літературі накопичено значний експериментальний матеріал з агротехніки вирощування сої, але особливості вирощування сої сортів Аратта і Софія, які набувають поширення у виробництві, а саме, реакція їх на норми висіву, мінеральні й бактеріальні добрива, мікроелементи та регулятори росту рослин на зрошуваних землях півдня України не досліджувались, що не дає можливості повною мірою реалізувати їх генетичний потенціал. Невідомо також наскільки ці сорти відповідають вимогам біологічного землеробства.

5. Вивчення вказаних вище питань забезпечить можливість оптимізувати параметри основних елементів технології вирощування сортів Аратта і Софія та за рахунок цього підвищити рівень врожаю сої на зрошуваних землях півдня України, що має велике наукове і практичне значення.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматична характеристика зони і погодні умови в роки досліджень

Дослідження проводились в Інституті зрошуваного землеробства (ІЗЗ) НААН. Ця територія відноситься до зони Південного Степу України. До неї входять Херсонська, південна частина Одеської, Миколаївської, Запорізької, Дніпропетровської областей і степові райони Криму.

Це специфічна зона Степу, яка суттєво відрізняється від інших зон за кліматичними і ґрунтовими умовами, має особливості ведення землеробства і технологій вирощування культур.

Ґрунтовий покрив зони представлений переважно південними чорноземами, темно-каштановими і каштановими ґрунтами. Вони родючі, але відзначаються слабкою структурністю, важким гранулометричним складом, солонцюватістю, розвитком ерозійних процесів [130].

Чорноземи південні займають площу 3857,5 тис. гектарів. В їх орному шарі міститься 3-4% гумусу, а гумусовий горизонт становить 50-70 см. Вони діляться на чорноземи південні, перехідні до звичайних, чорноземи малогумусні, чорноземи солонцюваті. Вміст поживних речовин в орному шарі ґрунту: нітратного азоту – 30-40, рухомого фосфору – 25-50, обмінного калію – 250-270 мг на 1 кг ґрунту. Щільність складення коливається в межах 1,3-1,4 г/см³ [97, 130].

Темно-каштанові ґрунти займають площу 1295,2 тис. гектарів. За властивостями вони близькі до чорноземів південних, але відрізняються від них меншим вмістом гумусу (2-2,5%) і розміром гумусового горизонту – 45-50 см, низькою водопроникністю і меншим вмістом елементів живлення. Гранулометричний склад частіше важкосуглинковий, а рідше середньо- й легкосуглинковий [97, 130].

Каштанові ґрунти розміщені вузькою смугою у Присиваській зоні Причорноморської низини і займають площу 79,8 тис. гектарів. Вони відзначаються солонцюватістю й залягають у комплексі з солонцями. Кількість гумусу не перевищує 2,3%.

В пониззі Дніпра, є й легкі піщані та супіщані ґрунти з досить низьким вмістом гумусу – 0,5-1,5%. Це бідні ґрунти. В їх орному шарі міститься: нітратного азоту 2-8, рухомого фосфору – 15-20, обмінного калію – 120-180 мг на 1 кг ґрунту. Щільність складення цих ґрунтів дорівнює 1,5-1,6 г/см³.

Через порушення науково обґрунтованих принципів ведення землеробства, стан земельних ресурсів степової зони стрімко погіршується. Зменшується вміст гумусу, підсилюються процеси ерозії, вторинного засолення тощо. З втратою гумусу спостерігається чітка тенденція до погіршення водно-фізичних властивостей, що часто виступають обмежуючим фактором накопичення вологи та родючості ґрунтів [88].

У цій зоні великий вплив на ріст і розвиток рослин, урожай, якість продукції та сільське господарство в цілому мають кліматичні й погодні умови. Розрахунки показують, що варіювання врожаїв за роками на 50-60% визначається метеорологічним чинником (погодним фактором).

Клімат Південного Степу посушливий, з малою кількістю опадів та великими ресурсами тепла й суховіями. Опадів за рік у північній частині регіону випадає 420-450 мм, у південній – 350-390 мм з коливаннями за роками від 159 до 660 мм і розподіляються вони дуже нерівномірно. Кожен рік бувають періоди 40-45 і більше днів без дощів, що призводить до атмосферних і ґрунтових посух різної сили, яких буває біля 50 днів на рік [172].

За гідротермічним коефіцієнтом (ГТК), який, крім опадів, враховує і температурні ресурси, Південний Степ відноситься до посушливої зони (ГТК = 0,5-0,7), де вологи недостатньо для одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур [142, 97]. Вода в цій зоні є основним лімітуючим фактором життєдіяльності рослин [197].

За період вегетації сої (травень-вересень) у південних областях випадає незначна кількість опадів (додаток В). Так, у Херсонській області за цей період випадає в середньому 226 мм, при сумарному водоспоживанні сої за період вегетації 4500-5000 м³/га. За цей період сума середньодобових температур становить 2900-3200°C, а дефіцит водоспоживання сягає 2200-3000 м³/га. Природні умови водозабезпеченості сої тут є несприятливими для нормального росту і розвитку сої.

Теплові ресурси регіону великі й достатні для одержання високоякісного зерна сої. Середньорічна температура повітря коливається в межах 10-11,0°C. Сума активних температур повітря, більше 5 °С, сягає 3400°C [172].

Ця зона має великі ресурси сонячної радіації. За вегетаційний період сої надходить у середньому 1641-1838 МДж/м² фотосинтетично активної радіації (ФАР) [121]. Потреба її рослин в енергії ФАР, за вегетаційний період, коливається від 1260 для ранньостиглих сортів, до 1550 МДж/м² для середньопізніх сортів [2]. Отже, енергії ФАР у цій зоні цілком достатньо для нормального росту й розвитку сої, навіть пізньостиглих сортів.

Літо в південному регіоні жарке й посушливе. Середня температура повітря в червні становить 19-20°C, у липні й серпні – 21-23°C, а максимальна – сягає 35-40°C, що негативно впливає на рослини. Дощі випадають у вигляді злив, нерівномірно. Характерними є суховії, коли відносна вологість повітря опускається нижче 30%, а іноді до 8-10%. Найбільшої шкоди посівам сої вони завдають у період цвітіння, формування бобів і наливу насіння.

Осінь у цій зоні посушлива та в основному сприятлива для дозрівання і збирання сої.

Весна починається у першій декаді березня, коли середньодобова температура повітря переходить через 0°C. У кінці другої декади березня температура повітря переходить через 5°C, що співпадає з початком весняної вегетації озимих культур. Ґрунт дозріває в останній декаді березня і в цей період настають кращі строки сівби ранніх ярих зернових культур.

Багато вчених відмічають, що клімат України суттєво змінюється [26, 131]. Тому для формування високопродуктивних посівів виключно важливу роль має аналіз змін клімату, які відбулися в регіоні за останні роки. Без цих знань неможливо оптимізувати технологію вирощування будь-якої культури.

Аналіз даних Херсонської агрометеорологічної станції за 132-річний період, з 1882 до 2015 року, показав, що на півдні України відбулися значні зміни клімату. Кількість опадів у цій зоні за роками хоча й різко коливається, але лінія тренду чітко показує, що їх кількість поступово збільшувалася (рис. 2.1).

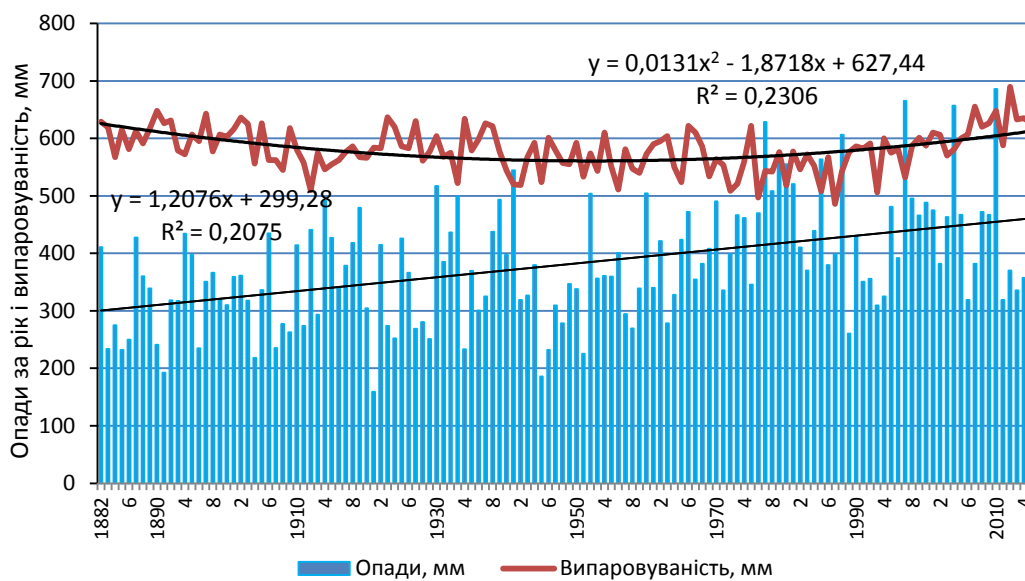


Рис. 2.1 Річна кількість опадів та випаровуваність у зоні Херсонської метеостанції за 1882-2015 роки

Випаровуваність у цій зоні значно перевищує річну кількість опадів і в останні 5 років вона збільшилась у середньому з 573 до 635 мм.

Аналіз цих змін показав, що у середньому за 90 років (1882-1971 рр.) річна кількість опадів становила 347 мм, а за наступні роки – з 1972 по 2010 рр. їх уже випало в середньому 457 мм, що на 110 мм, або на 31,7% більше. Проте за останні 5 років (2011-2015 рр.) відбулося зменшення кількості опадів порівняно з попереднім періодом (за 1972-2010 рр.) у середньому з 457 до 381 мм або на 76 мм (рис. 2.2).

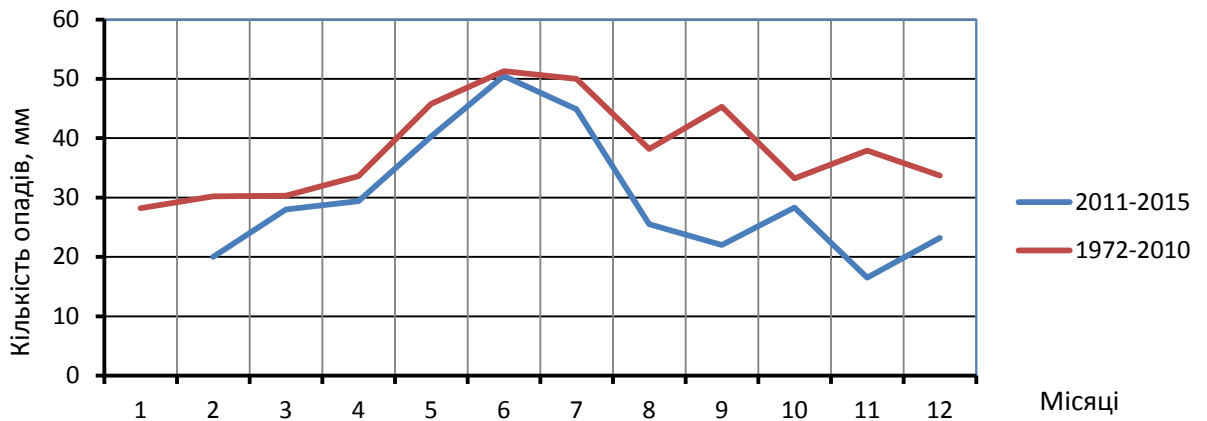


Рис. 2.2 Середня кількість опадів за місяцями в зоні Херсонської метеостанції за періоди 1972-2010 і 2011-2015 рр.

За період вегетації сої (травень-вересень) раніше опадів випадало 231 мм, а за останні 5 років – 194 мм, або на 37 мм менше. Крім того в останні 5 років температура повітря підвищилась у всі місяці. В період вегетації сої (травень-вересень) температура повітря підвищилася в середньому з 19,5 до 21,4 °С, або на 0,9 °С вище норми (1972-2010 рр.) (рис. 2.3).

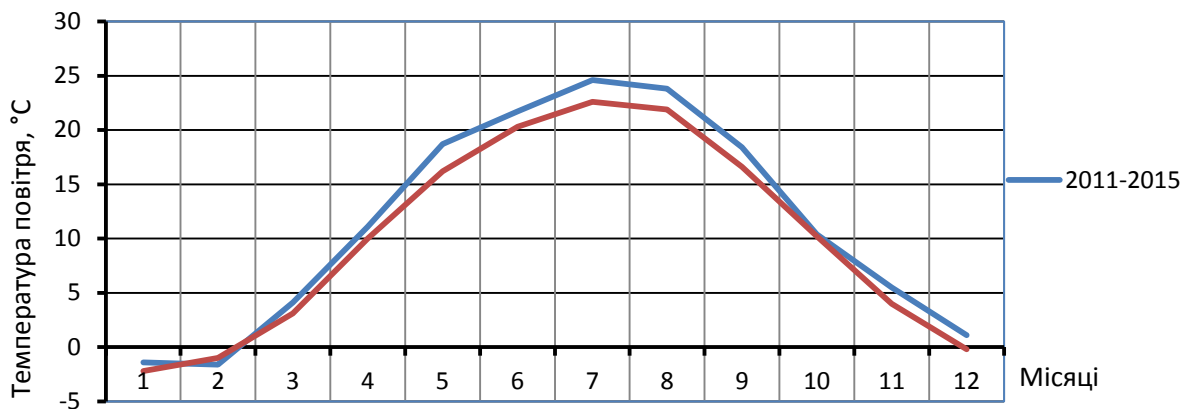


Рис. 2.3 Середньодобова температура повітря в зоні Херсонської метеостанції за періоди 1972-2010 і 2011-2015 роки

Усе це свідчить, що водний і тепловий режими цієї зони для сої за останні п'ять років погіршилися. Причинами змін клімату можуть бути глобальні світові процеси, існуюча в природі циклічність сонячної активності, антропогенні чинники господарської діяльності людини та їх сумісна дія.

Отже, південь України відзначається порівняно високою родючістю ґрунтів, великою кількістю сонячної енергії, тепла, завдяки чому є важливим регіоном ведення сільського господарства. Разом із тим, цей регіон за природними умовами не в повній мірі відповідає біологічним вимогам сої. Лімітуючим фактором одержання високих її врожаїв на півдні України є недостатня кількість вологи, що не дає можливості культивувати сою без зрошення. Тому в цій зоні сою вирощують виключно на зрошуваних землях, де вона є однією з основних та високорентабельних культур.

Ґрунт дослідного поля Інституту зрошуваного землеробства НААН, де проводилися досліді, – темно-каштановий середньосуглинковий слабо солонцюватий, на карбонатному лесі, типовий для Південного Степу.

Гумусовий горизонт становить 30-40 см, перехідний – 16-22 см. Ґрунт характеризується високим вмістом мулу, що обумовлює низьку водопроникність і велику в'язкість при висиханні. Щільність складення орного шару ґрунту становить 1,35 г/см³. Найменша вологоємність метрового шару складає 21,5%, а вологість в'янення – 9,4% від маси сухого ґрунту. Вологоємність цих ґрунтів достатньо висока. У метровому шарі вони утримують 3010 м³/га води, з яких доступної вологи – 1700 м³/га. Водно-фізичні властивості ґрунту наведені в додатку В.

В орному шарі ґрунту міститься 2,1% гумусу, валових азоту, фосфору і калію відповідно 0,17, 0,12 і 2,7%. Перед сівбою сої нітратів у ґрунті містилося в середньому 10,4 мг/кг, рухомого фосфору – 60,3, обмінного калію – 291 мг/кг. Тобто, при вирощуванні сої на такому ґрунті недостатньо лише азоту для її живлення, а фосфору і калію – достатньо для формування високого врожаю без внесення добрив. рН водної витяжки становить 6,9. Ґрунтові води залягають на глибині 15-18 м і на водний режим ґрунту не впливають.

Погодні умови в роки проведення досліджень були різними.

У 2015 році погодні умови до цвітіння сої були сприятливими для росту й розвитку рослин. За цей період випало більше норми опадів та утримувалася помірна температура повітря. Проте пізніше погодні умови виявилися

несприятливими для утворення бобів і насіння та його наливу. У серпні випало 12,1 мм опадів, у вересні – лише 4,6 мм, що менше норми відповідно на 25,3 і 40,0 мм. У цей же час утримувалась висока середньодобова температура повітря, яка на 2,3-4,1°C перевищувала кліматичну норму (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Кількість опадів і середньодобова температура повітря за період
вегетації сої, в роки досліджень**

| Показник | Рік | Травень | Червень | Липень | Серпень | Вересень | Сума |
|---------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Опади, мм | 2015 | 86,9 | 38,3 | 104,6 | 12,1 | 4,6 | 246,5 |
| | 2016 | 71,7 | 43,0 | 46,3 | 26,7 | 33,2 | 220,9 |
| | 2017 | 25,6 | 10,3 | 39,8 | 4,8 | 0,7 | 81,2 |
| | Середнє | 61,4 | 30,5 | 63,6 | 14,5 | 12,8 | 182,8 |
| | Норма | 45,2 | 52,5 | 49,4 | 36,8 | 42,7 | 226,6 |
| | ± | +16,2 | -22,0 | +14,2 | -22,3 | -29,9 | - 43,8 |
| Температу- ра повітря, °C | 2015 | 17,0 | 20,0 | 23,4 | 24,2 | 20,9 | 3229 |
| | 2016 | 16,2 | 22,1 | 24,4 | 24,7 | 18,0 | 3227 |
| | 2017 | 16,3 | 22,0 | 23,4 | 25,4 | 19,9 | 3274 |
| | Середнє | 16,5 | 21,4 | 23,7 | 24,8 | 19,6 | 3245 |
| | Норма | 16,2 | 20,3 | 22,7 | 21,9 | 16,8 | 2992 |
| | ± | +0,3 | +1,1 | +1,0 | +2,9 | +2,8 | +253 |

Починаючи з третьої декади липня, всі дні серпня до середини вересня утримувалась жарка погода, з денною температурою повітря 30,0-38,5 °C. Умови вегетації погіршували суховії, яких у серпні було 18 днів, коли вологість повітря опускалась до 30-16%. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за весь період вегетації сої становив 0,76, що характеризує умови вегетації як середньосухі. Проте в серпні й вересні ГТК був відповідно 0,16 і 0,10, що відповідає умовам жорсткої посухи. Не дивлячись на поливи, високі температури повітря й суховії негативно вплинули на формування, налив насіння та врожай досліджуваних сортів сої.

У 2016 році погодні умови для сої були більш сприятливими, ніж у 2015 і 2017 роках. До наливу насіння вони були сприятливими для росту й розвитку рослин та формування репродуктивних органів. Проте в період наливу насіння утримувалась висока середньодобова температура повітря, яка на 1,7-2,8°C перевищувала кліматичну норму. В денні години температура повітря сягала 30-38,8°C, що негативно вплинуло на процес наливу насіння. Але поливи значною мірою нівелювали негативні наслідки погодних умов, що й забезпечило високий урожай сої в цьому році.

2017 рік характеризується як дуже посушливий (додаток Д). За період вегетації сої випало лише 81,2 мм опадів, за норми – 227 мм. ГТК за весь період вегетації становив 0,24. Разом із тим, погодні умови були сприятливими для наростання надземної маси рослин та формування бобів на рослинах. Проте в серпні, в період утворення й наливу насіння утримувалась суха й жарка погода з високими температурами повітря та суховіями. У першу декаду серпня середньодобова температура повітря становила 29,0°C, що на 6,6°C вище норми. У денні години температура повітря всі дні була в межах 30-40°C, із суховіями. Всю другу декаду серпня утримувалась температура повітря 32-37°C і суховії з мінімальною вологістю повітря 19-29%. Лише завдяки тому, що було проведено 8 поливів нормою 400-500 м³/га, водозабезпеченість рослин підтримувалась на достатньому рівні. Але, не дивлячись на це, високі температури повітря і суховії (яких було 23 дні) призводили до перегріву рослин та формування недостатньо виповненого насіння і навіть пустих бобів. Все це не дало можливості повною мірою реалізувати потенціал продуктивності досліджуваних сортів у цьому році.

Таким чином, роки проведення досліджень за погодними умовами були різними, що дозволило отримати об'єктивну інформацію з досліджуваних питань.

2.2 Програма і методика досліджень

Програма досліджень визначалась державним завданням, а також диктувалась запитами виробництва з урахуванням перспектив росту врожайності сої в Україні. Схеми дослідів і програми досліджень розглядалися на засіданні методичної комісії Інституту зрошуваного землеробства НААН і затверджувалися вченою радою Інституту.

При розробці схеми дослідів витримувався принцип єдиної різниці, а також діапазон градацій факторів, який дозволяє визначити оптимальні параметри дії досліджуваних заходів.

Для виконання поставленого завдання, протягом 2015-2017 років були проведені два польові багатофакторні досліді, лабораторні та супутні дослідження, статистичний та економічний аналіз одержаних даних.

У польових дослідіах вивчалися основні елементи технології вирощування нових сортів сої Аратта і Софія: норми висіву, мінеральні й бактеріальні добрива, різні регулятори росту рослин та їх комплексний вплив на ріст і розвиток рослин, формування врожаю та якість насіння.

Методологічною і методичною основою був системний підхід і системний аналіз, як інструмент вирішення поставлених завдань.

Дослід 1. Вивчення впливу мінеральних і бактеріальних добрив та норм висіву насіння на формування врожаю й якість насіння різних сортів сої в умовах зрошення.

Схема дослідіу:

| Сорт (фактор А) | Фон живлення (фактор В) | Норма висіву, тис. схожих насінин на 1 га (фактор С) | | |
|--------------------|--|---|-----|-----|
| | | 400 | 600 | 800 |
| Аратта | без добрив | 1 | 2 | 3 |
| | Інокуляція насіння | 4 | 5 | 6 |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 7 | 8 | 9 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 10 | 11 | 12 |
| Софія | без добрив | 13 | 14 | 15 |
| | інокуляція | 16 | 17 | 18 |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 19 | 20 | 21 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 22 | 23 | 24 |

Дослід 2. Вивчення ефективності застосування регуляторів росту рослин на різних сортах сої.

Схема дослідів:

| Сорт (фактор А) | Препарат (фактор В) | | | | |
|--------------------|---------------------|---------|----------|---------|----------|
| | Контроль | Нановіт | Наномікс | Мегафол | Гуміфілд |
| Аратта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Софія | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Полеві дослідів проводилися у відповідності до вимог Методики польового дослідів Б. А. Доспехова [48] та методики Інституту зрошуваного землеробства НААН [91] і закладались методом розщеплених ділянок, у чотириразовій повторності. Загальна площа ділянки становила 36 м², облікова – 12,6-27,0 м². Вигляд польових дослідів у 2015 році представлено на рис. 2.4.



Рис. 2.4 Вигляд польових дослідів з оптимізації елементів технології вирощування різних сортів сої, 2015 рік

Технологія вирощування сої у дослідів, крім поставлених на вивчення питань, була загальноприйнятою для умов зрошення Південного Степу України. Попередником сої була пшениця озима. Мінеральні добрива вносили рано весною під передпосівну культивування згідно схеми дослідів. Сіяли два

середньоранні сорти Аратта і Софія, широкорядним способом, з міжряддями 45 см. У 2015 і 2016 роках сіяли 29 квітня, у 2017 році – 28 квітня. Норму висіву визначали з урахуванням маси 1000 насінин і посівної придатності. Вагова норма висіву насіння сої сорту Аратта при 400 тис./га становила в середньому 73,7 кг/га, при 600 тис./га – 110,4, при 800 тис./га – 147,3 кг/га, а сорту Софія – відповідно 73,5, 110,2 і 147,9 кг/га. Насіння в день сівби обробляли препаратом азотфіксуючих бактерій на основі штаму *Bradyrhizobium japonicum* 634 b. Захист рослин включав протруювання насіння препаратом Максим XL (1 л/т) та внесення після сівби гербіциду Фронт'єр Оптима (0,8 л/га). На посівах сої вологість шару ґрунту 0-50 см підтримувалась поливами не нижче 70% НВ. За період вегетації у 2015 році було проведено 4 вегетаційних поливи, у 2016 році – 5 поливів, у 2017 році – 8 поливів нормами 400-500 м³/га. Поливи проводили дощувальною машиною ДДА-100 МА (рис. 2.5).



Рис. 2.5 Перший вегетаційний полив у досліді з соєю, 2017 рік

Аналогічна технологія застосовувалась і в другому досліді. Вивчались препарати: Нановіт, Наномікс, Мегафол і Гуміфілд, норма витрат яких становила 2,0 л/га, 2,0, 0,5 л/га і 50 г/га, відповідно. Цими препаратами, розчиненими у воді,

з розрахунку 200 л/га, посіви сої обробляли за допомогою ранцевого обприскувача в період цвітіння і формування бобів. Збирання врожаю в дослідних ділянках проводили комбайном "Samro - 130" (рис. 2.6).



Рис. 2.6 Збирання врожаю на дослідних ділянках сої, 2016 рік

Нижче наводиться характеристика досліджуваних сортів сої згідно даних оригінатора – Інституту зрошуваного землеробства НААН [6].

Аратта – сорт селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН (*Glycine max* L. Merrill). Підвид маньчжурський, різновидність мах. Сорт середньоранній – вегетаційний період 105-115 днів. Висота рослин 100-110 см, кущ стислий, стебло пряме, має 12-13 міжвузлів. Листя при дозріванні опадає дружно. Боби світло-бурого кольору, слабо зігнуті, переважно тринасінневі. Нижні боби прикріплюються на висоті 12-14 см, насіння жовте, овальної форми. Маса 1000 насінин 158-175 г. У насінні міститься 37,8-39,6% білка та 20,4-21,8% олії. Сорт стійкий до посухи, обсіпання та ураження хворобами. Середня врожайність в умовах зрошення – 3,9-4,2 т/га, максимальна – 5,2 т/га. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України в 2013 році.

Софія – сорт селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН. (*Glycine max* L. Merrill). Підвид маньчжурський, різновидність мах. Сорт середньоранній – вегетаційний період 105-115 днів. Висота рослин 80-90 см, прикріплення нижнього бобу – 12-16 см. Стебло тонке з середньою кількістю вузлів. Боби слабозігнуті, світло-сірого кольору, три та чотиринасінні. Маса 1000 насінин – 156-175 г. Стійкий до посухи, вилягання та ураження хворобами. Урожайність в умовах зрошення досягає 3,6 т/га, максимальна – 4,5 т/га. В насінні міститься 38,3-40,0% білка та 20,1-21,4% олії. Сорт занесений до Державного реєстру сортів рослин України в 2015 році та рекомендований для вирощування в зоні Степу, Лісостепу і Полісся.

У другому досліді вивчали біостимулятори і мікроелементи, які за даними виробників мають такі характеристики:

Нановіт Мікро – вискоєфективний концентрат мікроелементів. Містить такі складові: N, MgO, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn та біологічно активні речовини. Використовується для передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення всіх с.-г. культур. Стимулює ріст і розвиток рослин, сприяє підвищенню стійкості рослин до хвороб, шкідників і несприятливих погодних умов. Забезпечує підвищення врожаю та якості продукції.

Наномікс – концентроване хелатне мікродобриво з комплексом біостимуляторів. Держреєстрація АО3575. Являє собою рідкий концентрат хелатованих мікроелементів Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Mo, (B, Mg, Ca, S) з природними кислотами (бурштинова, яблучна, винна, виноградна, аспарагінова, щавелева, лимонна) та їх біологічно активними похідними. Підвищує стійкість рослин до негативної дії зовнішнього середовища і є потужним біостимулятором. Завдяки вмісту міді, цинку, молібдену й бору препарат має антибактеріальні, фунгіцидні та противірусні властивості. Збільшує число зерен в стручку, підвищує врожайність культури [100].

Мегафол – стимулятор росту, антистресовий препарат, виготовлений із рослинних амінокислот, в особливому поєднанні з калієм, бетаїном, полісахаридами і прогормональними сполуками. Мегафол містить 28%

вільних амінокислот та 15% вуглеводів. Рекомендується для обприскування посівів. Головне призначення цих продуктів – допомагати рослинам переносити стреси та посилювати стійкість до несприятливих умов середовища, хвороб, стимулює поглинання поживних речовин з ґрунту, підвищує врожайність та якість насіння.

Гуміфілд містить 830 г/кг солей гумінових і фульвових кислот. Комплексно впливає на рослину як антистресант та стимулятор росту. Підвищує свою ефективність в умовах посухи і критичних температур. Підвищує білковість, збільшує масу 1000 насінин [41].

Для всебічної оцінки одержаних результатів експериментів проводились такі спостереження, аналізи та супутні дослідження:

1. Фенологічні спостереження, підрахунок густоти стояння рослин при сходах і в кінці вегетації, а також біометричні показники рослин в основні фази розвитку здійснювали за методикою Інституту зрошуваного землеробства НААН [91].

2. Площу листя визначали за методом висічок, фотосинтетичний потенціал (ФП) і чисту продуктивність фотосинтезу – за Ничипоровичем [114].

3. Кількість і масу бульбочок на коренях сої визначали за методикою Г. С. Посипанова [129].

4. Фотосинтетично активну радіацію (ФАР) (380-710 нм), що надходила на посіви, проходила до ґрунту, відбивалась від посіву і ґрунту, поглиналась рослинами визначали фотоінтегратором конструкції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України [161], у 4-разовій повторності. Використання енергії ФАР на фотосинтез розраховували як відношення акумульованої енергії в урожаї до тієї ФАР, яка надійшла на посіви за період вегетації сої. При цьому надходження ФАР за весь період вегетації сої визначали методом С. І. Сивкова [143], за тривалістю сонячного сяйва, визначеного геліографом Кемпбела-Стокса на Херсонській метеостанції. Акумульовану енергію в урожаї визначали за вмістом та енергоємністю (кДж/кг) білка, олії, вуглеводів і стебел [2, 23, 45].

5. Інтенсивність освітлення в посівах вимірювали люксометром Ю-116, в середині дня за безхмарної погоди, в 10 місцях ділянки над посівами і на рівні нижнього ярусу листя, в міжфазний період "цвітіння-формування бобів".

6. Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом до глибини 1 м, через кожні 10 см. Сумарне і середньодобове водоспоживання визначали методом водного балансу за А. М. Костяковим [73].

7. Структуру врожаю досліджували в снопових зразках, які відбирали в повну стиглість, на площадках 0,25 м², у чотирьох повтореннях. Визначали масу снопа, кількість рослин, гілок, бобів на головних і бічних гілках, насінин у бобі, число і масу насінин на рослині, масу 1000 насінин.

8. Облік урожаю проводили з усієї облікової площі кожної ділянки. Урожай насіння приводили до 100% чистоти та 14% вологості.

9. Ґрунтові та рослинні зразки аналізували в лабораторії аналітичних досліджень ІЗЗ НААН. Нітратний азот у ґрунті визначався за Грандваль-Ляжем, рухомий фосфор – за Мачигіним, обмінний калій – на полуменевому фотометрі. Загальний азот у рослинах і насінні – за К'ельдалем, фосфор – за Мерфі-Рейлі, калій – фотометрично.

10. Вміст білка в насінні (за К'ельдалем, ДСТУ 13496.4-93), крохмалю – методом Еверса, жиру шляхом екстрагування в апараті Сокслета (за Рушковським ДСТУ 13496, 15-97), клітковини – за Геннебергом-Штоманом (ДСТУ 6865-2004), цукрів – за Бертраном (ДСТУ 26176-91) визначали в лабораторії аналітичних досліджень ІЗЗ НААН.

11. Коефіцієнти використання азоту, фосфору і калію з ґрунту розраховували за відношенням виносу елемента живлення до кількості його в ґрунті, а з добрив та симбіотичний азот – методом різниці [9].

12. Дисперсійний, кореляційний і регресійний аналіз одержаних у досліді даних проводили за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel, "Agrostat", методик Б. А. Доспехова і В. О. Ушкаренко та ін. [48, 168].

13. Економічну ефективність досліджуваних заходів визначали за технологічними картами загальноприйнятої форми згідно прямих витрат, за

цінами, які склалися на кінець 2017 року. Енергетичну оцінку за варіантами дослідів розраховували за методикою О. К. Медведовського, П. І. Іваненка [90].

Висновки з розділу 2:

1. Ґрунтово-кліматичні умови Південного Степу України в цілому є сприятливими для вирощування сої, але через недостатню кількість опадів та велику кількість тепла врожайний потенціал культури може реалізуватись лише за умов зрошення.

2. Узагальнюючи погодно-кліматичні умови 2015-2017 років, можна зробити висновок, що до цвітіння сої температурний режим і водозабезпеченість посівів були сприятливими для отримання дружніх сходів та нормального росту й розвитку рослин. У фазі цвітіння й пізніше погодні умови в роки досліджень були в основному несприятливими для формування бобів, насіння, його наливу та врожаю в цілому, що було обумовлено недостатньою кількістю опадів, високими температурами повітря і суховіями в цей період. У цілому, погодні умови в роки проведення досліджень та ґрунт дослідного поля є типовими для півдня України.

3. Польові та лабораторні дослідження проводили на дослідному полі Інституту зрошеного землеробства НААН у відділі агротехнологій, відповідно до загальноприйнятих методик польових досліджень та методичних рекомендацій для умов зрошення. Дослідження проводились на нових сортах Аратта і Софія, занесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. У дослідах застосовувалась загальноприйнята технологія вирощування сої на зрошуваних землях півдня України, крім елементів, які досліджувались.

РОЗДІЛ 3

РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН ТА ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, ФОНУ ЖИВЛЕННЯ, НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ

3.1 Густина стояння рослин та польова схожість сої залежно від елементів технології

Для створення високопродуктивного посіву сої важливо сформувати оптимальну густоту стояння рослин та забезпечити їх добрий ріст і розвиток. При цьому початковий період розвитку рослин є вирішальним, оскільки в цей час визначається густина стояння рослин, їх ріст у подальшому та врожайний потенціал посіву [16, 82].

Для формування високопродуктивного посіву важливо передусім отримати оптимальну кількість рослин на одиниці площі з урахуванням сорту, фону живлення, водозабезпечення тощо [2, 16].

Наші дослідження показали, що на час сівби сої запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0-10 см в усі роки досліджень були достатніми для одержання дружних сходів і становили 15,4-18,8 мм.

Сівба обох сортів сої проводилась 28-29 квітня, а сходи в усіх варіантах досліду з'являлись через 9-15 діб, залежно від температури повітря. При цьому, чим вища температура повітря, тим раніше з'являлись сходи (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Температурний режим і тривалість сходів сої

| Рік | Дата | | Діб від сівби до сходів | Сума температур за період сівба-сходи, °С | Середня температура за період сівба-сходи, °С |
|------|-------|--------|-------------------------------|--|--|
| | сівби | сходів | | | |
| 2015 | 29.04 | 14.05 | 15 | 222,4 | 14,8 |
| 2016 | 29.04 | 11.05 | 12 | 173,5 | 14,5 |
| 2017 | 28.04 | 7.05 | 9 | 159,9 | 17,8 |

Так, у 2015 році за середньої температури від сівби до сходів 14,8 °С сходи з'явилися на 15 день, а в 2017 році за температури 17,8 °С – через 9 діб. Підрахунки показали, що для одержання сходів сої потрібна сума середньодобових температур 160-222 °С. Норма висіву, сорт, мінеральні добрива та інокуляція насіння не впливали на тривалість появи сходів. В усіх варіантах сходи з'являлись одночасно.

Густота стояння рослин при сходах залежала переважно від норми висіву насіння і практично не залежала від сорту та фону живлення. Так, на ділянках сорту Аратта за норми висіву 400 тис. схожих насінин на 1 га при сходах нараховувалось 372-397 тис./га рослин, а за норми висіву 600 і 800 тис./га рослин було відповідно 542-556 та 740-767 тис./га. Решта насіння (0,7-14,3%) з різних причин не зійшли (табл. 3.2).

Польова схожість насіння була в межах кондицій – у сорту Аратта вона становила 90,3-99,3%, у сорту Софія – 85,7-98,4%. Це пояснюється добрими умовами для проростання насіння та високими його посівними властивостями.

При збільшенні норми висіву з 400 до 800 тис./га часто відбувалося зниження польової схожості насіння і погіршувалися умови виживання рослин упродовж вегетації. Наприклад, у сорту Аратта на неудобреному фоні найвища польова схожість насіння відмічена за норми висіву 400 тис./га – 99,4%, а за норми 800 тис./га вона становила 92,5%. Інокуляція і мінеральні добрива практично не впливали на польову схожість насіння та густоту стояння рослин при сходах.

Слід зазначити, що густота стояння рослин змінювалася протягом усього періоду вегетації. В процесі вегетації за всіх норм висіву частина рослин відмирала і густота посіву на ділянках досліду поступово зменшувалася. При цьому гинули слабкі рослини, які відставали в рості, або хворі та пошкоджені ґрунтовими шкідниками. Підрахунки показали, що за період вегетації гинуло 1-26% рослин від тих, що зійшли, а виживало 74-99 % рослин. У сорту Аратта гинуло дещо більше рослин (у середньому 16,4 %), ніж у сорту Софія – 14,2 %.

Таблиця 3.2

**Густота стояння рослин, польова схожість насіння та виживання
рослин сої залежно від елементів технології (середнє за 2015-2017 рр.)**

| Сорт | Фон живлення | Норма висіву насіння, тис./га | Зійшло рослин, тис./га | Польова схожість насіння, % | Рослин у повну стиглість, тис./га | Вижило рослин, % |
|--------|--|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Аратта | без добрив | 400 | 397 | 99,3 | 327 | 82,4 |
| | | 600 | 556 | 92,7 | 430 | 77,3 |
| | | 800 | 740 | 92,5 | 577 | 77,9 |
| | інокуляція | 400 | 389 | 97,3 | 327 | 84,1 |
| | | 600 | 550 | 91,7 | 447 | 81,3 |
| | | 800 | 757 | 94,6 | 647 | 85,5 |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 372 | 93,1 | 336 | 90,3 |
| | | 600 | 542 | 90,3 | 507 | 93,5 |
| | | 800 | 757 | 94,6 | 623 | 82,3 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 374 | 93,5 | 310 | 82,9 |
| | | 600 | 542 | 90,3 | 443 | 81,8 |
| | | 800 | 767 | 95,9 | 570 | 74,3 |
| Софія | без добрив | 400 | 380 | 94,9 | 310 | 81,6 |
| | | 600 | 532 | 88,6 | 433 | 81,4 |
| | | 800 | 710 | 88,8 | 601 | 84,6 |
| | інокуляція | 400 | 394 | 98,4 | 355 | 90,1 |
| | | 600 | 551 | 91,9 | 462 | 83,4 |
| | | 800 | 772 | 96,5 | 600 | 77,7 |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 348 | 87,0 | 346 | 99,4 |
| | | 600 | 514 | 85,7 | 447 | 87,0 |
| | | 800 | 714 | 89,2 | 623 | 87,3 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 360 | 90,1 | 357 | 99,2 |
| | | 600 | 532 | 88,7 | 467 | 87,8 |
| | | 800 | 727 | 90,9 | 590 | 81,2 |

На виживання рослин суттєво впливала їх густина. В розріджених посівах (400 тис./га) виживало рослин більше, ніж в загущених (800 тис./га), де була більша конкуренція між рослинами за світло, вологу і поживні речовини.

Найменше виживало рослин у посівах без добрив – 77,3-84,6%. Інокуляція і мінеральні добрива позитивно впливали на їх збереження. При цьому більше виживало рослин в обох сортів за інокуляції насіння в поєднанні з добривами в дозі $N_{30}P_{40}$ – 82,3-99,4 %.

У кінці вегетації за норми висіву насіння 400 тис./га в посівах нараховувалось 310-357 тис. рослин на 1 га, за 600 тис./га – 430-507, за 800 тис./га – 570-647 тис. рослин на 1 га.

3.3 Динаміка наростання вегетативної маси рослин

Вегетативна маса рослин – це основний компонент посіву, від якого значною мірою залежить фотосинтетичний потенціал посівів, поглинання та використання сонячної енергії, накопичення органічної речовини та продуктивність сої. Високий урожай культури формується лише за оптимальних параметрів вегетативної маси рослин [166]. Ряд вчених зазначають, що розміри надземної маси віддзеркалюють вплив на рослини агротехнічних заходів, погодних умов тощо [122, 166]. Тому вивчення динаміки накопичення вегетативної маси сої дає можливість встановити вплив на неї тих чи інших досліджуваних елементів технології, визначити шляхи управління цим процесом та максимально реалізувати потенціал продуктивності сої.

Вивчення динаміки наростання вегетативної маси рослин сої показало, що її накопичення відбувається поступово, до наливу насіння, а в повну стиглість її кількість знижувалась, що можна пояснити опаданням листя, яких у загальній біомасі в середньому біля 20%, та витратами вуглеводів на дихання. (табл. 3.3).

Встановлено, що на формування вегетативної маси рослин сої суттєво впливали усі досліджувані елементи технології: сорт, норма висіву та фон живлення, а також погодні умови року. Проте їх вплив на рослини був різним.

Таблиця 3.3

Динаміка наростання сухої надземної маси рослин сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння, г/м² (за 2015-2017 рр.)

| Сорт (А) | Фон живлення (В) | Норма висіву, тис./га (С) | Гілкування | Цвітіння | Формування бобів | Налив насіння | Повна стиглість |
|-------------------|--|---------------------------|------------|----------|------------------|---------------|-----------------|
| Аратта | без добрив | 400 | 121 | 393 | 663 | 991 | 873 |
| | | 600 | 150 | 479 | 633 | 1046 | 874 |
| | | 800 | 186 | 504 | 682 | 1017 | 888 |
| | інокуляція | 400 | 168 | 429 | 669 | 1019 | 916 |
| | | 600 | 165 | 480 | 703 | 1061 | 900 |
| | | 800 | 179 | 554 | 722 | 1056 | 840 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 133 | 499 | 684 | 981 | 912 |
| | | 600 | 166 | 546 | 702 | 1059 | 875 |
| | | 800 | 160 | 556 | 735 | 1116 | 880 |
| Софія | без добрив | 400 | 144 | 388 | 648 | 1014 | 726 |
| | | 600 | 158 | 433 | 672 | 1010 | 745 |
| | | 800 | 171 | 476 | 721 | 1129 | 731 |
| | інокуляція | 400 | 162 | 446 | 617 | 1111 | 833 |
| | | 600 | 181 | 478 | 706 | 1027 | 830 |
| | | 800 | 212 | 475 | 738 | 1245 | 778 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 160 | 481 | 775 | 1207 | 918 |
| | | 600 | 196 | 527 | 827 | 1213 | 891 |
| | | 800 | 213 | 508 | 776 | 1197 | 848 |
| NIP ₀₅ | | | 17 | 36 | 37 | 59 | 25 |

Сорти Аратта і Софія формували досить близьку за розмірами надземну масу рослин. Так, у повну стиглість маса сухої речовини сорту Аратта становила 840-916 г/м², а сорту Софія – 726-918 г/м².

При цьому слід відзначити, що на початкових етапах вегетації, до гілкування, наростання біомаси рослин у сорту Софія відбувалося інтенсивніше і тому надземна маса була більшою, ніж в Аратти. Але в подальшому до цвітіння у сорту Аратта приріст надземної маси рослин прискорився та опереджав ріст сорту Софія, що й визначило більшу надземну масу і висоту рослин сорту Аратта у цей період. У період формування бобів і в налив насіння приріст надземної маси сорту Софія збільшився, а в Аратти уповільнився, що й призвело до вирівнювання розмірів їх біомаси.

Інокуляція насіння стимулювала накопичення надземної маси рослин обох сортів, тому за інокуляції вона була більшою, ніж на контролі. Так, без інокуляції суха речовина рослин сорту Софія у повну стиглість становила 726-745 г/м², а з інокуляцією – 778-833 г/м². Мінеральні добрива з інокуляцією не збільшували розміри надземної маси рослин сорту Аратта порівняно з однією інокуляцією. Це можна пояснити тим, що азотні добрива сприяли росту рослин та збільшували їх висоту до 120-130 см (додаток Ж), внаслідок чого посіви цього сорту вилягали, що сповільнювало ріст надземної маси. Напроти, у стійкого до вилягання сорту Софія добрива сприяли збільшенню біомаси рослин. Так, у цього сорту в повну стиглість маса сухої речовини за інокуляції була 778-833 г/м², а з добривами – 848-918 г/м².

Збільшення норми висіву насіння з 400 до 800 тис./га призводило до збільшення висоти і вегетативної маси рослин, що спостерігалось протягом усієї вегетації рослин до наливу насіння. У повну стиглість простежувалася інша закономірність. На неудобреному фоні збільшення норми висіву до 800 тис./га призводило до формування більшої надземної маси рослин, а на удобрених ділянках – до її зниження, що обумовлено надмірним загущенням посівів, взаємним пригніченням рослин та виляганням посіву сорту Аратта, що спостерігалось у 2016 році (рис. 3.1).



**Рис. 3.1 Вилягання посівів сорту Аратта в 2016 році.
Зліва сорт Софія, справа вилягання сорту Аратта**

Натомість у менш загущених посівах конкуренція зменшувалась, гілкування збільшувалось, а тому маса рослин у цих варіантах дещо вирівнювалась, особливо на сорті Софія. Це свідчить про те, що соя володіє великими компенсаційними властивостями і саморегуляцією при формуванні надземної маси рослин.

У сорту Аратта найбільша біомаса рослин формувалась за інокуляції насіння та норми висіву 400-600 тис./га – 900-916 г/м², а сорту Софія – на фоні N₆₀P₄₀ + інокуляція та норми висіву 400-600 тис./га – 891-918 г/м².

У варіанті, де соя забезпечувала найвищий урожай, маса надземної частини рослин сорту Аратта становила: в гілкування – 165 г/м², в цвітіння – 480, в налив насіння – 1061 г/м², а Софії – відповідно 181 г/м², 478, та 1027 г/м². Ці дані можуть бути орієнтовними параметрами оптимальної динаміки накопичення сухої надземної маси рослин вказаних сортів сої в основні фази їх розвитку для отримання високого врожаю насіння. Дати настання фаз розвитку рослин наведено в додатку Е.

Інтенсивність наростання біомаси рослин поступово збільшувалася і в обох сортах найбільший середньодобовий приріст сухої надземної маси відбувався в

період гілкування-цвітіння. В цей час у сорту Аратта приріст маси рослин був вищим і становив 21,4-25,6 г/м² за добу, а в сорту Софія – 19,2-23,7 г/м² (рис.3.2).

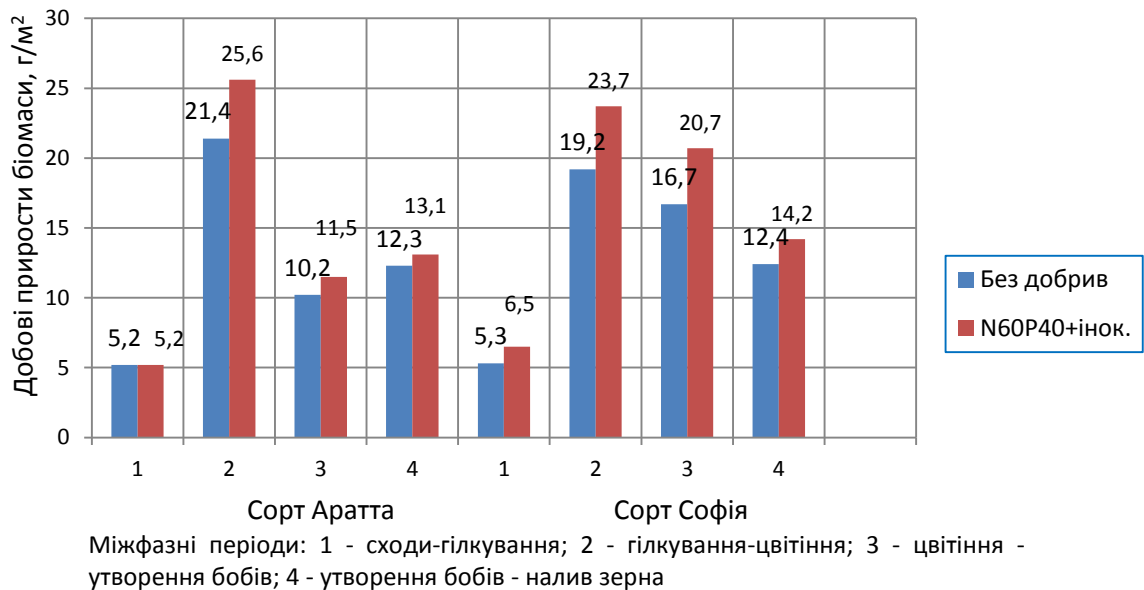


Рис. 3.2 Середньодобові прирости сухої надземної маси рослин сої залежно від сорту і добрив, г/м² за добу (2015-2017 рр.)

Важливо також відзначити, що тривалість інтенсивного накопичення надземної маси у сортів була різною. У сорту Аратта цей період був коротшим і тривав від гілкування до цвітіння, тоді як у сорту Софія – він був інтенсивнішим у період формування бобів і наливу насіння.

Інокуляція насіння в поєднанні з добривами сприяла підвищенню показника добового приросту сухої речовини рослин, ніж без них.

Статистичний аналіз даних показав, що між величиною надземної маси рослин у фазу цвітіння і врожаєм сої існує тісна позитивна залежність ($r = 0,72$), а в налив насіння вона збільшувалась до 0,78. Разом із тим, у міру загушення посіву з 600 до 800 тис./га на удобрених фонах ця закономірність порушувалась і коефіцієнт кореляції набував зворотних значень, що обумовлено надмірним загушенням посівів та зниженням урожайності сої.

Добрива на розріджених посівах сприяли збільшенню залежності врожаю від величини надземної маси рослин, а на загущених посівах, навпаки,

послаблювали цей зв'язок, через випереджаючий ріст вегетативної маси не на користь насіння. З цього слідує, що важливо формувати оптимальні розміри надземної маси рослин, які забезпечують високу врожайність насіння.

Надземна маса рослин сої залежала також від регуляторів росту рослин. Обприскування посівів досліджуваними препаратами стимулювало ріст рослин обох сортів (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Маса сухої речовини рослин та їх висота і гілкування в період формування бобів за різних регуляторів росту (середнє за 2015-2017 рр.)

| Препарат | Сорт Аратта | | | Сорт Софія | | |
|----------|-------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------|
| | маса рослин, г/м ² | висота рослин, см | гілкування рослин, шт. | маса рослин, г/м ² | висота рослин, см | гілкування рослин, шт. |
| Контроль | 939 | 120 | 0,3 | 869 | 101 | 0,7 |
| Нановіт | 980 | 124 | 0,5 | 859 | 101 | 1,0 |
| Наномікс | 943 | 122 | 0,5 | 939 | 102 | 0,7 |
| Мегафол | 1064 | 121 | 0,7 | 932 | 103 | 0,8 |
| Гуміфілд | 947 | 120 | 0,7 | 980 | 104 | 1,0 |

При цьому збільшувалась надземна маса рослин, їх висота та гілкування. Так, без обробки посівів маса рослин сорту Аратта становила 939 г/м², а оброблених препаратами – 943-1064 г/м². Найбільший вплив на ріст надземної маси рослин справляли препарати Мегафол, Нановіт і Гуміфілд. При цьому сорт Аратта більше реагував на препарат Мегафол і Нановіт, а сорт Софія – на Мегафол і Гуміфілд.

Під впливом цих препаратів збільшувалась висота рослин сорту Аратта на 1-4 см, сорту Софія – на 1-3 см. Найбільше підвищували висоту рослин Нановіт і Гуміфілд.

3.4 Площа листкової поверхні та продуктивність фотосинтезу рослин

Листя – це основний фотосинтезуючий апарат рослин, де створюються асиміляти, які забезпечують ріст і розвиток рослин та формування врожаю. Площа листя, фотосинтетичний потенціал і продуктивність фотосинтезу є основними показниками фотосинтетичної діяльності рослин. Розміри і продуктивність роботи фотосинтезуючого апарату значною мірою визначають урожайність культури [113, 114]. Площа листя і фотосинтетична діяльність сої значно залежать від технологічних заходів її вирощування [1, 8, 119, 205]. Наші дослідження цього питання на сортах Аратта і Софія показали, що розміри площі листкової поверхні сої, інтенсивність її наростання і відмирання в усіх варіантах досліду були різними, з чіткими сортовими відмінностями. У сорту Софія площа листя наростала інтенсивніше, ніж у сорту Аратта і максимальних розмірів – 43,6-58,8 тис. м²/га досягала в період формування бобів, після чого вона поступово зменшувалась і в наливі насіння становила 36,9-45,2 тис. м²/га (табл. 3.5).

У сорту Аратта площа листкової поверхні наростала повільніше й максимальних розмірів – 39,6-46,4 тис. м²/га досягала також у період формування бобів, після чого зменшувалась і в наливі насіння становила 26,4-34,6 тис. м²/га. Наведені дані свідчать, що в цього сорту площа листя в цілому й особливо в період наливу насіння була меншою, ніж у сорту Софія, а отже потенціал для його наливу був меншим.

Фотосинтетичний потенціал (ФП) у сорту Софія був помітно більший і становив 2,36-2,91 млн м²/днів/га, проти 2,14-2,45 млн м²/днів/га у сорту Аратта. Більша сумарна фотосинтезуюча площа листкової поверхні посіву сорту Софія створювала кращі потенційні можливості для накопичення біомаси рослин і наливу насіння, ніж у сорту Аратта.

Таблиця 3.5

Площа листкової поверхні в основні фази розвитку та фотосинтетичний потенціал (ФП) сої залежно від елементів технології (2015-2017 рр.)

| Сорт | Фон живлення | Норма висіву, тис./га. | Площа листя (тис. м ² /га) | | | | ФП, млн м ² /днів/га |
|-------------------|--|------------------------|---------------------------------------|----------|------------------|---------------|---------------------------------|
| | | | гілкування | цвітіння | формування бобів | налив насіння | |
| Аратта | без добрив | 400 | 15,2 | 32,3 | 39,6 | 29,5 | 2,14 |
| | | 600 | 17,3 | 34,4 | 40,2 | 34,0 | 2,21 |
| | | 800 | 21,1 | 40,2 | 42,4 | 30,5 | 2,44 |
| | інокуляція | 400 | 19,1 | 34,3 | 44,5 | 32,6 | 2,19 |
| | | 600 | 18,8 | 38,8 | 42,0 | 32,5 | 2,27 |
| | | 800 | 19,8 | 46,1 | 42,9 | 31,7 | 2,40 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 15,4 | 43,1 | 42,6 | 26,4 | 2,16 |
| | | 600 | 20,2 | 43,3 | 46,4 | 34,6 | 2,42 |
| | | 800 | 19,3 | 48,2 | 44,5 | 32,4 | 2,45 |
| Софія | без добрив | 400 | 16,8 | 35,7 | 46,6 | 41,2 | 2,39 |
| | | 600 | 17,8 | 39,1 | 46,4 | 38,1 | 2,36 |
| | | 800 | 20,1 | 42,5 | 43,6 | 39,6 | 2,44 |
| | інокуляція | 400 | 18,0 | 39,7 | 48,5 | 43,5 | 2,53 |
| | | 600 | 20,6 | 43,1 | 49,7 | 36,9 | 2,56 |
| | | 800 | 23,6 | 42,3 | 49,8 | 40,4 | 2,61 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 18,0 | 40,9 | 57,0 | 45,2 | 2,64 |
| | | 600 | 21,5 | 45,6 | 58,8 | 41,5 | 2,84 |
| | | 800 | 22,9 | 44,5 | 56,3 | 43,6 | 2,91 |
| NIP ₀₅ | | | 2,6 | 3,6 | 3,2 | 3,4 | 0,18 |

На формування площі листя сої та її функціонування значно впливали агротехнічні заходи вирощування, передусім норма висіву. При збільшенні норми висіву площа листя, як правило, збільшувалася. Проте слід відмітити, що в період наливу насіння більша площа листя була за норми висіву 400 тис./га, а

за густоти 600 і 800 тис./га схожого насіння вона зазвичай була меншою, що обумовлено швидшим відмиранням листя в загущених посівах.

Інокуляція насіння і внесення добрив стимулювали ростові процеси та збільшували площу листової поверхні і фотосинтетичний потенціал сої. Так, без інокуляції і без добрив у період формування бобів площа листя сорту Софія становила 43,6-46,6 тис.м²/га, при інокуляції – 48,5-49,8, а при поєднанні інокуляції і добрив – вона збільшувалась до 56,3-58,8 тис.м²/га. Фотосинтетичний потенціал цього сорту під впливом інокуляції і добрив збільшувався з 2,14-2,44 до 2,16-2,91 млн м²/днів /га.

Максимальну площу листової поверхні та фотосинтетичний потенціал досліджуваних сортів сої формували на фоні інокуляції насіння у поєднанні з внесенням мінеральних добрив та норми висіву 600-800 тис./га.

Найвищу продуктивність сорт Аратта формував за площі листя 42,0, а Софія – 49,7 тис. м²/га. Отже, така площа листя є близькою до оптимальної для реалізації потенціалу продуктивності досліджуваних сортів сої. Площа листового апарату більша за ці розміри – явище негативне, оскільки погіршується освітленість у посівах, внаслідок чого знижується продуктивність фотосинтезу.

Статистичний аналіз даних показав, що між урожаєм насіння сої і площею листової поверхні існує тісна позитивна залежність. Коефіцієнт кореляції становить 0,80-0,84. Тому для одержання високого врожаю сої важливо формувати оптимальні розміри листового апарату.

Для накопичення великої надземної маси сої важливе значення має не тільки площа листя і фотосинтетичний потенціал, але й інтенсивність роботи листового апарату, яка характеризується чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ). Цей показник визначає кількість сухої біомаси рослин, що створюється в процесі фотосинтезу протягом доби з розрахунку на 1 м² поверхні листя.

Вивчення цього питання показало, що кожен квадратний метр листової поверхні сої створює від 2,4 до 7,1 г/м² сухої речовини за добу залежно від фази розвитку, сорту, фону живлення і норми висіву (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Чиста продуктивність фотосинтезу сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння, г/м² за добу (середнє за 2015-2017 рр.)

| Сорт (А) | Фон живлення (В) | Норма висіву, тис./га (С) | До гілкування | Гілкування - цвітіння | Цвітіння - формування бобів | Формування бобів-налив насіння |
|-------------------|--|---------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Аратта | без добрив | 400 | 5,3 | 6,7 | 5,5 | 3,6 |
| | | 600 | 5,0 | 6,8 | 2,9 | 6,3 |
| | | 800 | 5,2 | 5,4 | 3,1 | 5,7 |
| | інокуляція | 400 | 5,4 | 5,2 | 4,7 | 3,9 |
| | | 600 | 5,2 | 5,9 | 3,8 | 5,3 |
| | | 800 | 5,3 | 6,4 | 2,7 | 5,3 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 4,9 | 7,1 | 4,1 | 3,8 |
| | | 600 | 5,0 | 6,9 | 2,4 | 4,4 |
| | | 800 | 4,9 | 6,5 | 3,4 | 3,6 |
| Софія | без добрив | 400 | 4,9 | 5,1 | 4,4 | 3,6 |
| | | 600 | 5,1 | 5,3 | 3,9 | 3,7 |
| | | 800 | 4,9 | 5,6 | 3,7 | 4,8 |
| | інокуляція | 400 | 5,1 | 5,7 | 2,6 | 5,1 |
| | | 600 | 5,1 | 5,2 | 3,0 | 4,4 |
| | | 800 | 5,2 | 4,4 | 3,7 | 5,0 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 5,1 | 6,3 | 4,3 | 4,0 |
| | | 600 | 5,2 | 5,6 | 4,0 | 3,7 |
| | | 800 | 5,3 | 5,0 | 3,7 | 3,9 |
| НІР ₀₅ | | | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |

Найбільша інтенсивність роботи листкового апарату обох сортів спостерігалась у міжфазний період "гілкування-цвітіння" рослин. У цей період

чиста продуктивність фотосинтезу була досить високою і в ряді випадків досягала $7,1 \text{ г/м}^2$ за добу. При цьому слід відмітити, що від гілкування до цвітіння ЧПФ обох сортів підвищувалась, а в період формування бобів відбулося помітне його зниження. Це пояснюється тим, що в указаний період площа листя досягла максимальних розмірів і тому в перерахунку на 1 м^2 листя припадало менше синтезованої сухої речовини. У подальшому, в наливі насіння, цей показник підвищувався, що можна пояснити не тільки активізацією синтетичних процесів, а й меншою площею листкової поверхні в цей період.

В ряді наукових праць зазначається, що продуктивність фотосинтезу збільшується під впливом добрив [8, 176]. Наші дані показують, що інокуляція, мінеральні добрива і густина посіву впливали на ЧПФ не однозначно, а добрива частіше навіть знижували її. Зниження чистої продуктивності фотосинтезу під впливом добрив можна пояснити тим, що вони, як відомо, мало підвищують інтенсивність фотосинтезу рослин, проте збільшують площу листя і фотосинтетичний потенціал, тому на кожен квадратний метр листя удобрених посівів продуктів фотосинтезу припадає менше. Але в цілому сухої речовини на удобрених фонах створювалося більше, ніж без добрив та інокуляції, що обумовлено більшою площею листя.

Дослідження проведені в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН показали, що збільшення густоти стояння рослин з 300 до 900 тис./га призводить до зниження чистої продуктивності фотосинтезу сої [16]. Наші дані підтверджують, що загушення посівів сої з 400 до 800 тис./га призводить до зменшення продуктивності фотосинтезу, що обумовлено зниженням освітленості в посівах.

3.5 Формування елементів продуктивності сої

Основними елементами продуктивності сої, які визначають рівень її врожаю, є кількість рослин на одиниці площі, кількість бобів на рослині, насінин у бобі та маса 1000 насінин [2, 16]. Формування елементів продуктивності сої та

ступінь їх розвитку значною мірою залежать від умов навколишнього середовища, біологічних особливостей сорту та технологічних заходів її вирощування [60, 196].

Відомо, що кількість бобів на рослинах, насінин у бобах і маса насінин напряму залежать від фотосинтезу та надходження вуглеводів у період їх формування. Зародки, боби і насіння не ростуть без асимілятів [186, 187, 192]. Ряд вчених вказують, що дефіцит вологи, висока температура повітря, нестача світла тощо гальмують фотосинтез і надходження вуглеводів до репродуктивних органів, що сповільнює, або й припиняє їх ріст [80, 179, 192]. За дефіциту вуглеводів під час цвітіння сої відбувається відмирання від 36 до 81% квіток, внаслідок чого формується мало бобів на рослинах [192]. Заходи, які стимулюють фотосинтез у період цвітіння і закладки бобів, збільшують кількість бобів і насінин на рослинах [188]. Кількість асимілятів впливає також на наливання насіння та збільшує або зменшує його розміри, а отже і врожай [186, 187]. Тому для створення високопродуктивних посівів сої важливо знати оптимальні значення елементів структури кожного сорту та умови, за яких вони формуються.

Наші дослідження показали, що формування елементів продуктивності сої являє собою складну біологічну, динамічну, саморегулюючу систему. Кожен елемент структури змінюється в онтогенезі під впливом елементів, сформованих раніше, умов зовнішнього середовища та технологічних заходів вирощування. На формування кожного елемента продуктивності впливає той елемент, який створений раніше. Першими формувались рослини і їх кількість впливала на число гілок, бобів і насінин на рослині, а також на індивідуальну продуктивність рослин. При цьому, розвиток кожного елемента структури врожаю сої найбільше залежав від норми висіву насіння. Чим більша густина стояння рослин, тим менше формувалося бобів і насінин на рослинах, а також менша маса насіння на рослинах і маса 1000 насінин обох сортів (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Елементи продуктивності сої залежно від сорту, норми висіву насіння та фону живлення (середнє за 2015-2017 рр.)

| Сорт (А) | Фон живлення (В) | Норма висіву, тис./га (С) | Кількість, шт. | | Маса, г | |
|-------------------|--|---------------------------|------------------|--------------------|--------------|--------------------|
| | | | бобів на рослині | насінин на рослині | 1000 насінин | насінин на рослині |
| Аратта | без добрив | 400 | 38 | 66 | 163,7 | 10,6 |
| | | 600 | 27 | 47 | 160,1 | 6,7 |
| | | 800 | 22 | 38 | 159,4 | 5,7 |
| | інокуляція | 400 | 43 | 68 | 153,6 | 10,8 |
| | | 600 | 30 | 52 | 157,4 | 7,6 |
| | | 800 | 23 | 41 | 158,0 | 5,9 |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 40 | 71 | 157,6 | 10,7 |
| | | 600 | 28 | 49 | 156,7 | 7,3 |
| | | 800 | 23 | 37 | 154,6 | 5,6 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 40 | 72 | 158,2 | 10,9 |
| | | 600 | 26 | 50 | 156,8 | 7,3 |
| | | 800 | 20 | 33 | 149,2 | 4,7 |
| Софія | без добрив | 400 | 47 | 64 | 149,8 | 11,2 |
| | | 600 | 40 | 56 | 145,9 | 7,6 |
| | | 800 | 23 | 36 | 143,7 | 4,8 |
| | інокуляція | 400 | 58 | 91 | 149,6 | 12,3 |
| | | 600 | 41 | 62 | 148,1 | 8,5 |
| | | 800 | 32 | 51 | 146,9 | 7,3 |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 44 | 71 | 146,9 | 12,8 |
| | | 600 | 43 | 67 | 152,7 | 8,6 |
| | | 800 | 23 | 40 | 149,5 | 5,3 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 49 | 85 | 150,7 | 12,5 |
| | | 600 | 34 | 53 | 146,2 | 7,3 |
| | | 800 | 21 | 33 | 143,0 | 4,6 |
| NIP ₀₅ | | | 6 | 9 | 3,3 | 1,6 |

Кореляційний аналіз даних показав, що існує тісна зворотна залежність між кількістю рослин на 1 м² і кількістю бобів на рослині ($r = -0,92-0,93$), кількістю насінин на рослині ($r = -0,93-0,87$), масою насіння на рослині ($r = -0,93$) і масою 1000 насінин ($r = -0,31-0,49$), залежно від сорту (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

**Коефіцієнти кореляції між елементами продуктивності сортів сої
Аратта і Софія (середнє за 2015-2017 рр.)**

| Елементи продуктивності | Кількість бобів на рослині, шт. | Кількість насінин на рослині, шт. | Насінин у бобі, шт. | Маса насіння на рослині, г | Маса 1000 насінин, г |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------|
| Кількість рослин, шт. | -0,92/-0,93 | -0,93/-0,87 | -0,44/-0,30 | -0,93/-0,93 | -0,31/-0,49 |
| Кількість бобів, шт. | - | 0,98/0,97 | 0,34/0,35 | 0,99/0,92 | 0,27/0,64 |
| Насінин, шт. | - | - | 0,45/0,41 | 0,99/0,92 | 0,36/0,67 |
| Насінин у бобі, шт. | - | - | - | 0,45/ 0,37 | 0,76/0,74 |
| Маса насіння, г | - | - | - | - | 0,37/0,57 |

Примітка: сорт Аратта / сорт Софія

При цьому важливо відмітити, що тіснота зв'язку між досліджуваними ознаками в обох сортів виявилася досить близькою. Сортових особливостей у тісноті цих зв'язків не простежується.

Найбільша кількість бобів, насінин і маса насіння на рослинах, а також маса 1000 насінин формувались за норми висіву 400 тис./га, а збільшення її до 600 і 800 тис./га – призводило до зменшення їх в обох сортів. Так, у сорту Аратта за норми висіву 400 тис./га на рослинах нараховувалось 38-49 бобів, а за 800 тис./га – 20-32 шт. (рис. 3.3). Це можна пояснити тим, що в загущених посівах збільшувалась конкуренція рослин за вологу, світло та поживні речовини, внаслідок чого гальмувався фотосинтез і зменшувалось надходження асимілятів до репродуктивних органів, що й погіршувало умови для формування бобів і насіння. Разом із тим слід зазначити, що у зріджених посівах рослини хоча й формують більше бобів та вищу індивідуальну продуктивність, ніж за оптимальної густоти, але через малу кількість рослин забезпечують нижчу врожайність. Тобто врожай сої визначається не одним якимось елементом продуктивності, а їх комплексом.

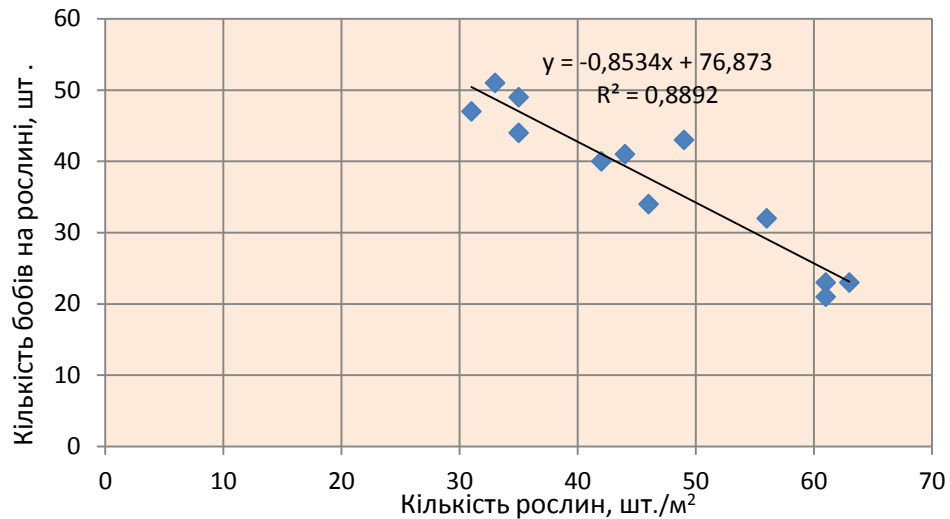


Рис. 3.3 Зв'язок між густрою стояння рослин сої та кількістю бобів на рослині (2015-2017 рр.)

Усі ці дані свідчать, що за зміни норми висіву сої змінюється розвиток усіх елементів продуктивності, які формуються пізніше. Норма висіву значною мірою задає умови формування й розвитку елементів продуктивності. Тому для формування високопродуктивних посівів сої головним завданням є створення оптимальної густоти стояння рослин, як елемента продуктивності, який суттєво впливає на решту елементів і, в першу чергу, оптимізація саме норми висіву насіння.

Встановлено, що боби формувались на головних і бокових гілках. При цьому, чим більшою була густина рослин, тим більше бобів формувалось на головних гілках і менше – на бокових (додаток Ж). У сорту Аратта за інокуляції насіння і норми висіву 600 тис./га на головних гілках формувалось 84% бобів, на бокових – 16%, а в сорту Софія відповідно 76% і 24%. Ці дані свідчать, що сорт Аратта на головних гілках формує бобів більше, а на бокових – менше, ніж Софія.

Всі елементи продуктивності сої значно залежать від біологічних особливостей сорту. Кожен сорт має свої оптимальні параметри структури врожаю та їх поєднання. Сорти Аратта і Софія формували різну кількість бобів і насінин на рослинах, а також масу 1000 насінин. Більше бобів і насінин було на

рослинах сорту Софія. Так, у цього сорту на рослині нараховувалось у середньому за варіантами досліду 37 бобів, тоді як у сорту Аратта їх було 30 шт., а насінин – відповідно 58 і 52 шт. Маса 1000 насінин у сорту Аратта була 157,1 г, а сорту Софія – у середньому на 9,0 г менша. Тому при формуванні посівів сої необхідно враховувати особливості структури кожного сорту.

Інокуляція насіння збільшувала кількість бобів і насінин та масу насінин на рослинах, а мінеральні добрива, на фоні інокуляції, не покращували ці показники у сорту Аратта, але достовірно збільшували масу 1000 насінин сорту Софія, що й забезпечувало ріст його врожаю за рахунок добрив.

Кількість насінин у бобах обох сортів була низькою – 1,6-1,8 шт. Це можна пояснити значним відмиранням зародків насіння під впливом високої температури повітря (до 35-40 °С) у період їх формування, особливо в 2017 році. Відомо, що температура повітря вище 30 °С пригнічує фотосинтез сої, внаслідок чого недостатньо надходить асимілятів до зародків, частина з яких відмирає [179, 214]. Найбільше насінин у бобах нараховувалось у розріджених посівах – за норми висіву 400 тис. насінин на 1 га, а за збільшення норми висіву до 800 тис./га – їх кількість зменшувалась. Інокуляція і мінеральні добрива практично не сприяли збільшенню цього показника в обох сортів.

Маса 1000 насінин більшою була в сорту Аратта і становила в середньому 153,6-163,7 г, а в сорту Софія – 143,0-152,7 г. Варіювання цього показника є наслідком змін умов навколишнього середовища в період наливу насіння, норми висіву та фону живлення. Найвища маса 1000 насінин сформувалася в сприятливому за погодними умовами 2016 році – 142,1-185,9 г, а найменша – у несприятливому 2017 році – 115,5-136,9 г. Більша маса 1000 насінин, на всіх фонах живлення, була за норми висіву насіння 400 тис./га, а при її збільшенні – маса насінин зменшувалась. Інокуляція насіння та мінеральні добрива не завжди збільшували цей показник. Ряд авторів зазначають, що збільшення кількості насіння часто супроводжується зменшенням їх розміру, а це нівелює переваги утворення великої кількості насіння [186, 194]. Наші дослідження свідчать, що зменшення числа насінин на рослинах, при загущенні посіву, не призводило до

збільшення крупності насіння. Але, за однакової густоти посіву, збільшення кількості насіння на рослинах, викликане покращенням фону живлення, часто призводило до зменшення маси 1000 насінин.

Маса насіння на рослинах сої становила 4,6-12,8 г і значно залежала від норми висіву, сорту та фону живлення. Вища індивідуальна продуктивність рослин була у сорту Софія, яка становила 4,6-12,8, а в сорту Аратта – 4,7-10,9 г. Маса насіння на рослинах найбільше залежала від норми висіву. Чим більша густина стояння рослин, тим менша маса насіння формувалась на них. Максимальною індивідуальна продуктивність рослин була на посівах за норми висіву 400 тис./га – 10,6-12,8 г, а за норми висіву 800 тис./га – вона значно знижувалась і становила лише 4,6-7,3 г. Маса насіння на рослинах дещо збільшувалася за його інокуляції, а мінеральні добрива мало впливали на цей показник.

Фактором, який значно впливає на формування елементів продуктивності сої, є освітленість у посівах. Кореляційний аналіз даних показав, що між освітленістю в посіві та кількістю бобів на рослині існує тісна позитивна залежність ($r = 0,80-0,82$), а з масою насінин на рослині – вона зменшувалась ($r = 0,60-0,77$). У варіантах з великою густиною стояння рослин (800 тис./га) значно знижувалась освітленість у посівах, що негативно впливало на формування репродуктивних органів – менше закладалось бобів і насінин на одній рослині та нижчою була індивідуальна продуктивність рослин, ніж на посівах з меншою густиною. Це пояснюється тим, що за низької освітленості гальмується фотосинтез та зменшується надходження асимілятів до репродуктивних органів, що негативно впливає на їх формування і розвиток.

Слід відмітити, що в посівах сої діє компенсаційний механізм формування елементів продуктивності. Мала густина посіву значною мірою компенсується інтенсивнішим гілкуванням рослин, а також формуванням більшої кількості бобів і насінин на рослинах та більшою масою 1000 насінин і це зменшує втрати врожаю від зрідженості посівів. Так, лише за рахунок насінин, сформованих на бокових гілках, сорт Аратта створював у середньому 19,5%, а сорт Софія –

24,2% загальної продуктивності рослин. Завдяки цьому відхилення норми висіву сої на 20-25% від оптимальної, компенсується більшою індивідуальною продуктивністю рослин і тому майже не знижує її врожай. Така здатність сої забезпечує їй високий ступінь адаптації до мінливих умов вегетації та недоліків технології. Частка бобів, сформованих на основних і бокових гілках залежно від технологічних заходів вирощування сої, наведена в додатку 3.

Статистичний аналіз даних, одержаних в умовах достатнього вологозабезпечення сої, показав, що й між іншими елементами структури простежуються тісні взаємозв'язки і взаємодія. Тісна кореляційна залежність існує між кількістю бобів і кількістю насінин на рослині – $r = 0,98-0,97$, та масою насіння на рослині – $r = 0,99-0,92$. Кількість насінин на рослині найбільше корелює з кількістю бобів на рослині – $r = 0,98-0,97$, а маса насінин на рослині – з кількістю бобів на рослині – $r = 0,99-0,86$, з кількістю насінин на рослині – $r = 0,99-0,952$ та кількістю рослин на 1 м^2 – $r = -0,93$.

Регресійний аналіз даних показав, що зв'язок між кількістю рослин на 1 м^2 і бобів на рослинах лінійний та описується рівняннями:

$$\text{сорт Аратта} - y = -0,657x + 65, \quad R^2 = 0,85$$

$$\text{сорт Софія} - y = -0,904x + 80,2, \quad R^2 = 0,86$$

де y – кількість бобів на рослині, шт.; x – кількість рослин на 1 м^2 , шт.

Залежність маси насіння на рослинах від кількості бобів на рослині описується рівняннями:

$$\text{сорт Аратта} - y = 0,275x - 0,558, \quad R^2 = 0,98$$

$$\text{сорт Софія} - y = 0,241x + 0,467, \quad R^2 = 0,85$$

де y – маса насіння на рослині, г; x – кількість бобів на рослині, шт.

Ці рівняння дають можливість прогнозувати кількість бобів і масу насіння на рослинах, а відповідно і врожайність сої, залежно від густоти стояння рослин і кількості бобів на рослині та вносити корективи в заходи по догляду за посівами.

Урожай сої найбільше залежав від кількості бобів на рослинах і маси 1000 насінин. Коефіцієнт кореляції між цими показниками становить 0,44-0,76 та

0,65-0,84, відповідно. Залежність урожайності від інших елементів продуктивності – середня і слабка, а це свідчить, що врожайність сої визначається комплексом елементів продуктивності.

Під впливом технологічних заходів параметри елементів продуктивності змінювались по-різному. Найбільш стабільними є показники маси 1000 насінин та кількості насінин у бобі. Коефіцієнт варіації цих елементів становив 2,4-3,3 та 3,9-5,4% відповідно. В обох сортів значно вищий ступінь варіювання кількості бобів на рослині ($V = 30-34\%$), кількості насінин на рослині ($V = 32-37\%$) та маси насінин на рослині ($V = 32-35\%$). Ці показники більш мінливі у сорту Софія. Висока мінливість вказаних ознак дає можливість за допомогою технологічних заходів регулювати їх параметри в потрібних межах і, тим самим, змінювати величину врожаю.

Кращі умови для формування елементів продуктивності та оптимального їх поєднання у сорту Аратта були за норми висіву 600 тис./га та інокуляції насіння, а сорту Софія – за норми висіву 600 тис./га та фону живлення $N_{30}P_{40}$ + інокуляція. За таких умов на посівах сорту Аратта нараховувалось 45 рослин на 1 м^2 , 30 бобів і 52 насінини на рослині, з масою 1000 зерен 157,4 г. Сорт Софія мав у середньому 49 рослин на 1 м^2 , 43 боби і 67 насінин на рослині та масу 1000 насінин 152,7 г (див. табл. 3.7).

На продуктивність сої впливає також висота прикріплення нижніх бобів. За низького їх прикріплення частина бобів залишається не обмолоченими, що призводить до втрат урожаю. Тому прикріплення бобів повинно бути якомога вищим [16, 54].

Наші дослідження показали, що сорти мають різну висоту прикріплення бобів. У сорту Аратта нижні боби формувалися на висоті 15,2-21,3 см, а в Софії – на висоті 20,1-29,6 см, залежно від густоти стояння рослин та фону живлення. Ці дані свідчать, що у сорту Софія нижні боби прикріплюються помітно вище, ніж у сорту Аратта (табл. 3.9).

Встановлено також, що при збільшенні густоти стояння рослин висота прикріплення нижніх бобів обох сортів збільшувалась на 1,7-9,5 см.

Таблиця 3.9

Висота прикріплення нижніх бобів сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння, см (середнє за 2015-2016 рр.)

| Фон живлення | Аратта | | | Софія | | |
|--|-------------------------------|------|------|-------|------|------|
| | Норма висіву насіння, тис./га | | | | | |
| | 400 | 600 | 800 | 400 | 600 | 800 |
| Без добрив | 15,2 | 16,9 | 20,1 | 20,1 | 21,7 | 22,9 |
| Інокуляція | 17,1 | 17,1 | 19,6 | 23,0 | 24,3 | 27,0 |
| N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 16,9 | 21,3 | 20,9 | 24,7 | 26,9 | 29,6 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 17,5 | 19,1 | 20,5 | 22,3 | 26,3 | 29,6 |

У сорту Аратта при збільшенні норми висіву насіння з 400 до 800 тис./га на фоні добрив N₃₀P₄₀ висота прикріплення нижніх бобів збільшувалась з 15,3 до 21,3 см, а в сорту Софія – з 20,1 до 29,6 см (рис. 3.4).



Рис. 3.4 Гілкування рослин сої сорту Софія та висота прикріплення нижніх бобів за норми висіву 400, 600 і 800 тис./га (справа наліво)

Це можна пояснити реакцією сої на освітленість в посіві. Чим більше затіняються рослини, тим вище закладаються боби.

Мінеральні добрива також сприяли вищому прикріпленню бобів, що більш чітко проявилось на сорті Софія. Так, без добрив у сорту Аратта нижні боби були розміщені на висоті 15,2-20,1 см, а на фоні добрив – на 16,9-20,9 см. На сорті Софія ці показники були 20,1-22,9 см, та 22,3-29,6 см, відповідно.

На формування репродуктивних органів сої суттєво впливали також регулятори росту рослин. При обприскуванні посівів препаратами Наномікс, Мегафол і Гуміфілд збільшувалась кількість бобів і насінин на рослинах, а також маса насіння на них та маса 1000 насінин (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Елементи продуктивності сортів сої за різних регуляторів росту рослин
(середнє за 2015-2017 рр.)**

| Сорт | Регулятори росту | Кількість, шт. | | Маса, г | |
|--------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| | | бобів на рослині | насінин на рослині | насінин на рослині | 1000 насінин |
| Аратта | контроль | 28 | 45 | 6,6 | 155,0 |
| | Нановіт | 27 | 45 | 6,3 | 157,3 |
| | Наномікс | 29 | 48 | 7,2 | 161,5 |
| | Мегафол | 31 | 53 | 7,9 | 156,0 |
| | Гуміфілд | 30 | 49 | 7,4 | 151,4 |
| Софія | контроль | 31 | 47 | 7,6 | 149,2 |
| | Нановіт | 30 | 49 | 6,6 | 149,5 |
| | Наномікс | 38 | 62 | 8,6 | 153,5 |
| | Мегафол | 37 | 58 | 8,0 | 149,4 |
| | Гуміфілд | 34 | 51 | 7,2 | 151,9 |

Найбільший вплив на елементи продуктивності обох сортів сої справляли препарати Наномікс і Мегафол. Так, без обробки посівів сорту Софія на рослинах нараховувався у середньому 31 біб, тоді як при обробці вказаними препаратами їх було 35 шт., або на 4 боби більше.

На оброблених рослинах формувалось на 8 насінин більше, ніж на контролі, а маса 1000 насінин збільшувалась на 1,9 г. Аналогічний вплив на формування елементів продуктивності простежується і на сорті Аратта. Препарат Нановіт практично не впливав на формування елементів продуктивності досліджуваних сортів, що й обумовило різний вплив препаратів на врожай сої.

3.6 Формування симбіотичного апарату рослин

Ряд вчених вважають, що соя свої потреби в азоті може на 60-70% і навіть повністю задовольняти за рахунок симбіотичної азотфіксації [16, 138, 152 189]. Всі процеси азотфіксації відбуваються в бульбочках на коренях сої, тому для створення оптимального живлення рослин важливо формувати потужний азотфіксуючий апарат та забезпечити інтенсивне його функціонування. Проте на кількість і масу бульбочок на коренях та ефективність інокуляції насіння азотфіксуючими бактеріями значно впливають умови навколишнього середовища, сорт і технологічні заходи вирощування [2, 16, 159]. Одним з головних факторів, який впливає на формування бульбочок та азотфіксуючу здатність бактерій, є вологість ґрунту. При дефіциті вологи до бульбочок мало надходить вуглеводів, внаслідок чого азотфіксація спочатку знижується, а потім призупиняється зовсім. Кращі умови для формування бульбочок та життєдіяльності бактерій створюються за вологості ґрунту 70% НВ [18, 54, 140].

На ріст бульбочок значний вплив мають азотні добрива. Проте висновки з цього питання неоднозначні. Більшість вчених зазначають, що за внесення в ґрунт мінерального азоту ріст бульбочок та їх азотфіксуюча активність помітно знижуються [2, 16]. Натомість є дані, що невеликі дози азоту стимулюють ріст бульбочок і лише високі його дози пригнічують їх [120]. В окремих працях зазначається, що збільшення дози азотних добрив сприяє росту кількості і маси бульбочок на коренях сої [24].

Встановлено також, що на формування бульбочок впливає густина стояння рослин. За збільшення норми висіву насіння сої кількість бульбочок

зменшується [169]. Ріст бульбочок значною мірою залежить і від інтенсивності освітлення в посіві. При підвищенні освітленості ріст бульбочок посилюється, що пояснюється ростом інтенсивності фотосинтезу та збільшенням відтоку асимілятів із листя в кореневу систему і бульбочки [102]. Забезпечення бульбочок асимілятами є головним фактором, який впливає на процес азотфіксації бобових рослин [75]. Відомо також, що сорти сої мають різну здатність до асоціації з бактеріями і формують на коренях різну кількість та масу бульбочок [10, 12, 92, 127]. Але особливості формування бульбочок сортами сої Аратта і Софія, за інокуляції насіння та на різних фонах внесення азотних добрив не досліджувались. Тому важливо було вивчити це питання.

Наші дослідження показали, що кількість і маса бульбочок на коренях сої значною мірою залежали від сорту, інокуляції та фону азотного живлення (табл. 3.11).

Встановлено, що на коренях сортів Аратта і Софія до гілкування формується практично однакова кількість і маса бульбочок. Так, у сорту Софія в період гілкування нараховувалось 20-37 шт. бульбочок масою 0,36-0,63 г, а в сорту Аратта ці показники були відповідно 20-38 і 0,36-0,80 г. Отже, на початкових етапах розвитку рослин формування бульбочок у цих сортів відбувається практично однаково.

Облік бульбочок у період формування бобів показав, що їх кількість і маса суттєво збільшились порівняно з першим відбором. Це дає підстави вважати, що наростання бульбочок у сої триває і в період формування бобів. За цього відбору у сорту Аратта маса бульбочок була більшою, ніж у сорту Софія. Це свідчить про те, що сорт Аратта має дещо кращий симбіотичний потенціал та вищу здатність до асоціації з бактеріями, ніж сорт Софія.

Інокуляція насіння сприяла збільшенню кількості і маси бульбочок на коренях обох сортів сої порівняно з контролем (без інокуляції).

Таблиця 3.11

Кількість і маса бульбочок на одній рослині сої залежно від сорту інокуляції насіння та дози азотних добрив (середнє за 2015-2017 рр.).

| Сорт | Фон живлення | У гілкування | | При формуванні бобів | |
|-------------------|---|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| | | кількість бульбочок, шт. | маса бульбочок, г | кількість бульбочок, шт. | маса бульбочок, г |
| Аратта | без добрив | 28 | 0,76 | 53 | 1,27 |
| | інокуляція | 38 | 0,80 | 79 | 1,54 |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокул. | 26 | 0,52 | 52 | 1,04 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокул. | 20 | 0,36 | 41 | 0,84 |
| Софія | без добрив | 30 | 0,57 | 61 | 1,16 |
| | інокуляція | 37 | 0,63 | 73 | 1,31 |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокул. | 30 | 0,49 | 59 | 1,03 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокул. | 20 | 0,36 | 40 | 0,87 |
| НІР ₀₅ | | 6 | 0,2 | 6 | 0,2 |

Так, без інокуляції у сорту Аратта за другого відбору на кожній рослині налічувалось 53 бульбочки, а з інокуляцією – 79 шт. У сорту Софія ці показники були відповідно 61 і 73. Інокуляція насіння сприяла суттєвому збільшенню кількості бульбочок у сорту Аратта на 49,1%, а сорту Софія – на 19,7%. Під впливом інокуляції підвищувалася і маса бульбочок у сорту Аратта – з 1,27 г без інокуляції, до 1,54 г з інокуляцією. У сорту Софія ці показники були відповідно 1,16 і 1,31 г. Приріст маси бульбочок відповідно сорту становив 21,2% і 12,9%.

Мінеральні добрива в дозі N₃₀₋₆₀P₄₀ і в першу половину вегетації сої, і пізніше пригнічували формування бульбочок, порівняно з однією інокуляцією. Так, у сорту Аратта за інокуляції на рослині налічувалось 79 бульбочок, а з добривами N₆₀P₄₀ – лише 41 шт., а маса бульбочок зменшувалась з 1,54 до 0,84 г. У цьому варіанті кількість і маса бульбочок були меншими, ніж без добрив і без

інокуляції (рис. 3.5). Тобто азотні добрива робили інокуляцію практично не дієвою.



Рис. 3.5 Кількість бульбочок на коренях сої сорту Аратта (зверху) і Софія (знизу) у фазу формування бобів, на фонах: без добрив, інокуляція, інокуляція + $N_{60}P_{40}$ (зліва направо)

Слід також відмітити, що чим більша вносились доза азотних добрив, тим менше формувалось бульбочок на рослинах та їх маса. Так, у сорту Аратта при інокуляції маса бульбочок на рослині була 1,54 г, на фоні інокуляція + $N_{30}P_{40}$ – 1,04 г, а на фоні інокуляція + $N_{60}P_{40}$ – лише 0,84 г. Під впливом азотних добрив маса бульбочок знижувалась залежно від сорту і дози добрив на 21,4-45,4%. Проте виявилось, що сорти по-різному реагують на азотні добрива. Ці добрива більше пригнічували ріст бульбочок на сорті Аратта. Так, під впливом азотних

добрив у сорту Аратта маса бульбочок зменшувалась на 32,5-45,4%, тоді як у Софії – на 21,4-33,6%.

Таку значну різницю в реакції сортів на азотні добрива можна пояснити відмінностями споживання ними азоту добрив, що важливо враховувати в практичній діяльності.

Висновки з розділу 3:

1. Посіви сої сортів Аратта і Софія формуються з високим потенціалом продуктивності за числа рослин при сходах 520-550 шт. на 1 м², що досягається за норми висіву 600 тис. насінин на 1 га та польової схожості насіння 87-92%.

2. Урожай сої значною мірою залежить від розмірів надземної маси рослин ($r = 0,72-0,78$). На ріст надземної маси сої значно впливають біологічні особливості сорту, фон живлення і норми висіву насіння. Інокуляція насіння і мінеральні добрива стимулюють ріст надземної маси рослин. Збільшення норми висіву з 400 до 800 тис./га схожого насіння також збільшує масу рослин, але за норми висіву 800 тис./га спостерігається надмірний ріст і загущення посіву, особливо на удобрених фонах, що негативно впливає на врожайність сої. Найбільш сприятливі умови для їх росту й розвитку, формування добре розвиненої надземної маси, площі листя та фотосинтетичної діяльності рослин створюються за інокуляції насіння, внесення добрив у дозі N₃₀P₄₀, норми висіву 600 тис./га та обробки посівів регулятором росту рослин Мегафол.

3. Ріст і розвиток рослин сої значно залежить від площі листкової поверхні та інтенсивності її роботи. Між площею листя та урожаем сої існує тісна позитивна залежність – $r = 0,84$. Для реалізації потенційної продуктивності досліджуваних сортів сої оптимальною є площа листя 40-50 тис. м²/га, фотосинтетичний потенціал – 2,3-2,5 тис. м²/діб/га, чиста продуктивність фотосинтезу – 4,5-5,0 г/м². Найбільшій площі листя досягає в період формування бобів, після чого вона зменшується. Сорт Аратта максимальну площу листкової поверхні – 46,4 тис. м²/га, а Софія – 58,8 тис. м²/га і фотосинтетичний потенціал

2,4 і 2,8 млн м²/га відповідно формують на фоні інокуляції насіння і внесення добрив у дозі N₆₀P₄₀ та норми висіву 600 тис./га.

4. Формування і розвиток елементів продуктивності сої значною мірою залежить від норми висіву насіння. Густота стояння рослин задає умови для розвитку всіх елементів продуктивності, які утворюються пізніше. Чим більша густота стояння, тим менше бобів, насінин і менша маса насіння формується на рослинах, а також менша маса 1000 насінин та індивідуальна продуктивність рослин. Між кількістю рослин на 1 м² і рештою елементів продуктивності існує тісна зворотна кореляційна залежність – $r = -0,96-0,83$. В посівах сої діє компенсаційний механізм формування елементів продуктивності. За меншої густоти рослин формується більша кількість бобів і насінин на рослинах, а також маса 1000 насінин і це зменшує втрати врожаю від зрідженості посівів. Зменшення норми висіву сої на 20-25% від оптимальної, компенсується більшою індивідуальною продуктивністю рослин і тому майже не знижує її врожайність.

Кращі умови для формування елементів продуктивності сорту Аратта та оптимального їх поєднання складаються за норми висіву 600 тис./га та інокуляції насіння, а сорту Софія – за норми висіву 600 тис./га та фону живлення N₃₀P₄₀ + інокуляція. За таких умов на посівах сорту Аратта формується 45 рослин на 1 м², 30 бобів і 52 насінини на рослині, з масою 1000 зерен 157,4 г. Сорт Софія мав 49 рослин на 1 м², 43 боби і 67 насінин на рослині та масу 1000 зерен 152,7 г.

5. Інокуляція насіння викликає істотне збільшення кількості і маси бульбочок на коренях сої порівняно з контролем. У сорту Аратта за інокуляції насіння кількість бульбочок збільшувалась на 49,1%, сорту Софія – на 19,7 %, а маса бульбочок – на 21,2% і 12,9% відповідно. Кращі умови для формування бульбочок складаються за інокуляції насіння азотфіксуючими бактеріями, без внесення азотних добрив, оскільки вони пригнічують формування і ріст бульбочок. Сорти по-різному реагують на азотні добрива. Більше пригнічувався ріст бульбочок на коренях сорту Аратта к якого маса бульбочок зменшувалася на 32,5-45,4%, тоді як у Софії – на 21,4-33,6%.

Результати досліджень цього розділу опубліковано в статтях [106, 109].

РОЗДІЛ 4

ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ ТА СВІТЛОВИЙ РЕЖИМ ПОСІВІВ СОЇ ЗА РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ

4.1 Поживний режим ґрунту залежно від фону живлення

Важливою умовою для одержання високої продуктивності будь-якої культури є створення для рослин оптимального режиму живлення. Нестача будь-якого елемента живлення призводить до погіршення росту й розвитку рослин, зниження врожаю та якості продукції [123]. Тому для формування високого врожаю сої важливо створювати достатній для нормального функціонування рослин поживний режим ґрунту [16, 33].

Відомо, що соя свої потреби в азоті може на 60-70 % і навіть повністю задовольняти за рахунок азотфіксації [138, 152, 189]. Питання щодо необхідності внесення азотних добрив під сою, якщо проводиться інокуляція насіння, до цього часу залишається дискусійним, хоча відомо, що мінеральний азот пригнічує утворення бульбочок та процес азотфіксації [4].

У ряді наукових праць зазначається, що за вмісту в ґрунті нітратного азоту більше 40 мг, рухомого фосфору – 26-30 і більше, обмінного калію – більше 200 мг/кг мінеральні добрива можна не вносити – такої кількості елементів живлення достатньо для нормального функціонування рослин [33, 36, 85]. Тому визначення оптимального режиму живлення сої сортів Аратта і Софія в умовах зрошення є актуальним.

Наші дослідження показали, що в період сходів на ділянках без добрив вміст нітратів у шарі ґрунту 0-30 см становив 14,3 мг/кг ґрунту, а враховуючи дані [33, 36], такої кількості нітратів недостатньо для нормального росту й розвитку рослин сої та реалізації її урожайного потенціалу. Натомість, вміст фосфору і калію був достатнім і складав відповідно 51,4 та 290 мг/кг, що й без внесення фосфорних і калійних добрив достатньо для нормального функціонування рослин (табл. 4.1). Найбільше поживних речовин містилося у

верхньому шарі ґрунту 0-30 см, а в шарі 30-50 см їх кількість була значно меншою. Це свідчить про те, що з глибиною родючість ґрунту знижується.

Таблиця 4.1

Динаміка вмісту нітратів і рухомого фосфору в різних шарах ґрунту залежно від сорту і фону живлення, мг/кг (середнє за 2015-2017 рр.)

| Сорт (А) | Фон живлення (С) | Шар ґрунту, см | Період визначення | | | |
|------------------------|---|----------------|-------------------|----------|------------------|---------------|
| | | | сходи | цвітіння | формування бобів | налив насіння |
| NO_3^- | | | | | | |
| Аратта | без добрив | 0-30 | 14,3 | 9,0 | 6,8 | 8,9 |
| | | 30-50 | 8,7 | 3,5 | 5,4 | 6,3 |
| | інокуляція | 0-30 | 18,0 | 9,3 | 9,1 | 7,9 |
| | | 30-50 | 8,7 | 4,3 | 7,0 | 7,3 |
| | $\text{N}_{60}\text{P}_{40}+$ інокуляція | 0-30 | 82,9 | 24,3 | 22,8 | 10,1 |
| | | 30-50 | 32,3 | 7,7 | 9,0 | 6,9 |
| Софія | без добрив | 0-30 | 14,3 | 5,5 | 5,4 | 8,2 |
| | | 30-50 | 8,7 | 5,9 | 3,5 | 6,2 |
| | інокуляція | 0-30 | 15,3 | 5,5 | 6,6 | 7,8 |
| | | 30-50 | 12,1 | 4,5 | 4,8 | 10,2 |
| | $\text{N}_{60}\text{P}_{40}+$ інокуляція | 0-30 | 72,6 | 24,4 | 15,5 | 7,6 |
| | | 30-50 | 40,9 | 8,2 | 5,3 | 5,6 |
| P_2O_5 | | | | | | |
| Аратта | без добрив | 0-30 | 51,4 | 53,8 | 70,2 | 63,6 |
| | | 30-50 | 21,3 | 23,1 | 21,7 | 18,9 |
| | інокуляція | 0-30 | 50,7 | 53,5 | 67,0 | 61,2 |
| | | 30-50 | 29,9 | 30,5 | 39,1 | 37,1 |
| | $\text{N}_{60}\text{P}_{40}+$ інокуляція | 0-30 | 66,5 | 54,2 | 68,4 | 65,2 |
| | | 30-50 | 19,4 | 17,4 | 25,1 | 26,1 |
| Софія | без добрив | 0-30 | 51,4 | 52,7 | 62,2 | 60,7 |
| | | 30-50 | 19,3 | 15,9 | 16,4 | 16,7 |
| | інокуляція | 0-30 | 59,9 | 53,5 | 59,9 | 60,5 |
| | | 30-50 | 24,7 | 21,3 | 16,7 | 21,9 |
| | $\text{N}_{60}\text{P}_{40}+$ інокуляція | 0-30 | 61,0 | 54,9 | 47,0 | 65,0 |
| | | 30-50 | 20,2 | 20,7 | 26,5 | 16,9 |

Внесення азотних і фосфорних добрив під сою збільшувало вміст рухомих форм азоту й фосфору в ґрунті та покращувало забезпечення ними рослин, порівняно з неудобреним варіантом. Так, при сходах сої сорту Аратта у шарі ґрунту 0-30 см на неудобреному фоні нітратів містилося 16,0, рухомого фосфору – 54,7 мг/кг, тоді як на фоні, де вносили мінеральні добрива в дозі $N_{60}P_{40}$, нітратів було 82,9 мг або в 5 разів більше, а фосфору – 66,5 мг/кг, що більше на 21,6%. На удобреному фоні кількість нітратів була більшою протягом усієї вегетації. Внесення азотних добрив сприяло збільшенню вмісту азоту і в рослинах сої (додаток И). Ці дані свідчать про те, що внесення мінеральних добрив поліпшувало, передусім, азотне живлення рослин.

Аналізи ґрунту проведені в різні фази розвитку рослин, свідчать, що поживний режим ґрунту на посівах сої суттєво змінюється упродовж вегетації. При цьому найбільш мінливим був азотний режим ґрунту. Максимальна кількість нітратів у всіх шарах ґрунту була в період сходів сої. Від сходів до кінця вегетації, внаслідок наростання вегетативної маси та споживання елементів живлення, вміст їх у ґрунті, в усіх варіантах дослідів і всіх шарах ґрунту, зменшувався. Так, при сходах сорту Аратта на фоні добрив $N_{60}P_{40}$ у шарі ґрунту 0-30 см нітратів містилося 82,9, в період цвітіння – 24,3, а в період наливу насіння – 10,1 мг/кг. В кінці вегетації вміст нітратів у ґрунті на всіх варіантах дослідів був нижчий, ніж на початку вегетації, що свідчить про поступове використання його резервів. Найбільш інтенсивно нітратаи зменшувались у ґрунті до цвітіння – формування бобів, а по фосфору чіткої закономірності використання протягом вегетації не простежувалось.

Вміст азоту впродовж усієї вегетації зменшувався не тільки в шарі ґрунту 0-30 см, але і в прошарку 30-50 см. Це свідчить, що соя використовує ці елементи живлення з шару ґрунту 0-50 см.

У період цвітіння й пізніше вміст фосфору в ґрунті був більшим, ніж при сходах, що можна пояснити підвищенням його рухомості при поливах сої.

Варто відмітити, що за інокуляції насіння вміст нітратів у ґрунті протягом вегетації обох сортів сої був вищий, ніж на контролі (без інокуляції), що можна

пояснити результатом дії азотфіксуючих бактерій. Проте найвищий вміст нітратів у ґрунті упродовж всієї вегетації сої утримувався на фоні, де крім інокуляції насіння були внесені мінеральні добрива у дозі $N_{60}P_{40}$. Суттєвих відмінностей у поживному режимі ґрунту на посівах сортів Аратта і Софія не спостерігалось.

Вміст фосфору залежав від вмісту його в ґрунті та внесення з мінеральними добривами. Найвищий рівень азотного і фосфорного живлення обох сортів сої складався на фоні, де інокуляція насіння поєднувалася з внесенням мінеральних добрив $N_{60}P_{40}$.

4.2 Світловий режим посівів сої залежно від умов вирощування

Світло відіграє важливу роль у житті рослин як джерело енергії для фотосинтезу і як фактор, регулюючий ростові та формотворчі процеси. Тільки при світлі в зелених листках проходить фотосинтез, рослини нормально ростуть і розвиваються [67, 80, 145]. Соя – культура короткого дня і досить чутлива до змін світлового режиму. Із збільшенням освітленості, до відповідної межі, росте й інтенсивність фотосинтезу рослин. Для більшості рослин ця закономірність зберігається в межах освітленості до 20-40 тис. люкс (клк) [80]. За високої або надмірно низької освітленості процес фотосинтезу уповільнюється, дихання починає переважати над фотосинтезом, внаслідок чого витрати органічних речовин перевищують їх накопичення, а в подальшому припиняється ріст рослин, починається відмирання листків, знижується врожай [80]. Ряд вчених зазначають, що світлове насичення фотосинтезу в листках сої спостерігається за інтенсивності світла, рівної приблизно 23670 люкс (лк) [182]. Вчені дійшли висновку, що в польових умовах управляти світловим режимом можна переважно шляхом зміни густоти стояння рослин та відповідного розташування їх на площі [76]. Зазначається, що в густих посівах освітленість недостатня, що призводить до ослаблення фотосинтезу та, відповідно, до зменшення

продуктивності посівів. Коли ж світловий потік більший за компенсаційну точку, то інтенсивність фотосинтезу зростає і приріст органічної маси підвищується [151]. В наукових джерелах зазначається також, що із збільшенням освітленості в посівах сої зростає кількість плодів і насіння на рослинах [188]. Зниження інтенсивності сонячного світла до 50% від нормальної, призводить до того, що в сої розвивається менше вузлів, гілок, бобів і вони формують тільки 40% від потенційного врожаю [193]. Освітленість суттєво впливає і на формування бульбочок на коренях сої. При підвищенні освітленості в посіві збільшується ріст бульбочок, що пояснюється ростом інтенсивності фотосинтезу та підвищенням відтоку асимілятів із листя в кореневу систему і бульбочки [102]. За нестачі світла знижується нітрогеназна активність на 60-80% [139]. Не дивлячись на велику роль світла в житті рослин, світловий режим у посівах сої за різних агротехнічних заходів її вирощування на зрошуваних землях півдня України залишається практично недослідженим. Експериментальних даних з цього питання ми не виявили. Світло, як фактор та джерело енергії для фотосинтезу, в розрахунках формування врожаю сої не враховується. Невідомі й параметри оптимального освітлення у високопродуктивних посівах та заходи його регулювання. Тому важливо було вивчити освітленість у посівах різних сортів сої за різних технологічних заходів вирощування при зрошенні та умови створення оптимального світлового режиму в її посівах.

Освітленість (інтенсивність світлового потоку) визначали над посівами і в посівах сої на рівні верхнього і нижнього ярусу листків, у період "цвітіння - формування бобів", за безхмарної погоди.

Дослідження показали, що в період вимірювань освітленість верхніх листків сої становила 52-54 тис. люкс або клк. Така освітленість є високою, оскільки суттєво перевищує поріг світлового насичення фотосинтезу та рівень освітленості (до 20-40 тис. люкс), коли відбувається ріст інтенсивності фотосинтезу. Але відомо, що сильне сонячне випромінювання за високої температури повітря, часто призводить до перегрівання листків і порушення фізіологічних процесів та гальмування фотосинтезу [80, 132].

За освітленості верхніх листків 52-54 клк, в посівах сої (на рівні нижнього ярусу листків) освітленість істотно знижувалась і становила лише 3,6-6,7 клк, залежно від варіанту досліду (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Освітленість нижніх листків сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння, клк (середнє за 2015-2016 рр.)

| Фон живлення (В) | Сорт (А) | | | | | |
|--|-----------------------------------|-----|-----|-------|-----|-----|
| | Аратта | | | Софія | | |
| | Норма висіву насіння, тис./га (С) | | | | | |
| | 400 | 600 | 800 | 400 | 600 | 800 |
| без добрив | 6,5 | 4,9 | 4,7 | 6,7 | 6,4 | 5,3 |
| інокуляція | 5,6 | 4,5 | 3,6 | 5,4 | 4,7 | 4,4 |
| N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 4,9 | 4,3 | 3,6 | 5,8 | 4,7 | 4,1 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 5,2 | 3,9 | 3,8 | 5,7 | 4,4 | 4,2 |

НІР₀₅ – для сортів 0,68 клк; фонів живлення – 0,45; норм висіву – 0,36 клк.

До нижнього ярусу листків сої доходила лише невелика частина світлового потоку, що падав на посів – 6,7-12,9%. У посівах освітленість була значно нижчою за поріг насичення фотосинтезу. Тому звичайно, що низький рівень освітленості листків нижнього ярусу негативно впливав на їх функціонування. Внаслідок цього спостерігалось передчасне пожовтіння та опадання цих листків, зменшувався асиміляційний апарат.

Разом із тим, на різних варіантах досліду освітленість в посівах була різною і залежала від технологічних заходів вирощування сої – сорту, фону живлення та норм висіву насіння. Найбільше освітленість в посівах залежала від густоти стояння рослин. Доведено, що чим більша густина рослин, тим більше взаємне затінення і менша освітленість у посіві (рис. 4.1).

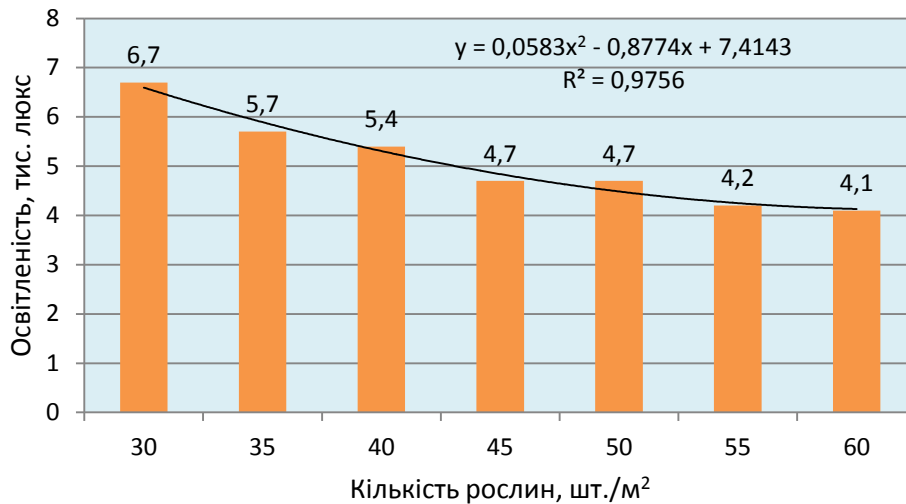


Рис. 4.1 Залежність освітленості нижніх листків сої від густоти стояння рослин (середнє за 2015-2016 рр.)

Так, у сорту Аратта за норми висіву 400 тис./га освітленість у посівах становила 4,9-6,5 клк, а за норми 800 тис./га – вона знижувалась до 3,6-4,7 клк. Це обумовлено тим, що при загущенні посіву збільшувалась площа листової поверхні, рослини більше затінялися і освітленість у посівах знижувалась.

Найвища освітленість у посівах сої (6,5-6,7 клк) спостерігалась за норми висіву 400 тис./га схожого насіння, на неудобреному фоні, де густота і розвиток рослин були меншими. Така освітленість вища, ніж у загущених посівах, що позитивно впливало на процес фотосинтезу, гілкування рослин тощо.

Кореляційний аналіз даних показав, що освітленість у посівах сої знаходиться в тісному зворотному зв'язку з кількістю рослин на 1 м² – $r = -0,71-0,84$ та з площею листової поверхні – $r = -0,66-0,81$.

Фон живлення також суттєво впливав на освітленість у посівах сої. Інокуляція і мінеральні добрива збільшували надземну масу рослин і площу листя, внаслідок чого освітленість у посівах знижувалась. Так, без добрив освітленість була в межах 4,7-6,7 клк, при інокуляції насіння вона була нижчою – 3,6-5,6 клк, а на фоні інокуляції з мінеральними добривами N₆₀P₄₀ цей показник майже не змінювався і складав 3,8-5,7 клк. Це свідчить про те, що на світловий режим посівів сої більше впливала інокуляція, ніж добрива.

Освітленість у посівах залежала й від сорту. Виявлено, що у сорту Аратта освітленість в посівах була дещо меншою, ніж у Софії, що обумовлено більшою висотою його рослин.

Статистичний аналіз даних показав, що освітленість у посівах сої найбільше залежала від норми висіву насіння, дещо менше – від фону живлення і ще менше – від сорту. Частка впливу густоти посіву на освітленість у посівах сої складала 32,4%, фону живлення – 29,8% і сорту – 10,7%.

Слід відмітити, що освітленість у посівах сої особливо сильно знижувалась на варіантах з великою нормою висіву (800 тис./га) у поєднанні з високим фоном живлення. За таких умов формувались надмірно загущені посіви, внаслідок чого значно знижувалась освітленість рослин, що гальмувало продукційні процеси.

Встановлено також, що освітленість рослин значно впливає на формування репродуктивних органів сої та кожного елемента структури врожаю. Із збільшенням густоти стояння рослин зменшувалася освітленість у посівах, внаслідок чого менше формувалося бобів на рослинах, насінин у бобах і на одній рослині, ніж на посівах з більшою освітленістю. Так, у 2015 році за освітленості 8,2 клк (норма висіву 400 тис./га) у сорту Аратта формувалось 45 бобів на рослині, а при 5,9 клк (норма висіву 800 тис./га) їх кількість зменшувалась до 28. Це пояснюється тим, що за низької освітленості значно гальмується фотосинтез та зменшується надходження асимілятів до репродуктивних органів, що негативно впливало на їх формування. З цього питання ряд вчених зазначають, що кількість плодів у сої залежить від забезпеченості асимілятами [187].

Кореляційний аналіз даних свідчить, що між освітленістю в посіві та кількістю бобів і насінин на рослині існує тісна позитивна залежність $r = 0,70-0,91$, а від освітленості в посіві також залежить і маса насіння на рослині $r = 0,77-0,82$.

На залежність формування бобів і насіння сої від освітленості в посівах зазначають багато вчених [192, 193, 215]. І. Ф. Беліков дійшов висновку, що для сої дуже необхідний доступ сонячного світла до нижньої, найбільш продуктивної половини рослин, до періоду формування бобів [19]. Усі ці дані

свідчать, що світловий режим у посівах сої є важливим фактором впливу на формування елементів структури її врожаю, а отже, й на врожай культури. За даними ряду вчених затінення посівів сої на 63% призводило до погіршення наливу насіння, а врожайність знижувалася з 345-381 до 261-291 г/м² [179].

У дні з похмурою погодою освітленість над посівами була дуже низькою – 7-9 клк. В.М. Леман зазначає, що різні рослини ростуть і плодоносять за освітленості від 8 до 20 клк [80]. За іншими даними для нормального розвитку рослин соя вимагає освітленості не менше 1076 лк. Ця величина є для сої критичною. Враховуючи, що при зниженні освітленості рослин зменшується й інтенсивність фотосинтезу [132], можна дійти висновку, що за достатнього загального надходження на посіви сої світла в цій зоні, в загущених посівах та в хмарну погоду світло є фактором лімітуючим фотосинтез нижніх листків, а значить і забезпечення асимілятами репродуктивних органів.

Кращий режим освітленості в посівах обох сортів сої, який забезпечував найвищу їх продуктивність (2,79-3,29 т/га), складався за норми висіву 600 тис./га схожого насіння та інокуляції його азотфіксуючими бактеріями.

Висновки з розділу 4.

1. Внесення азотних і фосфорних добрив під сою істотно збільшує вміст рухомих форм азоту й фосфору в ґрунті й рослинах та покращує забезпечення ними рослин протягом усієї вегетації. При сходах сої у шарі ґрунту 0-30 см на неудобреному фоні нітратів містилося 13,3-17,7 мг/кг, тоді як на фоні дози добрива N₆₀P₄₀ їх було 74,5-75,2 мг або в 4 рази більше, а фосфору – відповідно 38,2-42,3 та 49,6-53,6 мг/кг ґрунту.

2. Поживний режим ґрунту на посівах сої змінюється упродовж вегетації. Найбільш мінливим був азотний режим ґрунту. Максимальна кількість нітратів у всіх шарах ґрунту була в період сходів сої. Від сходів до наливу насіння, внаслідок наростання вегетативної маси та споживання рослинами елементів живлення, вміст їх у ґрунті, в усіх варіантах дослідів і всіх шарах ґрунту,

зменшується. Найбільш інтенсивно нітрати використовувались із ґрунту в період цвітіння, формування бобів та наливу насіння.

За інокуляції насіння вміст нітратів у ґрунті протягом вегетації сої обох сортів був вищим, ніж на контролі (без інокуляції). Найвищий вміст нітратів у ґрунті, упродовж вегетації сої, утримувався на фоні, де крім інокуляції насіння були внесені мінеральні добрива у дозі $N_{60}P_{40}$. Суттєвих відмінностей у поживному режимі ґрунту на посівах сортів Аратта і Софія не спостерігається.

3. Вміст фосфору в ґрунті не змінюється під впливом інокуляції насіння. Найвищий рівень азотного і фосфорного живлення обох сортів сої складається на фоні, де інокуляція насіння поєднується з внесенням мінеральних добрив дозою $N_{60}P_{40}$.

4. Важливим фактором, який суттєво впливає на формування репродуктивних органів сої, а отже й на продуктивність культури, є світловий режим посівів. Між освітленістю в посіві та кількістю бобів і насінин на рослині існує тісна позитивна залежність ($r = 0,70-0,91$).

5. Освітленість верхнього ярусу листя сої становила 52-54 клк і була вищою за світлове насичення фотосинтезу. У той же час в нижній частині посівів освітленість низька – 3,6-6,7 клк, що недостатньо для інтенсивного процесу фотосинтезу та забезпечення асимілятами репродуктивних органів.

Світловий режим у посівах сої головним чином залежить від норм висіву насіння, а також від фону живлення і сорту. Частка впливу норм висіву на освітленість у посівах сої складає 32,4%, фону живлення – 29,8%, сорту – 10,7%.

Кращий режим освітленості в посівах обох сортів сої, який забезпечує високу їх продуктивність, досягається за норми висіву 600 тис./га схожого насіння та інокуляції його азотфіксуючими бактеріями. В загущених посівах (800 тис./га) погіршуються умови освітлення, що негативно впливає на формування репродуктивних органів і продуктивність посівів.

Результати досліджень даного розділу опубліковані в статтях [103, 105].

РОЗДІЛ 5

СПОЖИВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ, ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ І СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПОСІВАМИ СОЇ ЗА РІЗНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ

5.1 Споживання води та ефективність її використання

Для формування високого врожаю соя потребує великої кількості води. Сумарне водоспоживання сої при зрошенні становить 4,5-5,5 тис. м³/га [2, 25, 126]. Для оптимального водозабезпечення її посівів потрібно проводити 4-6 поливів нормою 400-500 м³/га [25, 54], що істотно збільшує витрати на її вирощування. З огляду на це, велике значення має оптимізація режиму зрошення для ефективного використання поливної води. Проте для наукового обґрунтування і розробки оптимального режиму зрошення культури та експлуатаційного його регулювання необхідно знати такі важливі біологічні показники, як водоспоживання сорту за весь період його вегетації та окремі періоди за відношенням до вологи, частку ґрунту, опадів і поливів у водоспоживанні та витрати води на формування одиниці врожаю. Вивчення цих питань є важливим для формування високопродуктивних посівів сої.

Водоспоживання сої вивчали багато вчених, визначено споживання води за всю вегетацію й окремі періоди, а також витрати води на формування 1 т насіння [98, 141, 154]. Встановлено, що кількість води, яка витрачається посівом за вегетацію та витрати її на одиницю врожаю залежать від погодних умов, водозабезпеченості рослин, сорту, фону живлення тощо [28, 98, 144]. Ряд вчених зазначають, що пізньоспіліші сорти сої на одиницю врожаю витрачають вологи на 11,9-31,8% менше, ніж ранньостиглі. Інокуляція насіння покращує умови азотного живлення рослин і зменшує на 7,6-18,7% витрати води на формування 1 т насіння [28]. Отже, сорти сої мають різне сумарне та середньодобове водоспоживання, а також витрачають різну кількість води на формування одиниці врожаю. Тому важливо було вивчити особливості водоспоживання

сортів сої Аратта і Софія, встановити показники витрат води на 1 т насіння та визначити заходи, які забезпечують найбільш ефективно її використання.

Наші дослідження показали, що водоспоживання сої кожен рік має свої особливості. Щорічно водозабезпеченість посівів та витрати вологи в період вегетації різні. За всю вегетацію соя на формування врожаю витрчала, з шару ґрунту 0-100 см, у середньому 4864-5167 м³/га води (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Сумарне водоспоживання сої та витрати води на 1 т насіння, залежно від сорту і фону живлення (середнє за 2015-2017 рр.)

| Сорт | Фон живлення | Використано води з ґрунту, м ³ /га | Опади, м ³ /га | Зрошувальна норма, м ³ /га | Сумарне водоспоживання, м ³ /га | Витрати води на 1т насіння, м ³ |
|--------|---------------------------------------|---|---------------------------|---------------------------------------|--|--|
| Аратта | без добрив | 681 | 1716 | 2467 | 4864 | 1844 |
| | інокуляція | 919 | 1716 | 2467 | 5102 | 1741 |
| | Інок.+N ₆₀ P ₄₀ | 919 | 1716 | 2467 | 5102 | 1935 |
| Софія | без добрив | 761 | 1716 | 2467 | 4943 | 1865 |
| | інокуляція | 868 | 1716 | 2467 | 5050 | 1674 |
| | Інок.+N ₆₀ P ₄₀ | 985 | 1716 | 2467 | 5167 | 1639 |

На розмір водоспоживання сої найбільше впливали погодні умови року – кількість опадів, температура й вологість повітря, які зумовлюють різну інтенсивність витрат води посівами. Чим сухішим було повітря і вищою його температура, тим інтенсивніше витрчалась на посівах волога. При цьому водоспоживання сої збільшувалося в міру зростання зрошувальної норми та кількості опадів протягом вегетації. За роками сумарне водоспоживання змінювалось на 327-930 м³/га. Коефіцієнт варіації його становив 5,5%. Найвищим водоспоживання було у 2016 році – 5233-5471 м³/га, у 2017 році воно було дещо нижчим – 4929-5111 м³/га, а найменшим – у 2015 році – 4429-4947 м³/га. Отже, у 2016 році водозабезпеченість посівів сої була найвищою.

Розрахунки показали, що сумарне водоспоживання значно залежить від температури повітря. Чим більша сума середньодобових температур за період вегетації сої, тим вище сумарне водоспоживання посівів. Коефіцієнт кореляції між цими показниками становив 0,882. На 1°C посіви сої витрачали в середньому 1,56 м³/га води. Знаючи цей показник, можна розрахувати витрати води посівами сої за період її вегетації:

$$E = 1,56 \sum t, \quad R^2 = 0,78$$

де E – сумарне водоспоживання, м³/га; 1,56 – коефіцієнт витрат води на 1°C; $\sum t$ – сума середньодобових температур повітря за період, °C.

На сумарне водоспоживання сої впливав також фон живлення. Інокуляція насіння призводила до збільшення сумарного водоспоживання у середньому на 107-238 м³/га, що обумовлено покращенням азотного живлення рослин та формуванням більшої надземної маси, на що витрачалось більше води. Внесення мінеральних добрив N₆₀P₄₀ практично не призводило до збільшення витрат вологи посівами сої, порівняно з одною інокуляцією. Це узгоджується з висновками ряду вчених про те, що застосування мінеральних добрив не завжди збільшує водоспоживання сої [126].

Досліджувані сорти сої витрачали за вегетацію практично однакову кількість води. Так, сорт Аратта споживав у середньому 4864-5102 м³/га води, а Софія – 4943-5167 м³/га, що можна пояснити близькими їх біологічними властивостями.

У структурі водоспоживання сої її потреба у воді найбільше забезпечувалась за рахунок поливів – у середньому 49,0% а частка опадів у водоспоживанні становила 34,0%. Із запасів ґрунту використовувалось у середньому 856 м³/га води або 17,0%. Отже, на півдні України потреба сої у воді приблизно на 50% забезпечується за рахунок поливів і на 50% – за рахунок опадів вегетаційного періоду та запасів вологи в ґрунті, накопичених в осінньо-зимовий період.

Інтенсивність витрачання води посівами впродовж вегетації сої була різною. Від сходів до цвітіння інтенсивно розвивалась надземна маса рослин і випадала

значна кількість опадів, тому випаровування води в цей час було досить високим. Так, від сівби до цвітіння за добу посіви витрачали 36,4-39,0 м³/га води (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

**Середньодобове водоспоживання сої залежно від сорту і фону живлення,
м³/га за добу (середнє за 2015-2016 рр.)**

| Сорт | Фон живлення | Сівба - цвітіння | Цвітіння - формування бобів | Формування бобів – повна стиглість |
|--------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Аратта | без добрив | 37,0 | 35,6 | 18,0 |
| | N ₆₀ P ₄₀ | 38,3 | 42,8 | 17,4 |
| Софія | без добрив | 36,4 | 37,5 | 21,3 |
| | N ₆₀ P ₄₀ | 39,0 | 38,1 | 25,3 |

Пізніше, від цвітіння до формування бобів, швидко наростала вегетативна маса рослин, підвищувалась температура повітря, внаслідок чого середньодобові витрати вологи на частині варіантів збільшились і сягали 42,8 м³/га. В період формування бобів до їх дозрівання добове водоспоживання сої знижувалося, але залишалося ще досить високим – 17,4-25,3 м³/га. Ці дані свідчать, що соя найбільш інтенсивно витрачала вологу в період цвітіння-формування бобів.

Між сумарним водоспоживанням і врожайністю сої існує тісний позитивний зв'язок – коефіцієнт кореляції становить 0,74-0,85. Із збільшенням споживання води підвищується й урожайність насіння. Проте з ростом водоспоживання більше 4800-5000 м³/га відбувається зменшення приросту врожаю. Взаємозв'язок між водоспоживанням, в указаних межах, і врожайністю сої виражається рівняннями регресії:

$$y = 0,0011x - 2,6, \text{ а також } E = 660,1x + 3143, \quad R^2 = 0,72$$

де y – урожайність насіння сої, т/га; E – сумарне водоспоживання, м³/га;
 x – у рівнянні 1 – водоспоживання, м³/га, у рівнянні 2 – урожайність, т/га.

Перше рівняння дає можливість визначати врожайність сої за сумарним водоспоживанням, а друге – необхідну кількість води для одержання запланованого рівня врожаю при зрошенні.

Встановлено також, що сорти Аратта і Софія по-різному використовують вологу. Більш ефективно її витрачав сорт Софія. Так, на формування 1 т насіння сорт Аратта витрачав 1741-1935 м³ води, а Софія – 1639-1865 м³, що на 67-296 м³ або на 3,8-15,4% менше. Це обумовлено дещо вищою його врожайністю за роки досліджень. Інокуляція насіння зменшувала на 103-191 м³ або 5,6-10,2% витрати води на формування 1 т насіння обох сортів. Внесення мінеральних добрив на сорті Аратта призводило до менш ефективного використання води порівняно з інокуляцією, а на сорті Софія витрати води на формування 1 т насіння дещо знижувались.

Доведено, що чим більша врожайність сої, тим менше витрачалось води на формування 1 т насіння. Між урожайністю і коефіцієнтом водоспоживання існує зворотна залежність – коефіцієнт кореляції становить у середньому – 0,952. Ця залежність описується рівнянням регресії:

$$y = 2806 - 358,77x, \quad R^2 = 0,91$$

де y – витрата води на 1 т сої, м³; x – урожайність насіння, т/га.

5.2 Споживання, винос та використання елементів живлення за різних технологічних заходів

Соя формує високий урожай лише при забезпеченні оптимального живлення рослин з урахуванням біологічних особливостей кожного сорту [68]. Для оптимального удобрення посівів сої та ефективного використання добрив і потенціалу нових сортів важливо знати споживання рослинами елементів живлення в процесі вегетації та винос їх на одиницю врожаю. В науковій літературі ці питання щодо сої добре висвітлені. Зазначається, що найбільш інтенсивне надходження азоту в рослини сої відбувається у фазі цвітіння й формування бобів, фосфору – при формуванні бобів, калію – через 90-95 днів

після сходів [2, 16]. Встановлено також, що споживання, винос та ефективність використання елементів живлення соєю є досить мінливими залежно від умов зовнішнього середовища, технологічних заходів та інших чинників [28, 72, 170]. Проте закономірності споживання і витрати елементів живлення різними сортами сої, за різних заходів вирощування досліджені недостатньо. Тому вивчення цих питань є актуальним.

Наші дослідження показали, що на початкових етапах вегетації соя споживає невелику кількість елементів живлення. Так, до гілкування споживалось 39,2-52,9 кг/га азоту, 9,7-12,1 кг/га фосфору і 40,1-48,8 кг/га калію (табл. 5.3). Це становить відповідно 15,8-23,3%, 17,8-19,2 і 23,2-30,4% до максимального споживання за всю вегетацію (додаток К).

Найбільшу кількість азоту, фосфору і калію соя споживала після цвітіння, в період формування бобів і наливу насіння. До фази утворення бобів на удобреному фоні азоту споживалось 149,8-212,0 кг/га, фосфору – 31,3-48,6, калію – 100,6-151,5 кг/га, що становить відповідно 60,5-83,2%, 55,0-83,4 і 67,9-81,1%. Після формування бобів відбувалося ще значне споживання елементів живлення: азоту – 16,8-39,5%, фосфору – 16,6-45,0, калію – 18,9-32,1%. Це свідчить, що в цвітіння й пізніше важливо забезпечувати достатнє живлення рослин для кращого формування бобів та наливу насіння. Багато вчених зазначають, що для сої цей період є критичним по відношенню до елементів живлення [4, 16].

Споживання азоту, фосфору й калію рослинами сої відбувалося до повного наливання насіння. Після цього відбулося зменшення обсягів спожитих раніше елементів, що можна пояснити опаданням листя, відтоком частини цих елементів у ґрунт, витратами запасних речовин на інтенсивне дихання в умовах високих температур у період дозрівання.

Таблиця 5.3

Споживання азоту, фосфору і калію рослинами сої залежно від сорту та фону живлення, кг/га (середнє за 2015-2016 рр.)

| Сорт | Фон живлення | Фази розвитку рослин | | | | |
|---------------|--|----------------------|----------|-----------------|---------------|-----------------|
| | | гілкування | цвітіння | утворення бобів | налив насіння | повна стиглість |
| Азот | | | | | | |
| Аратта | без добрив | 39,2 | 92,2 | 149,8 | 247,0 | 169,4 |
| | інокуляція | 46,9 | 105,6 | 164,3 | 265,6 | 174,1 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 49,3 | 126,3 | 175,8 | 211,3 | 176,4 |
| Софія | без добрив | 39,4 | 112,5 | 150,1 | 242,5 | 153,0 |
| | інокуляція | 46,5 | 112,0 | 191,1 | 249,9 | 172,5 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 52,9 | 134,1 | 212,0 | 266,2 | 181,1 |
| Фосфор | | | | | | |
| Аратта | без добрив | 10,2 | 22,1 | 31,3 | 57,0 | 51,3 |
| | інокуляція | 10,3 | 24,0 | 34,9 | 60,1 | 46,9 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 10,5 | 25,3 | 38,5 | 54,5 | 50,4 |
| Софія | без добрив | 9,7 | 20,9 | 34,1 | 50,5 | 37,1 |
| | інокуляція | 12,1 | 25,7 | 41,7 | 45,4 | 49,9 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 11,0 | 30,4 | 48,6 | 58,2 | 54,0 |
| Калій | | | | | | |
| Аратта | без добрив | 41,6 | 80,3 | 100,6 | 148,2 | 94,6 |
| | інокуляція | 47,9 | 102,2 | 119,2 | 161,1 | 99,3 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 46,7 | 108,8 | 124,7 | 153,8 | 97,2 |
| Софія | без добрив | 40,1 | 90,6 | 114,0 | 145,4 | 81,5 |
| | інокуляція | 48,8 | 94,1 | 136,6 | 165,4 | 105,3 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 48,0 | 98,9 | 151,5 | 206,9 | 112,3 |

Винос азоту врожаєм сої складав 149,0-182,4 кг/га, фосфору – 39,3-58,9, калію – 86,3-114,0 кг/га і значною мірою залежав від сорту, фону живлення та норми висіву насіння (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Винос елементів живлення посівами сої залежно від сорту, добрив і норм висіву насіння, кг/га (середнє за 2015-2016 рр.)

| Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Азот | | Фосфор | | Калій | |
|--|-----------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | Аратта | Софія | Аратта | Софія | Аратта | Софія |
| без добрив | 400 | 150,0 | 149,0 | 51,9 | 39,3 | 98,1 | 86,3 |
| | 600 | 169,4 | 162,7 | 51,3 | 42,0 | 94,6 | 89,6 |
| | 800 | 155,5 | 163,5 | 44,5 | 42,7 | 90,0 | 88,9 |
| інокуляція | 400 | 164,0 | 179,8 | 46,1 | 52,1 | 97,9 | 105,3 |
| | 600 | 174,1 | 172,5 | 46,9 | 49,9 | 99,3 | 105,0 |
| | 800 | 161,2 | 172,7 | 44,8 | 52,0 | 92,7 | 100,0 |
| N ₃₀ P ₄₀ ⁺ інокуляція | 400 | 162,3 | 175,3 | 49,8 | 51,2 | 102,5 | 108,6 |
| | 600 | 182,4 | 181,5 | 52,0 | 58,9 | 101,8 | 114,0 |
| | 800 | 180,3 | 177,8 | 50,5 | 53,4 | 101,2 | 109,7 |
| N ₆₀ P ₄₀ ⁺ інокуляція | 400 | 176,7 | 169,0 | 49,8 | 54,9 | 106,6 | 109,5 |
| | 600 | 177,4 | 181,1 | 50,4 | 54,0 | 97,2 | 112,3 |
| | 800 | 163,9 | 169,7 | 49,7 | 50,0 | 101,7 | 104,7 |

Сорти сої Аратта і Софія найбільше виносили азоту, фосфору і калію у варіанті з інокуляцією насіння в поєднанні з мінеральними добривами в дозі N₃₀P₄₀ та нормі висіву насіння 600 тис./га. На цьому варіанті винос азоту сортом Аратта становив 182,4 кг/га, фосфору – 52,0 і калію – 101,8 кг/га, а сортом Софія – 181,5 кг/га, 58,9 і 114,0 кг/га, відповідно. Ці дані свідчать, що винос елементів живлення досліджуваними сортами досить близький.

Інокуляція насіння і мінеральні добрива стимулювали ростові процеси та накопичення більшої надземної маси рослин, внаслідок чого збільшувався винос NPK рослинами.

Підвищення норми висіву насіння з 400 до 800 тис./га призводило до збільшення виносу азоту, фосфору й калію обох сортів. Проте найбільший винос елементів живлення спостерігався за норми висіву 600 тис./га, а за норм висіву 400 і 800 тис./га схожого насіння – він був меншим.

На формування 1 т насіння соя витрочала азоту 53,0-64,5 кг, фосфору – 15,1-20,7, калію – 31,2-40,3 кг залежно від досліджуваних факторів (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

**Витрати азоту, фосфору і калію на формування 1т насіння сої
залежно від заходів її вирощування, кг/т (середнє за 2015-2016 рр.)**

| Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Азот | | Фосфор | | Калій | |
|--|-----------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | Аратта | Софія | Аратта | Софія | Аратта | Софія |
| без добрив | 400 | 61,1 | 57,0 | 20,7 | 15,1 | 39,7 | 31,2 |
| | 600 | 63,0 | 58,0 | 19,6 | 15,3 | 36,3 | 32,4 |
| | 800 | 60,7 | 57,1 | 17,4 | 15,1 | 34,7 | 31,6 |
| інокуляція | 400 | 62,2 | 53,0 | 17,4 | 18,7 | 36,8 | 37,7 |
| | 600 | 63,3 | 57,1 | 17,0 | 16,6 | 36,0 | 35,0 |
| | 800 | 59,4 | 56,5 | 16,5 | 17,2 | 34,1 | 33,2 |
| N ₃₀ P ₄₀ ⁺ інокуляція | 400 | 60,2 | 56,6 | 18,4 | 18,6 | 37,8 | 35,6 |
| | 600 | 60,9 | 56,0 | 18,7 | 18,4 | 36,5 | 35,4 |
| | 800 | 63,6 | 57,4 | 18,8 | 17,5 | 37,7 | 35,9 |
| N ₆₀ P ₄₀ ⁺ інокуляція | 400 | 64,1 | 55,2 | 18,7 | 18,1 | 40,1 | 36,2 |
| | 600 | 63,8 | 58,0 | 18,2 | 17,3 | 35,4 | 36,2 |
| | 800 | 64,5 | 58,4 | 19,7 | 17,4 | 40,3 | 36,3 |

Сорти не однаково використовували елементи живлення на формування одиниці врожаю. Сорт Софія на одну тонну насіння витрачав азоту, фосфору і калію менше, ніж Аратта. Так, у середньому в усіх варіантах досліді сорт Аратта на 1 т насіння витрачав азоту 62,2 кг, фосфору – 18,4, калію – 37,1 кг, а сорт

Софія – 57,5, 17,1 і 34,7 кг, відповідно. Отже, сорт Софія на ці цілі використовував елементи живлення більш економно, ніж Аратта, в якій більша частка виносу, ніж у Софії, припадала на стебла.

На фоні найвищої продуктивності посіву витрати азоту на 1 т насіння сортом Аратта становили 63,3 кг, фосфору – 17,0, калію – 36,0 кг, а сортом Софія азоту – 56,0 кг, фосфору – 18,4, калію – 35,4 кг.

При внесенні добрив витрати всіх елементів живлення на тонну насіння збільшувались, порівняно з варіантом без добрив. При цьому, чим більша вносились доза добрив, тим менш ефективно вони витрачались. Це пояснюється тим, що добрива збільшували винос поживних речовин, але майже не підвищували врожай насіння, тому на тонну насіння припадало більше NPK.

Для визначення оптимального живлення сої на полях з різними запасами NPK у ґрунті та управління живленням рослин необхідно знати коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту та мінеральних добрив [8, 93]. Але це питання на сої в умовах зрошення залишається малодослідженим. Для визначення доз добрив для сої на півдні України прийняті такі коефіцієнти використання елементів живлення із ґрунту: азоту – 75,0%, фосфору – 60, калію – 20%, а з добрив – відповідно 70,0%, 25,0 і 50,0% [4, 96, 170]. Разом із тим відомо, що розміри використання культурами поживних речовин з ґрунту і добрив не сталі, а досить мінливі й значною мірою залежать від факторів зовнішнього середовища, водозабезпеченості посівів, фону живлення, сорту тощо [93, 203]. В наукових працях інших держав по сої наводяться дуже різні коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту: азоту – в межах 18-76%, фосфору – 9-60, калію – 6-26%, з добрив – 30-90, 25-45, 50-100%, відповідно [77, 86, 152, 171].

Наші дослідження показали, що споживання азоту рослинами сої відбувається в основному за рахунок симбіотичного азоту (азотфіксації), менше – з ґрунту і ще менше – за рахунок мінеральних добрив. Із ґрунту рослини використали азоту в середньому 64,0 кг/га, за рахунок азотфіксації – 102-111, а з добрив – 7-16 кг/га. У відсотках це становить відповідно 35,2%, 56-63 і 3,8-8,8%.

Отже, з добрив азоту використовувалося не більше 10%, а решта 90% – за рахунок азотфіксації та з ґрунту. Ці дані свідчать, що кількість азоту, якого не вистачає для підтримання потреб сої, невелика і може бути забезпечена за рахунок добрив. Натомість споживання фосфору й калію відбувалося переважно за рахунок поживних речовин ґрунту. Так, фосфору з ґрунту використовувалося в середньому 45,9-51,3 кг/га, калію – 88,3-94,2 кг/га, а з добрив фосфору споживалося лише 4,0-4,8 кг/га. Враховуючи, що після цвітіння основним джерелом азотного живлення сої стає азотфіксація, то азот ґрунту і добрив рослини сої використовують переважно в період вегетативного росту.

Визначення коефіцієнтів використання елементів живлення показало, що рослини сої засвоюють тільки частину тієї кількості рухомих форм поживних речовин, що містяться в ґрунті і добривах. Коефіцієнт використання рослинами елемента живлення з ґрунту показує частку його виносу врожаєм по відношенню до кількості елемента в ґрунті, виражену у відсотках. Розрахунки показують, що із ґрунту соя використовувала весь нітратний азот (64 кг/га), а винос азоту (на варіанті "інокуляція насіння") становив у середньому 166,4-175,0 кг/га, то ж різниця 102,4-111,0 кг/га це азот використаний за рахунок азотфіксації, що становить 61,5-63,4% до виносу його за всю вегетацію (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

Використання соєю симбіотичного азоту та рівень забезпечення її потреб в азоті залежно від сорту, норми висіву насіння і фону живлення (середнє за 2015-2016 рр.)

| Норма висіву, тис./га | Винос азоту за інокуляції насіння, кг/га | | Використано симбіотичного азоту, кг/га | | Частка симбіотичного азоту в загальному споживанні, % на фоні | | | |
|-----------------------|--|-------|--|-------|---|-------|--|-------|
| | | | | | інокуляції | | інокуляція + N ₃₀ P ₄₀ | |
| | Аратга | Софія | Аратга | Софія | Аратга | Софія | Аратга | Софія |
| 400 | 164,0 | 179,8 | 100,0 | 115,8 | 61,0 | 64,4 | 61,6 | 66,1 |
| 600 | 174,1 | 172,5 | 110,1 | 108,5 | 63,2 | 62,9 | 60,4 | 59,8 |
| 800 | 161,2 | 172,7 | 97,2 | 108,7 | 60,3 | 62,9 | 53,9 | 61,1 |
| Середнє | 166,4 | 175,0 | 102,4 | 111,0 | 61,5 | 63,4 | 58,6 | 62,3 |

Ці дані свідчать, що соя використовувала в середньому 102,4-111,0 кг/га біологічного азоту і за рахунок азотфіксації забезпечувала свої потреби в азоті на 61,5-63,4%. Вони досить близькі до даних R.J. Rennie et al, де зазначається, що загальна кількість фіксованого азоту соєю становить 82-115 кг/га [203].

Частка симбіотичного азоту в живленні сої залежала від сорту, фону живлення і густоти стояння рослин. Сорт Софія за рахунок азотфіксації забезпечував свої потреби в азоті дещо більше (62,3-63,4%), ніж Аратта (58,6-61,5%). Отже, соя в середньому 37-41% своєї потреби в азоті використовувала з ґрунту і добрив, а решту потреби – 58,6-63,4% компенсувала за рахунок азотфіксації. Аналогічні дані одержало багато вчених, які дійшли висновку, що за рахунок азотфіксації соя забезпечує свої потреби в азоті на 60-70% і навіть більше [4, 16, 203], що співпадає з нашими даними.

Аналіз експериментальних даних показав також, що частка симбіотичного азоту в живленні сої зменшувалась при внесенні азотних добрив і загущенні посіву. Це пояснюється негативним впливом азотних добрив та загущення посіву на формування бульбочок та їх активність.

Коефіцієнт використання рухомого фосфору з ґрунту сортом Аратта в середньому становив 28,8%, сортом Софія – 32,5, а обмінного калію – 5,7 і 6,2 %, відповідно (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Коефіцієнти використання соєю фосфору і калію з ґрунту залежно від сорту та норми висіву насіння,% (середнє за 2015-2016 рр.)

| Норма висіву, тис./га | Використано з ґрунту,% | | | |
|-----------------------|------------------------|-------|--------|-------|
| | фосфору | | калію | |
| | Аратта | Софія | Аратта | Софія |
| 400 | 28,9 | 32,7 | 5,8 | 6,3 |
| 600 | 29,4 | 32,3 | 5,9 | 6,3 |
| 800 | 28,1 | 32,6 | 5,5 | 6,0 |
| Середнє | 28,8 | 32,5 | 5,7 | 6,2 |

Встановлено, що розміри використання поживних речовин з ґрунту залежать від сорту. Сорт Софія використовував фосфор і калій дещо повніше, ніж Аратта. Низькі коефіцієнти використання фосфору і калію з ґрунту значною мірою обумовлені високими запасами цих елементів живлення в ґрунті (фосфору 159,4 кг/га, калію – 1677 кг/га). Нижчі коефіцієнти використання того елемента, вміст якого в ґрунті вищий. Отже, коефіцієнти використання елементів живлення залежать також від вмісту їх у ґрунті.

Розміри споживання рослинами сої поживних речовин з добрив залежали від сорту, норми висіву і дози внесених добрив. Залежно від цих факторів коефіцієнти використання елементів живлення з добрив коливались у широких межах: азоту – від 23,8 до 66,0%, фосфору – від 10,1 до 30,4% (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

Коефіцієнти використання соєю азоту і фосфору з мінеральних добрив залежно від сорту та дози добрив, % (середнє за 2015-2016 рр.)

| Фон живлення | Використано з добрив, % | | | |
|---------------------------------|-------------------------|-------|---------|-------|
| | азоту | | фосфору | |
| | Аратта | Софія | Аратта | Софія |
| N ₃₀ P ₄₀ | 55,7 | 66,0 | 12,1 | 30,4 |
| N ₆₀ P ₄₀ | 23,8 | 24,8 | 10,1 | 29,1 |

При збільшенні дози мінеральних добрив показники споживання поживних речовин з добрив суттєво знижувались. Так, за дози N₃₀P₄₀ коефіцієнти використання азоту склали 55,7-66,0%, фосфору – 12,1-30,4, а за дози N₆₀P₄₀ – 23,8-24,8 і 10,1-29,1%, відповідно. Це підтверджується рядом вчених, які зазначають, що засвоєння азоту з добрив, за високої його дози, знижується і становить 19-31%, залежно від сорту [203].

Сорти по-різному використовували елементи живлення з добрив. Так, за дози добрив N₃₀P₄₀ сорт Софія використовував 66,0% азоту і 30,4% фосфору, а сорт Аратта – значно менше – 55,7 і 12,1%, відповідно. Звертає на себе увагу той факт, що сорт Софія засвоює фосфору з добрив значно більше, ніж Аратта. Тому

сортів особливості живлення, а також значну мінливість коефіцієнтів важливо враховувати при визначенні оптимального удобрення сої для одержання запланованого врожаю. При цьому необхідно використовувати не середні коефіцієнти, а прогнозовані, з урахуванням їх мінливості від фону живлення, сорту та інших факторів, а також враховувати забезпечення потреб сої в азоті на 60% і більше за рахунок азотфіксації.

5.3 Поглинання та використання сонячної енергії посівами сої

Одним з найважливіших факторів, які визначають продуктивність рослин, є сонячна енергія і, передусім, фотосинтетично активна радіація (ФАР) як джерело енергії для фотосинтезу та створення органічної речовини. Багато вчених зазначають, що для отримання високого врожаю будь-якої культури необхідно створювати такі посіви, які б могли якомога повніше поглинати ФАР та використовувати її на фотосинтез з найбільшим коефіцієнтом корисної дії (ККД) [114]. Проте на сої ці питання мало досліджені. Сонячна енергія, як фактор урожаю, при її вирощуванні не враховується, що не дає можливості реалізувати потенціал продуктивності існуючих сортів.

В науковій літературі зазначається, що поглинання і розміри використання сонячної енергії значною мірою залежать від технології вирощування культури [79, 166, 181, 213]. Ряд вчених вказують, що вузькорядний спосіб сівби сої створює кращі умови поглинання та використання сонячної енергії, порівняно з широкорядним, а мінеральні добрива сприяють накопиченню енергії та підвищують коефіцієнт використання ФАР [173, 213]. Відомо, що поглинута рослинами сонячна енергія витрачається головним чином на транспірацію і тепловіддачу (90-95%), а на фотосинтез – лише 1-5% [80]. За розрахунками, проведеними в Інституті зрощуваного землеробства НААН, посіви сої за врожайності 1,44-2,77 т/га використовували 1,2-2,3% енергії ФАР, яка надходила на посіви [70]. Близькі дані використання ФАР на сої (2,0-2,6%) отримані в РФ [117]. Проте наукових праць з даного питання дуже мало. Існуючі знання

закономірностей трансформації сонячної енергії в органічну речовину і зерно не дають можливості підняти ККД ФАР посівами сої навіть до 5%, за теоретично можливого рівня 20%. На зрошуваних землях України поглинання та використання сонячної енергії посівами сої залишаються практично не дослідженими. Тому ми вивчали ці питання на посівах сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння, з метою визначення заходів формування її посівів з високим рівнем поглинання та використання сонячної енергії.

Дослідження показали, що за період вегетації сої сортів Аратта і Софія на посіви надходить близько 1450 МДж/м² фотосинтетично активної радіації. Потреба рослин сої у ФАР коливається від 1260 до 1550 МДж/м², залежно від скоростиглості сорту [2]. В районі знаходження Херсонської метеостанції у травні надходить у середньому 335 МДж/м² ФАР, червні – 351, липні – 372, серпні – 309, вересні – 235 [121], що в сумі становить 1601 МДж/м². Отже, в цій зоні на посіви сої всіх груп стиглості надходить достатня кількість ФАР для забезпечення енергетичних потреб рослин.

Встановлено, що посіви сої поглинали 69-86% ФАР (коефіцієнт 0,69-0,86), яка надходила на посіви, відбивали (альbedo) 9,6-13,0%, пропускали до ґрунту 3,2-18,7% (табл. 5.9).

Поглинання ФАР та інші складові режиму сонячної радіації в посівах сої істотно залежали від сорту, фону живлення та густоти посіву. При цьому поглинання енергії найбільше залежало від густоти стояння рослин і площі листової поверхні. Доведено, що чим більша густина рослин, до відповідної межі, тим більше ФАР поглинали посіви. Так, посіви сорту Аратта без добрив за норми висіву 400 тис./га поглинали 69% ФАР, що надходила на рослини, а при 800 тис./га – 80%. Це обумовлено тим, що при загущенні посівів збільшувалася площа листової поверхні, внаслідок чого енергія ФАР поглиналася повніше.

Поглинання ФАР посівами сої знаходиться в прямій залежності від розміру листової поверхні. Коефіцієнт кореляції між площею листа і розмірами поглинання ФАР становив 0,86-0,94.

Таблиця 5.9

Коефіцієнти поглинання ФАР та інші показники радіаційного режиму посівів сої за різних заходів вирощування (середнє за 2015-2017 рр.)

| Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Альbedo посіву, % | | Проникало ФАР до ґрунту, % | | Коефіцієнт поглинання ФАР | |
|---|-----------------------|-------------------|-------|----------------------------|-------|---------------------------|-------|
| | | Аратта | Софія | Аратта | Софія | Аратта | Софія |
| без добрив | 400 | 11,5 | 9,6 | 15,6 | 18,7 | 0,69 | 0,72 |
| | 600 | 13,0 | 12,6 | 12,2 | 12,3 | 0,75 | 0,75 |
| | 800 | 11,9 | 11,4 | 8,8 | 11,9 | 0,80 | 0,77 |
| інокуляція | 400 | 10,4 | 11,2 | 5,3 | 5,6 | 0,84 | 0,84 |
| | 600 | 11,0 | 10,0 | 5,0 | 4,5 | 0,84 | 0,85 |
| | 800 | 10,9 | 10,5 | 3,5 | 3,4 | 0,86 | 0,85 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 11,3 | 11,5 | 7,9 | 5,6 | 0,82 | 0,83 |
| | 600 | 10,8 | 9,9 | 3,9 | 4,0 | 0,86 | 0,86 |
| | 800 | 12,2 | 11,5 | 5,6 | 3,2 | 0,83 | 0,85 |
| NIP ₀₅ для коефіцієнтів поглинання ФАР: сорт – 0,04, фон живлення – 0,04, норми висіву – 0,03. | | | | | | | |

Поглинання ФАР зростало в міру збільшення площі листя до 36 тис. м²/га і становило 69%, при 42 тис. м²/га у сорту Аратта і біля 50 тис. м²/га у сорту Софія, досягало максимального рівня – 83-86%. За літературними даними зелене листя поглинає близько 85% ФАР, залежно від концентрації хлорофілу [195].

Подальше збільшення площі листя не призводило до збільшення коефіцієнта поглинання ФАР, оскільки погіршувалось освітлення в посівах, що обумовило зниження продуктивності фотосинтезу рослин. Розмір поглинання залишався на тому ж рівні – 83-86%. Крива поглинання виходила на плато світлового насичення. Отже, максимум поглинання ФАР посівами сої (83-86%) досягається за площі листя 42-46 тис. м²/га (рис. 5.1).

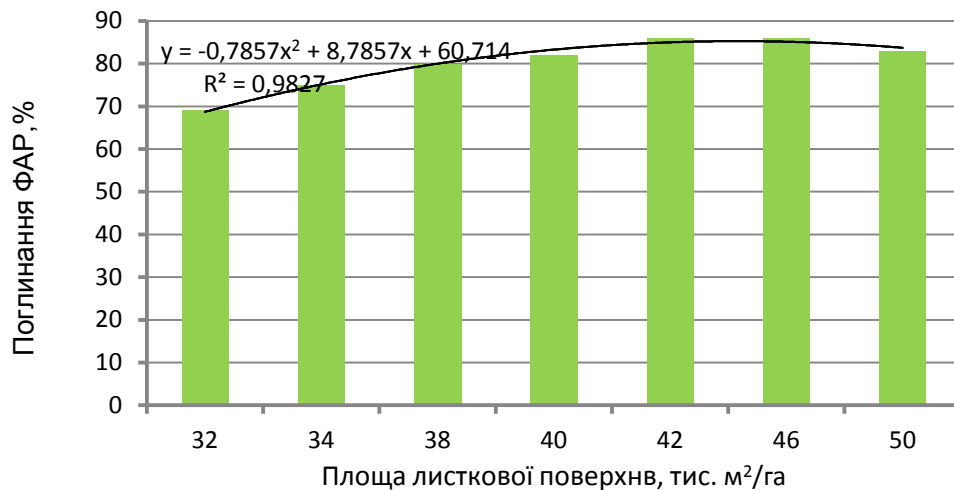


Рис. 5.1 Залежність розміру поглинання ФАР посівами сої від площі листкової поверхні. Сорт Софія (середнє за 2015-2017 рр.)

За іншими даними максимальне поглинання ФАР сої відбувається за площі листкової поверхні 45 тис. м²/га, а збільшення її перестав підвищувати поглинання, швидкість росту рослин і не призводить до зростання врожайності [206, 209]. Одержані нами дані свідчать, що при намаганні підвищити урожайність сої за рахунок збільшення площі листя вище оптимальної, ми стикаємося з рядом обмежуючих чинників: зниження освітленості в посівах, а, отже, й інтенсивності фотосинтезу та наростання конкуренції за фактори життєдіяльності рослин. Тому для максимального поглинання ФАР важливо дотримуватись оптимальних параметрів листкової поверхні.

Регресійний аналіз даних показав, що крива залежності поглинання ФАР від площі листя описується рівнянням параболі другого порядку, яке для сорту Аратта має вигляд

$$y = -464,3 + 23,96x - 0,262x^2, \quad R^2 = 0,98$$

для сорту Софія рівняння має вигляд

$$y = -486,0 + 20,50x - 0,182x^2 \quad R^2 = 0,74$$

де y – поглинання ФАР, %; x – площа листкової поверхні, тис. м²/га.

Отже, однією з основних умов для максимального поглинання посівами сої сонячної енергії є формування рослинами оптимальної площі листкової поверхні. При цьому для сої важливо, щоб листкова поверхня забезпечувала максимальне поглинання ФАР з початком цвітіння. Ряд вчених зазначають, що темпи росту й урожайність сої знижуються, якщо з початком репродуктивного

періоду площа листя не забезпечує максимального поглинання сонячної радіації [197].

На засвоєння енергії ФАР посівами сої помітно впливав також фон живлення. Так, без добрив посіви обох сортів поглинали 69-80% ФАР, що надходила на посіви, а при інокуляції насіння цей показник збільшувався до 84-86%. Ряд вчених зазначають, що поліпшення мінерального живлення рослин, особливо азотом, сприяє різкому підвищенню поглинання листками сонячної радіації, внаслідок більшої кількості хлорофілу в листках [61]. В наших дослідках поглинання ФАР залежало більше від інокуляції насіння, ніж від мінеральних добрив. Це можна пояснити тим, що за інокуляції насіння сої азотні добрива мало покращували азотне живлення рослин та їх розвиток, а також пригнічували ріст і функціонування бульбочок.

Аналіз складових радіаційного режиму показує, що відбуваються значні втрати енергії ФАР посівами сої, залежно від агротехнічних заходів вирощування. Досить значна частина ФАР – 9,6-13,0%, що надходила на посіви сої, відбивалась від рослин і розсіювалась у навколишньому просторі. При цьому альbedo збільшувалось у міру загушення посіву та зімкненості стеблостою. Так, на посівах сорту Аратта без добрив за норми висіву 400 тис./га альbedo становило 11,5%, а за норми 600-800 тис./га – 11,9-13,0%.

Добрива також впливали на альbedo посівів. На удобрених посівах сорту Аратта менше відбивалось і втрачалось ФАР, ніж без добрив. Так, на неудобрених посівах цього сорту альbedo становило 11,5-13,0%, а на фоні інокуляції – 10,4-11,0%, що можна пояснити більшим вмістом хлорофілу в листках сої та кращим поглинанням ними сонячної енергії.

Ще більшим джерелом втрат енергії, що надходить на посіви сої, є частка ФАР, що проникає через посів до ґрунту. Після змикання травостою до ґрунту проникало від 3,2 до 18,7% видимих променів, які поглинались ґрунтом, нагрівали його, проте для рослин втрачались. На посівах сорту Софія ці втрати сягали до 18,7%. При цьому чим рідшим був посів, тим більше ФАР проникало до ґрунту та втрачалось. За інокуляції насіння та внесення добрив вказані втрати ФАР посівами обох сортів сої помітно зменшувались і становили 3,2-7,9%,

внаслідок збільшення надземної маси і площі листя рослин, що сприяло росту поглинання сонячної енергії.

Кращі умови для поглинання сонячної енергії посівами сої сортів Аратта і Софія складались за норми висіву насіння 600 тис./га та його інокуляції. За таких умов рослини сої поглинали 85-86% ФАР від тієї, що надходила на посіви. При більшому загущенні посівів нижні яруси листя сильно затінялись, жовтіли й частково відмирили, через те, що їм не вистачало енергії ФАР, необхідної для фотосинтезу. Одержані дані свідчать, що розмір поглинання ФАР посівами сої можна успішно регулювати агротехнічними заходами та доводити його до максимального значення. Це важливо тому, що між розмірами поглинання ФАР і врожайністю сої існує тісний кореляційний зв'язок – $r = 0,80-0,91$.

Проте важливий не тільки високий відсоток поглинання посівами ФАР, а й використання її для формування врожаю [114]. Наші дослідження показали, що за період вегетації сортів сої Аратта і Софія на її посіви надходило 13541-14042 ГДж/га фотосинтетично активної радіації, а кількість енергії, яка накопичена в урожаї, становила 331,6-480,0 ГДж/га. Рослини сої використовували на формування врожаю лише 2,44-3,42% сонячної енергії, яка надходила на посіви (табл. 5.10).

Використання ФАР посівами сої значною мірою залежало від агротехнічних заходів вирощування. Майже в усіх варіантах дослідів більш ефективно енергію ФАР використовували посіви сорту Софія. ККД_{ФАР} цього сорту становив 2,71-3,42%, а сорту Аратта – 2,44-3,38%. Ці дані свідчать, що для збільшення використання сонячної енергії посівами сої перевага належить сорту Софія.

Значно впливав на використання сонячної енергії також фон живлення. Так, без добрив ККД_{ФАР} складав 2,44-2,87%, інокуляція насіння сприяла підвищенню його до 2,99-3,38%, а внесення добрив $N_{30}P_{40}$ + інокуляція у сорту Аратта не підвищували цей показник, натомість у сорту Софія він сягав 3,42%. Збільшення дози добрив до $N_{60}P_{40}$ не сприяло подальшому підвищенню відсотка використання ФАР обох сортів, а навіть дещо знижувало його, порівняно з однією інокуляцією.

Таблиця 5.10

**Використання сонячної енергії ФАР посівами сої залежно від сорту,
фону живлення і норми висіву насіння (середнє за 2015-2017 рр.)**

| Фон живлення | Норма висіву, тис/га | Надійшло на посіви ФАР, ГДж/га | | Акумуляовано енергії в урожаї, ГДж/га | | Використано енергії ФАР, % (ККД _{ФАР}) [*] | |
|--|----------------------|--------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|---|-------|
| | | Аратта | Софія | Аратта | Софія | Аратта | Софія |
| без добрив | 400 | 13541 | 14042 | 331,6 | 381,1 | 2,44 | 2,71 |
| | 600 | 13541 | 14042 | 363,7 | 394,7 | 2,68 | 2,85 |
| | 800 | 13541 | 14042 | 362,2 | 402,8 | 2,66 | 2,87 |
| інокуляція | 400 | 13541 | 14042 | 416,5 | 419,4 | 3,06 | 2,99 |
| | 600 | 13541 | 14042 | 459,3 | 447,0 | 3,38 | 3,19 |
| | 800 | 13541 | 14042 | 427,1 | 419,7 | 3,15 | 3,01 |
| N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 13541 | 14042 | 397,1 | 412,6 | 2,93 | 2,95 |
| | 600 | 13541 | 14042 | 419,6 | 480,0 | 3,10 | 3,42 |
| | 800 | 13541 | 14042 | 398,6 | 436,2 | 2,95 | 3,12 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 13541 | 14042 | 406,8 | 417,2 | 3,0 | 2,99 |
| | 600 | 13541 | 14042 | 416,9 | 410,8 | 3,09 | 2,95 |
| | 800 | 13541 | 14042 | 360,6 | 386,0 | 2,67 | 2,77 |

НР₀₅ для акумуляованої енергії – 19,6 ГДж/га; для ККД_{ФАР} – 0,12%

Примітка: *ККД_{ФАР} – коефіцієнт корисної дії ФАР.

На використання сонячної енергії впливає також густина посіву. Найвищі показники використання ФАР на посівах обох сортів були за норми висіву 600 тис./га схожого насіння, а на зріджених (400 тис./га) і загущених (800 тис./га) ефективність використання ФАР знижувалася.

Статистичний аналіз показав, що між використанням ФАР і врожаєм сої існує тісна кореляційна залежність ($r = 0,81$). Тому для одержання високого врожаю сої важливо за допомогою комплексу агротехнічних заходів створювати

такі посіви, які б максимально поглинали й використовували сонячну енергію. Найбільш ефективно використовував енергію ФАР, з $KKД_{ФАР}$ 3,42%, сорт сої Софія за норми висіву 600 тис./га, на фоні живлення $N_{30}P_{40}$ + інокуляція насіння, а сорт Аратта – 3,38% на фоні інокуляції та норми висіву 600 тис./га.

Висновки з розділу 5:

1. На зрошуваних землях півдня України сумарне водоспоживання середньоранніх сортів сої Аратта і Софія становить 4864-5167 м³/га. Від сівби до цвітіння за добу посіви витрачають 36,4-39,0 м³/га води. Від цвітіння до формування бобів середньодобові витрати вологи збільшуються і сягають 42,8 м³/га. В період формування бобів до їх дозрівання добове водоспоживання сої знижується, але залишається ще досить високим – 17,4-25,3 м³/га. На формування 1 т насіння витрачається у середньому 1639-1935 м³ води. Сорт Софія ефективніше використовує воду, ніж Аратта. На формування 1 т насіння він витрачає води на 67-296 м³, або на 3,8-15,4% менше. Одним із заходів, які сприяють економному витрачання води рослинами сої, є оптимізація фону живлення. Інокуляція насіння сорту Софія в поєднанні з оптимальною дозою добрив зменшують витрати води на 226 м³/т, або на 12,1%.

2. Соя з урожаєм 3,0-3,2 т/га виносить 181-182 кг/га азоту, 52-59 фосфору і 102-114 кг/га калію. Найбільшу кількість елементів живлення вона споживає в період формування бобів і наливу насіння. Рослини сої споживають азот, в основному, за рахунок азотфіксації, менше з ґрунту і, ще менше – за рахунок мінеральних добрив. Із ґрунту азоту рослини використали в середньому 35,2%, за рахунок азотфіксації – 56-63, а з добрив – 3,8-8,8%. Споживання фосфору та калію відбувається переважно за рахунок запасів ґрунту. Соя використовує 102,4-111,0 кг/га біологічного азоту і за рахунок азотфіксації забезпечує свої потреби в азоті на 58,6-63,4%. Частка фіксованого з атмосфери азоту в живленні сої зменшується при внесенні азотних добрив і загущенні посіву.

3. Коефіцієнт використання рухомого фосфору з ґрунту сортом Аратта становив у середньому 28,8 %, сортом Софія – 32,5, а обмінного калію – 5,7 і

6,2%, відповідно. Коефіцієнти використання поживних речовин з добрив коливались у широких межах: азоту – від 23,8 до 66,0%, а фосфору – від 10,1 до 30,4% і залежали від умов року, сорту, густоти посіву та дози внесених добрив. При збільшенні дози мінеральних добрив розміри використання поживних речовин з добрив знижуються. Сорти по-різному використовують елементи живлення з добрив. За дози добрив $N_{30}P_{40}$ сорт Софія використовував 66,0% азоту і 30,4% фосфору, а сорт Аратта – 55,7 і 12,1%, відповідно.

4. На формування врожаю сорти не однаковою мірою витрачають елементи живлення. Сорт Аратта на 1 т насіння витрачав азоту в середньому 62,2 кг, фосфору – 18,4, калію – 37,1 кг, а сорт Софія – 57,5, 17,1 і 34,7 кг відповідно. При внесенні мінеральних добрив витрати всіх елементів живлення на 1 тону насіння збільшуються. Найбільш ефективно поживні речовини використовуються за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га.

5. Поглинання та використання фотосинтетично активної радіації (ФАР) посівами сої залежить від сорту, фону живлення і густоти стояння рослин, що дає можливість регулювати їх розміри. Поглинання ФАР знаходиться в тісній залежності від норми висіву і площі листкової поверхні ($r = 0,86-0,94$). Максимальне поглинання ФАР посівами сої становить 83-86% і досягається за площі листя 42-46 тис.м²/га, а збільшення її перестає підвищувати коефіцієнт поглинання. Значна частина ФАР відбивається від посівів (9,6-13,0%), проходить до ґрунту (3,2-18,7%) і не використовується рослинами. Кращі умови для поглинання сонячної енергії посівами сої сортів Аратта і Софія складаються за норми висіву 600 тис./га схожого насіння та його інокуляції.

6. На формування врожаю сої використовується 2,44-3,42% ФАР від тієї, що надходить на посіви. Між величиною $ККД_{ФАР}$ та врожаєм сої існує тісний кореляційний зв'язок ($r = 0,81$). Більш ефективно сонячну енергію використовують посіви сорту Софія – 2,71-3,42%. У сорту Аратта коефіцієнт корисної дії ФАР зменшувався до 2,44-3,38%.

Найбільш ефективно використовував енергію ФАР, з $ККД_{ФАР}$ 3,42%, сорт Софія за норми висіву 600 тис./га, на фоні живлення $N_{30}P_{40}$ + інокуляція насіння,

а сорт Аратта – 3,38% на фоні інокуляції та норми висіву 600 тис./га. Для одержання високого врожаю сої необхідно, за допомогою технологічних заходів, формувати такі посіви, які б максимально поглинали та використовували сонячну енергію.

Результати досліджень даного розділу опубліковані в статтях [56, 111, 118].

РОЗДІЛ 6

ВПЛИВ ФОНУ ЖИВЛЕННЯ, НОРМИ ВИСІВУ НАСІННЯ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ РІЗНИХ СОРТІВ СОЇ

6.1 Урожайність сої залежно від сорту, фону живлення та норми висіву насіння

Існуюча технологія вирощування сої на зрошуваних землях півдня України не повною мірою враховує біологічні особливості сортів, а з таких питань, як застосування азотних добрив, норм висіву насіння, способів сівби та інших елементів технології висновки вчених суперечливі. Одні з них дійшли висновку, що при зрошенні соя найвищий урожай забезпечує за дози добрив $N_{60}P_{60}$ та інокуляції насіння, а інші – зазначають, що оптимальною дозою добрив є $N_{90}P_{40}$ [29, 54]. З цього питання багато вчених вважають, що соя на зрошуваних землях високу врожайність здатна формувати за інокуляції насіння, без внесення азотних добрив [2, 16, 28, 138]. Досить поширеною є практика внесення невеликої стартової дози азотних добрив – N_{30} [176]. Отже, на сьогодні серед вчених немає єдиної позиції щодо застосування азотних добрив на сої, якщо проводиться інокуляція насіння.

Поки що нема єдиного бачення і того, як слід змінювати норму висіву сої залежно від фону живлення. Одні вважають, що для одержання високого врожаю на удобрених фонах норму висіву необхідно знижувати, а інші, навпаки, – збільшувати [133, 175].

Оптимізація всіх елементів технології для конкретного сорту дозволяє максимально реалізувати його урожайний потенціал [2, 16, 28]. Проте вплив технологічних заходів на врожайність сортів сої Аратта і Софія практично не досліджувався. Тому важливо було вивчити вплив інокуляції, мінеральних добрив і норм висіву насіння на продуктивність цих сортів та оптимізувати технологічні заходи їх вирощування, які б давали можливість максимально реалізувати врожайний потенціал вказаних сортів.

Дослідження показали, що врожайність сої значною мірою залежить від сорту, фону живлення, норм висіву насіння та погодних умов року (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Урожайність сої в роки досліджень залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння, т/га

| Сорт (фактор А) | Фон живлення (фактор В) | Норма висіву, тис./га (С) | Урожайність за роками, т/га | | | | ± до контролю по фактору, т/га | | |
|--------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|------|------|---------|-----------------------------------|----------------------|-----------------|
| | | | 2015 | 2016 | 2017 | середня | сорт | фон живлен- ня | норма висіву |
| Арагга | без добрив | 400 | 1,94 | 2,97 | 2,70 | 2,54 | - | - | - |
| | | 600 | 2,18 | 3,03 | 2,78 | 2,66 | - | - | +0,12 |
| | | 800 | 2,16 | 3,00 | 2,85 | 2,67 | - | - | +0,13 |
| | інокуляція | 400 | 2,32 | 2,98 | 3,15 | 2,82 | - | +0,28 | - |
| | | 600 | 2,64 | 2,87 | 3,60 | 3,04 | - | +0,38 | +0,22 |
| | | 800 | 2,57 | 2,86 | 3,04 | 2,82 | - | +0,15 | 0 |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 2,48 | 2,93 | 2,83 | 2,75 | - | +0,21 | - |
| | | 600 | 2,75 | 2,82 | 2,54 | 2,70 | - | +0,04 | -0,05 |
| | | 800 | 2,61 | 2,78 | 2,30 | 2,56 | - | -0,11 | -0,19 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 2,43 | 2,95 | 2,80 | 2,73 | - | +0,19 | - |
| | | 600 | 2,65 | 2,92 | 2,50 | 2,69 | - | +0,03 | -0,04 |
| | | 800 | 2,32 | 2,82 | 2,20 | 2,45 | - | -0,22 | -0,28 |
| Софія | без добрив | 400 | 2,16 | 3,12 | 2,10 | 2,46 | -0,08 | - | - |
| | | 600 | 2,43 | 3,24 | 2,40 | 2,69 | +0,03 | - | +0,23 |
| | | 800 | 2,49 | 3,26 | 2,51 | 2,75 | +0,08 | - | +0,29 |
| | інокуляція | 400 | 2,41 | 3,46 | 2,82 | 2,90 | +0,08 | +0,44 | - |
| | | 600 | 2,70 | 3,45 | 2,95 | 3,03 | -0,01 | +0,34 | +0,13 |
| | | 800 | 2,76 | 3,42 | 2,30 | 2,83 | +0,01 | +0,08 | -0,07 |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 2,65 | 3,64 | 2,51 | 2,93 | +0,18 | +0,47 | - |
| | | 600 | 2,83 | 3,75 | 3,02 | 3,20 | +0,50 | +0,51 | +0,27 |
| | | 800 | 2,77 | 3,48 | 2,60 | 2,95 | +0,39 | +0,20 | +0,02 |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 2,63 | 3,64 | 2,40 | 2,89 | +0,13 | +0,43 | - |
| | | 600 | 2,79 | 3,57 | 2,10 | 2,82 | +0,39 | +0,13 | -0,07 |
| | | 800 | 2,53 | 3,38 | 2,18 | 2,70 | +0,25 | -0,05 | -0,19 |
| НІР ₀₅ | для фактора А, т/га | | 0,13 | 0,28 | 0,26 | 0,08 | | | |
| | для фактора В, т/га | | 0,16 | 0,13 | 0,11 | 0,06 | | | |
| | для фактора С, т/га | | 0,15 | 0,25 | 0,07 | 0,06 | | | |

Під впливом цих факторів її врожайність змінювалась від 1,94 до 3,75 т/га, або на 1,81 т/га, у тому числі за рахунок елементів технології – на 41,4%, а 58,6% – за рахунок погодного фактора.

Досліджувані заходи по-різному впливали на формування врожаю сої. Статистичний аналіз трирічних даних показав, що частка впливу сорту у формуванні її врожаю становить 17%, фону живлення – 37, норм висіву насіння – 8, взаємодії сорту і фону живлення – 15, фону живлення і норми висіву – 14% (рис. 6.1).

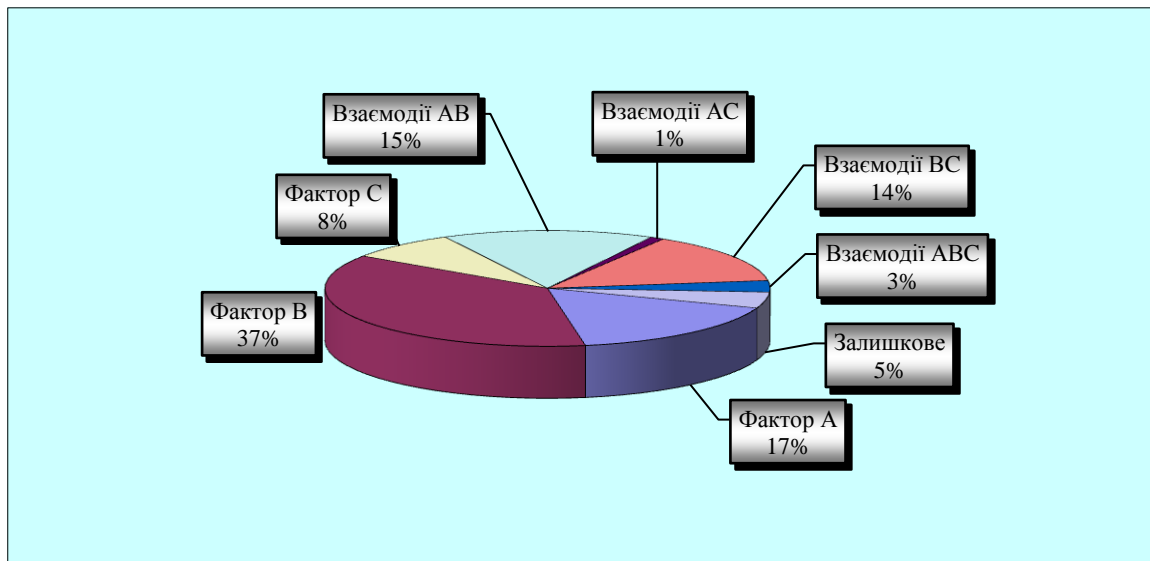


Рис. 6.1 Частка впливу досліджуваних факторів на врожай сої, %

Найвищу врожайність насіння, в середньому за три роки, формував сорт Софія, який перевищував сорт Аратта на 0,13-0,50 т/га, а в середньому на 0,16 т/га. Проте переваги в урожайності цього сорту були лише на удобрених фонах, а на інших варіантах ці сорти формували практично однаковий урожай. Це обумовлено тим, що сорт Аратта високорослий і на удобрених та загущених посівах у 2016 році вилягав, що не дало можливості повною мірою реалізувати потенціал продуктивності. Натомість у посушливому 2017 році сорт Аратта сформував урожайність у середньому на 0,28 т/га вищий, ніж сорт Софія. Це обумовлено тим, що він скоростигліший і формування та налив насіння проходили за більш сприятливих температур, ніж у Софії, у якої налив насіння

припадав на період з високими температурами і суховіями. Про значний вплив погодних умов року на врожайність сої відмічають багато вчених [13, 65].

Суттєву ефективність забезпечувала інокуляція насіння сої препаратом азотфіксуючих бактерій. Приріст урожаю від інокуляції складав 0,08-0,44 т/га. Сорти практично однаково реагували на цей захід. Так, інокуляція насіння сорту Аратта забезпечувала приріст врожаю 0,15-0,38 т/га, а Софія – 0,08-0,44 т/га, що складає до 14,6 -17,9%.

Приріст урожаю від інокуляції насіння спостерігався за всіх норм висіву. Проте із загушенням посіву ефективність її знижувалась. Так, за норми висіву сорту Софія 400 тис./га приріст урожайності від інокуляції складав 0,44 т/га, за норми 600 тис./га – 0,34 т/га, а за норми 800 тис./га – він зменшувався до 0,08 т/га. Аналогічна закономірність спостерігалась і на сорті Аратта. Отже, надмірне загушення посівів сої призводить до зниження ефективності інокуляції насіння. Це пояснюється тим, що із збільшенням густоти стояння рослин знижується освітленість у посіві, а відтак зменшується й інтенсивність фотосинтезу та надходження асимілятів до бульбочок. За даними ряду вчених, при збільшенні норми висіву сої зменшується кількість і маса бульбочок на її коренях [169]. За іншими даними при нестачі світла знижується на 60-80% нітрогеназна активність бульбочок [139]. Тому для одержання високої ефективності інокуляції сої слід дотримуватись оптимальної норми висіву.

На врожайність сої впливали також мінеральні добрива. Але сорти по-різному реагували на їх застосування (рис. 6.2). Сорт Аратта не забезпечував приросту врожаю від внесення добрив $N_{30-60}P_{40}$, порівняно з інокуляцією. Відсутність приросту врожаю від добрив обумовлена високим вмістом фосфору і калію в ґрунті, а потреба рослин в азоті задовольнялась за рахунок симбіотичної азотфіксації і частково запасів ґрунту. Більше того, внесення добрив $N_{30-60}P_{40}$ призводило до істотного зниження врожайності цього сорту на 0,07-0,37 т/га через вилягання посіву. Ці дані свідчать, що за інокуляції насіння сорту Аратта застосування азотних добрив є недоцільним. Результати дисперсійного аналізу даних урожайності середньої за 2015-2017 рр. наведені в додатку Л.

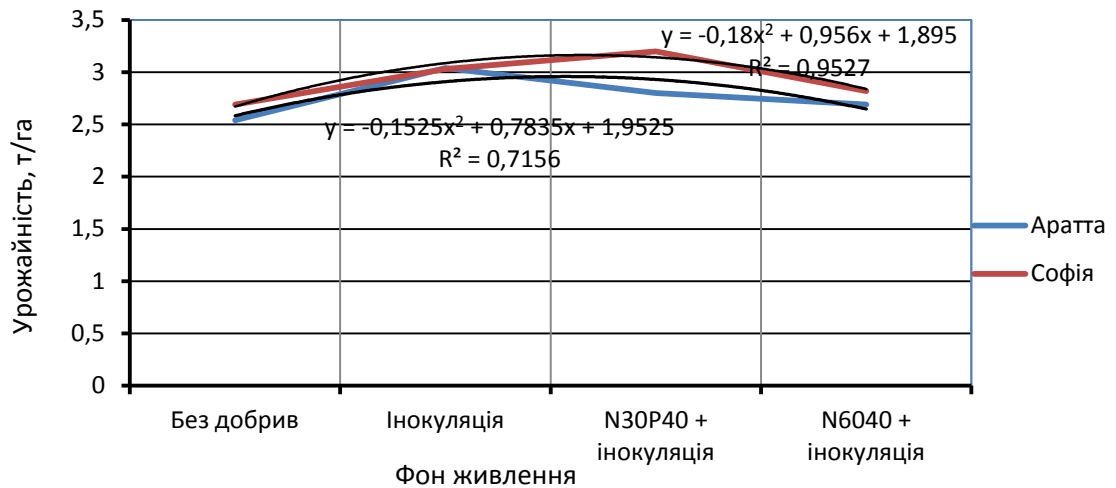


Рис. 6.2 Урожайність сої сортів Аратта і Софія залежно від фону живлення (середнє за 2015-2017 рр.)

Натомість сорт Софія давав достовірний приріст урожаю від мінеральних добрив $N_{30}P_{40}$ – до 0,17 т/га, порівняно з однією інокуляцією. Більш високі дози азотних добрив – $N_{60}P_{40}$ не забезпечували приріст урожаю порівняно з дозою $N_{30}P_{40}$, а навіть знижували його на 0,25-0,38 т/га за норми висіву 600 і 800 тис./га схожого насіння. Ці дані свідчать, що для оптимального живлення сої сорту Софія краще застосовувати інокуляцію насіння та вносити мінеральні добрива в дозі $N_{30}P_{40}$. Отже, обидва сорти високу врожайність забезпечують за інокуляції насіння без азотних добрив, а за їх внесення сорт Аратта не дає приросту врожаю, а сорт Софія забезпечує невеликий приріст. Така властивість сортів Аратта і Софія робить їх придатними для використання також в системі біологічного землеробства, де внесення азотних добрив не допускається.

Вивчення норм висіву насіння на різних фонах живлення показало, що сорт Аратта на неудобреному фоні, а також при інокуляції вищу врожайність забезпечував за норми висіву 600 тис./га, а на всіх удобрених фонах – за норми висіву 400 тис./га. Це пояснюється тим, що цей сорт на удобрених фонах формував велику надземну масу та за норм висіву 600 і 800 тис./га у 2016 році вилягав і знижував урожайність, тому кращі результати він забезпечував за меншої норми висіву. Доведено, що врожайність істотно знижувалась при загущенні посівів на високому фоні добрив.

Натомість стійкий до вилягання сорт Софія на всіх фонах живлення найвищу врожайність формував за норми висіву насіння 600 тис./га і лише на високому фоні добрив – $N_{60}P_{40}$ в поєднанні з інокуляцією, оптимальною була норма висіву 400 тис./га. На цьому фоні живлення збільшення норми висіву до 600 тис./га не сприяло підвищенню врожаю, а до 800 тис./га – призводило до його зниження. В цілому ж більше реагує на відхилення від оптимальної норми висіву сорт Аратта, ніж Софія, що обумовлено схильністю його до вилягання при загущенні посівів. Залежність оптимальної норми висіву досліджуваних сортів сої від фону живлення видно на рисунку 6.3.

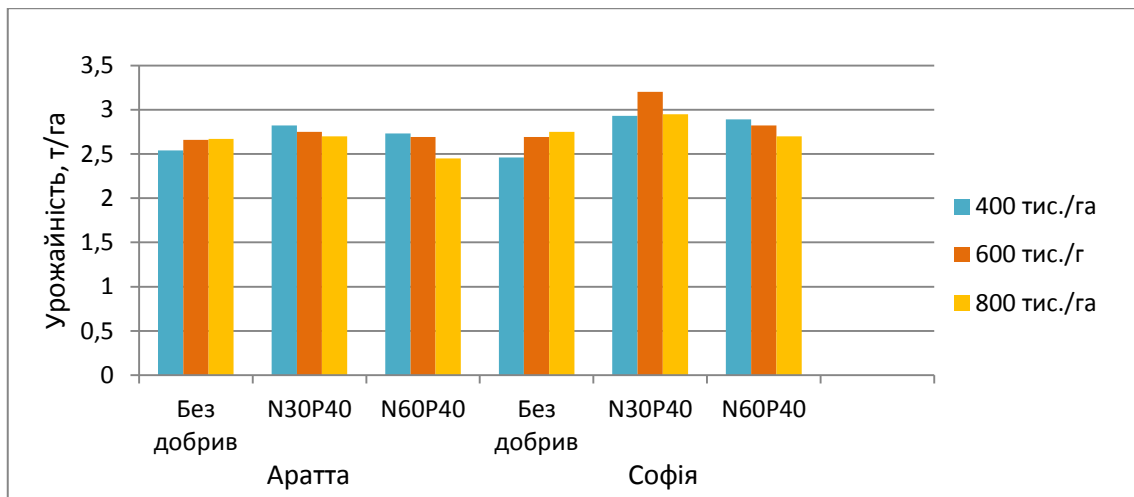


Рис. 6.3 Залежність урожайності сої сортів Аратта і Софія від норм висіву на різних фонах живлення (середнє за 2015-2017 рр.)

Одержані дані свідчать, що для реалізації врожайного потенціалу сорти сої Аратта і Софія потребують різних норм висіву, а оптимальна норма висіву сорту залежить від фону живлення. Із збільшенням дози азотних добрив норму висіву сої слід знижувати. Отже, сорт Софія найвищу врожайність – 3,20 т/га забезпечував за інокуляції насіння, внесення добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ і сівби нормою висіву 600 тис./га, а сорт Аратта – 3,04 т/га за інокуляції насіння і норми висіву 600 тис./га.

Регресійний аналіз даних показав, що залежність урожаю сої від фону живлення і норми висіву насіння описується рівняннями множинної лінійної регресії, які різні для сортів і мають вигляд:

$$\text{для сорту Аратта } y = 2,58 + 0,0014x_1 + 0,00004x_2 \quad R^2 = 0,84$$

$$\text{для сорту Софія } y = 2,79 + 0,0036x_1 + 0,00012x_2 \quad R^2 = 0,86$$

де y – урожайність, т/га; x_1 – доза азотних добрив, кг/га д. р. (інокуляція прирівняна до ефективності N_{30}); x_2 – норма висіву насіння, тис./га.

Ці рівняння достатньо точно відображають вплив добрив і норми висіву на врожайність сої. Відхилення теоретичного від фактично одержаного врожаю не перевищує 10%. Рівняння дають можливість визначати необхідну дозу добрив і норму висіву насіння для одержання запланованого врожаю сої, а також прогнозувати її врожайність.

6.2 Урожайність сої за використання регуляторів росту рослин

Значним резервом підвищення врожаю та поліпшення якості насіння сої є застосування сучасних високоефективних регуляторів росту рослин, мікроелементів та їх комплексів.

Багато вчених зазначають, що застосування сучасних високоефективних регуляторів росту покращує життєдіяльність рослин, стимулює фотосинтетичні процеси, ріст і розвиток рослин, підвищує стійкість до несприятливих погодних умов, стресів, хвороб і забезпечує підвищення врожайності на 0,3-0,4 т/га [30, 52, 202]. Регулятори росту рослин позитивно впливають також на формування бульбочок і процес азотфіксації сої [52, 128]. Тому в останні роки, для одержання високих урожаїв сої все більшого значення набувають дослідження щодо ефективності застосування біологічних і хімічних препаратів у сучасних технологіях її вирощування. Проте на сортах сої нового покоління ці питання досліджені недостатньо. Пошук нових високоефективних регуляторів росту рослин та їх поєднань з мікроелементами, які істотно підвищують продуктивність сої, є актуальною науковою проблемою. Виходячи з цього, ставилася мета вивчити вплив регуляторів росту рослин, мікроелементів, солей гумінових і фульвових кислот, а також комплексу регуляторів з мікроелементами на ріст, розвиток та продуктивність нових сортів сої з тим, щоб

активізувати ростові процеси, протистояти стресам і повніше реалізувати врожайний потенціал культури.

Дослідження показали, що всі препарати, які вивчались у досліді, забезпечували істотний приріст урожайності сої – 0,11-0,41 т/га (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Урожайність сої залежно від впливу регуляторів росту рослин, т/га

| Сорт (фактор А) | Препарат (фактор В) | Урожайність сої за роками, т/га | | | Середня | Прибавка врожаю від препаратів, т/га |
|--|------------------------|---------------------------------|------|------|---------|---|
| | | 2015 | 2016 | 2017 | | |
| Аратга | контроль | 1,98 | 2,43 | 2,50 | 2,30 | - |
| | Нановіт | 2,08 | 2,63 | 2,52 | 2,41 | 0,11 |
| | Наномікс | 2,29 | 2,66 | 2,80 | 2,58 | 0,28 |
| | Мегафол | 2,34 | 2,70 | 2,91 | 2,65 | 0,35 |
| | Гуміфілд | 2,21 | 2,57 | 2,98 | 2,59 | 0,29 |
| Софія | контроль | 1,96 | 3,09 | 2,30 | 2,45 | - |
| | Нановіт | 2,07 | 3,17 | 2,60 | 2,61 | 0,16 |
| | Наномікс | 2,41 | 3,42 | 2,58 | 2,80 | 0,35 |
| | Мегафол | 2,37 | 3,49 | 2,72 | 2,86 | 0,41 |
| | Гуміфілд | 2,09 | 3,21 | 2,86 | 2,72 | 0,27 |
| НІР ₀₅ для сортів, т/га | | 0,60 | 0,45 | 0,07 | 0,06 | |
| НІР ₀₅ для препаратів, т/га | | 0,19 | 0,21 | 0,05 | 0,09 | |

При цьому препарати по-різному впливали на формування її врожаю. На обох сортах найбільший приріст урожайності насіння – 0,35-0,41 т/га забезпечував регулятор росту рослин Мегафол. Високу його ефективність можна пояснити тим, що він сприяв рослинам переносити стреси та посилював стійкість до несприятливих умов середовища. Наномікс забезпечував дещо менший приріст урожайності – 0,28-0,35 т/га, ніж Мегафол, але різниця була не істотною. Менший приріст урожайності забезпечував комплекс мікроелементів: препарат Нановіт – 0,11-0,16 т/га і ростова речовина Гуміфілд – 0,27-0,29 т/га.

Проте слід зауважити, що в умовах критичних температур і суховіїв у 2017 році найбільший приріст урожайності обох сортів сої – 0,48-0,56 т/га забезпечував препарат Гуміфілд. Це можна пояснити тим, що Гуміфілд чинив антистресовий вплив на рослини сої і тим покращував їх продукційні процеси. В інші роки він забезпечував менший приріст урожаю.

Реакція сортів на досліджувані препарати була практично однаковою. Можна лише відмітити, що препарати Нановіт, Наномікс і Мегафол дещо більший приріст врожайності забезпечували на сорті Софія, але ця різниця не виходить за межі НІР.

6.2 Хімічний склад насіння сої за різних заходів вирощування

Соя відзначається цінним хімічним складом та високими поживними і кормовими якостями. Насіння сої цінується за високий вміст білка й олії. Чим їх більше, тим вище його поживна і технологічна цінність. Останніми роками інтенсивно розвивається переробна промисловість сої на кормові та харчові цілі, тому швидко зростає попит на високоякісне її насіння. Природні умови півдня України сприятливі для вирощування сої з високими показниками якості. Проте при поливах у насінні сої накопичується менше білка і жиру, ніж без зрошення [25, 54, 64]. Тому підвищення врожаю сої за рахунок зрошення, з одночасним покращенням показників якості насіння, на сьогоднішній день є важливою, але не вирішеною науковою проблемою.

В наукових працях зазначається, що показники якості сої досить мінливі і залежать від погодних умов, сорту, технології вирощування тощо. Встановлено, що на вміст сирого протеїну в насінні найбільше впливають сортові особливості (51,2%), погодні умови (28,7%); на вміст жиру – сортові особливості (85,4%), погодні умови (28,7%), норма висіву насіння (6,4%) [115].

За допомогою агротехнічних заходів можна істотно змінювати фізичні показники та хімічний склад сої [2, 16, 35]. На якість насіння значно впливає водозабезпеченість рослин. Проте одні вчені зазначають, що при зрошенні вміст

білка в сої зменшується, а жиру – збільшується [28, 54], а інші стверджують, що при поливах сої вміст білка і жиру в насінні – зменшується [25, 64].

Що стосується впливу норм висіву на якість сої, висновки вчених також неоднозначні. Одні стверджують, що із збільшенням густоти стояння рослин вміст білка в сої знижується, а жиру – зростає [2]. Інші автори зазначають, що збільшення норм висіву сприяє підвищенню вмісту протеїну та зменшенню вмісту жиру [22, 115]. Отже, питання високої якості сої в умовах зрошення вивчені недостатньо, тому важливо було дослідити вплив різних технологічних заходів її вирощування на хімічний склад насіння сої та визначити ті з них, які забезпечують одержання насіння з високим вмістом білка і жиру.

Наші дослідження показали, що на хімічний склад насіння сої впливають сорт, фон живлення та норма висіву. Залежно від цих факторів вміст білка в насінні змінювався від 31,1 до 34,0%, жиру – від 20,8 до 23,0%, цукру – від 6,7 до 8,2%, крохмалю – від 5,7 до 7,3%, клітковини – від 5,9 до 8,8% (табл. 6.3).

Ці дані свідчать, що вміст білка в насінні сої був не високий і становив 31-34%. Це можна пояснити тим, що при зрошенні висока вологість ґрунту в період наливу і дозрівання насіння стимулює фотосинтез, внаслідок чого переважає накопичення в насінні вуглеводів.

Встановлено, що фон живлення мало впливав на вміст білка в насінні сої. Найбільше білка в насінні сортів Аратта і Софія містилося за інокуляції насіння, а внесення мінеральних добрив $N_{30}P_{40}$ і $N_{60}P_{40}$ не призводило до подальшого суттєвого збільшення його вмісту. Так, у сорту Софія без добрив, в середньому за трьох норм висіву, в насінні було 32,97 % білка, при інокуляції – 33,52, а на фоні інокуляції з добривами 32,92-33,11%. Аналогічний вплив фону живлення спостерігався і в сорту Софія.

Норми висіву також впливали на вміст білка в насінні сої. В сорту Аратта найбільше білка в насінні містилось за норми висіву 600 тис. насінин на 1 га, а зменшення її до 400, або збільшення до 800 тис./га дещо погіршувало накопичення його в насінні. Так, за норми висіву 400 тис./га вміст білка

становив відповідно 31,2-34,0%, при 600 тис./га – 32,0-33,9%, при 800 тис./га – 31,6-33,7%, залежно від фону живлення.

Таблиця 6.3

Хімічний склад сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння (середнє за 2015-2017 рр.)

| Сорт | Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Вміст у насінні, % | | | | | |
|---|---|-----------------------|--------------------|------|-------|-----------|-------------|-----|
| | | | білка | жиру | цукру | крох-малю | кліткови-ни | |
| Аратга | без добрив | 400 | 31,2 | 21,0 | 7,4 | 6,6 | 6,3 | |
| | | 600 | 32,0 | 21,0 | 7,2 | 7,3 | 8,4 | |
| | | 800 | 31,6 | 20,8 | 6,8 | 6,8 | 7,2 | |
| | інокуляція | 400 | 34,0 | 21,2 | 7,7 | 5,9 | 6,9 | |
| | | 600 | 33,9 | 21,0 | 7,5 | 5,9 | 8,5 | |
| | | 800 | 31,1 | 21,3 | 7,5 | 7,3 | 6,8 | |
| | N ₃₀ P ₄₀ ⁺ інокуляція | 400 | 31,5 | 21,3 | 7,5 | 6,8 | 7,5 | |
| | | 600 | 33,1 | 21,7 | 7,9 | 6,5 | 7,9 | |
| | | 800 | 33,3 | 21,7 | 7,4 | 6,8 | 7,3 | |
| | N ₆₀ P ₄₀ ⁺ інокуляція | 400 | 33,4 | 21,9 | 7,8 | 5,7 | 6,4 | |
| | | 600 | 33,8 | 21,6 | 7,8 | 6,7 | 7,1 | |
| | | 800 | 33,7 | 21,2 | 7,3 | 6,8 | 5,9 | |
| | Софія | без добрив | 400 | 32,8 | 22,6 | 6,7 | 6,5 | 7,9 |
| | | | 600 | 33,1 | 22,4 | 7,6 | 7,1 | 7,6 |
| | | | 800 | 33,0 | 22,8 | 7,9 | 6,3 | 7,5 |
| інокуляція | | 400 | 33,5 | 23,0 | 8,0 | 6,1 | 8,8 | |
| | | 600 | 33,1 | 22,4 | 7,5 | 6,1 | 8,4 | |
| | | 800 | 33,9 | 22,2 | 8,2 | 5,9 | 7,1 | |
| N ₃₀ P ₄₀ ⁺ інокуляція | | 400 | 32,8 | 22,2 | 7,8 | 6,6 | 8,6 | |
| | | 600 | 33,2 | 22,8 | 8,0 | 6,4 | 7,9 | |
| | | 800 | 33,4 | 22,3 | 7,6 | 6,4 | 8,6 | |
| N ₆₀ P ₄₀ ⁺ інокуляція | | 400 | 32,2 | 22,6 | 7,7 | 6,3 | 7,6 | |
| | | 600 | 33,3 | 21,7 | 7,7 | 5,8 | 7,3 | |
| | | 800 | 33,3 | 22,4 | 7,5 | 6,0 | 7,7 | |

На сорті Софія норма висіву мало впливала на вміст білка в насінні, що можна пояснити меншою висотою рослин та конкуренцією в посівах упродовж вегетації. Із сортів дещо вищу білковість насіння мав сорт Софія. У середньому по варіантах досліду в насінні сорту Аратта містилось 32,7% білка, а Софії – 33,1%.

Вміст жиру в насінні також залежав від сорту і заходів вирощування. Так, у середньому за варіантами досліду в насінні сорту Аратта жиру містилось 21,3%, а сорту Софія – 22,4%, або на 1,1% більше. Добрива по-різному впливали на вміст жиру. У сорту Аратта при підвищенні фону живлення вміст жиру збільшувався. Так, у середньому по трьох нормах висіву, без добрив вміст жиру в його насінні становив 20,9%, при інокуляції насіння – 21,1%, а за інокуляції + мінеральні добрива в дозі $N_{60}P_{40}$ – його вміст збільшувався до 21,5%. Інша закономірність спостерігалась на сорті Софія. Без добрив в її насінні жиру містилось 22,6%, при інокуляції його вміст не змінився – 22,6%, а при внесенні добрив $N_{60}P_{40}$ + інокуляція – він знизився до 22,2%.

Норми висіву насіння, в роки досліджень, впливали на вміст жиру без чітко вираженої закономірності. За вмістом цукру і крохмалю в насінні сорти були досить близькими. Добрива і норми висіву на ці показники впливали мало і без прояву закономірності.

У комплексі виробництва та переробки насіння сої важливим узагальнюючим показником є збір білка й жиру, як похідних величин від урожаю та масової частки жиру й білка в насінні. Розрахунки показали, що найбільший умовний збір білка і жиру з одиниці площі посіву забезпечував сорт Софія (табл. 6.4). Так, у сорту Аратта загальний збір білка складав 683-878 кг/га, жиру – 444-546 кг/га, тоді як у сорту Софія ці показники були вищими і складали відповідно 756-921 та 475-621 кг/га, що обумовлено не тільки вищим вмістом жиру в його насінні, а й вищою врожайністю.

На збір білка і жиру істотно впливав фон живлення сої. Інокуляція насіння збільшувала збір білка у сорту Аратта в середньому на 56-154 кг/га, у сорту

Софія – на 37-89 кг/га, а жиру відповідно на 34-64 і 4-95 кг/га, порівняно з контролем.

Таблиця 6.4

**Умовний збір білка і жиру залежно від технологічних заходів
вирощування сої, кг/га (середнє за 2015-2017 рр.)**

| Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Збір білка | | Збір жиру | |
|---|-----------------------|------------|-------|-----------|-------|
| | | Аратта | Софія | Аратта | Софія |
| без добрив | 400 | 683 | 786 | 455 | 475 |
| | 600 | 724 | 756 | 482 | 515 |
| | 800 | 716 | 776 | 478 | 535 |
| інокуляція | 400 | 815 | 825 | 511 | 570 |
| | 600 | 878 | 845 | 546 | 583 |
| | 800 | 772 | 813 | 512 | 539 |
| N ₃₀ P ₄₀ +інокуляція | 400 | 737 | 815 | 500 | 560 |
| | 600 | 765 | 921 | 500 | 621 |
| | 800 | 730 | 838 | 474 | 562 |
| N ₆₀ P ₄₀ +інокуляція | 400 | 778 | 783 | 510 | 561 |
| | 600 | 774 | 788 | 495 | 524 |
| | 800 | 700 | 760 | 444 | 518 |

Мінеральні добрива, на фоні інокуляції, призводили до зниження умовного збору білка сорту Аратта на 37-113 кг/га, а сорту Софія на фоні N₃₀P₄₀ до його збільшення на 25-76 кг/га, а за дози N₆₀P₄₀ – до зниження на 42-57 кг/га.

Сорти практично однаково реагували на збільшення норми висіву насіння. Найбільший умовний збір білка і жиру відбувався за норми висіву 600 тис./га схожого насіння, а збільшення або зменшення її призводило до зниження цих показників. Особливо помітно зменшувався збір білка і жиру при загущенні посівів до 800 тис./га на удобрених фонах.

Сорт Аратта найбільший збір білка і жиру забезпечував за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га, а сорт Софія – за інокуляції і внесення добрив $N_{30}P_{40}$ та норми висіву 600 тис./га. За таких заходів вирощування сорт Аратта забезпечував збір білка 878 кг/га, жиру – 546 кг/га, а сорт Софія – відповідно 921 і 621 кг/га. Під впливом агротехнічних заходів збір білка в насінні сорту Аратта змінювався на 154 кг/га, жиру – на 64, в сорту Софія – відповідно на 165 і 106 кг/га.

На вміст білка і жиру в насінні сої та їх умовний збір з одиниці площі позитивно впливали регулятори росту рослин (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

Вміст білка і жиру в насінні сої та умовний їх збір залежно від обробки посівів різними регуляторами росту рослин (середнє за 2015-2017 рр.)

| Сорт (А) | Препарат (В) | Вміст у насінні, % | | Збір, кг/га | |
|-------------------|-----------------|--------------------|------|-------------|------|
| | | білка | жиру | білка | жиру |
| Аратта | контроль | 34,4 | 20,1 | 782 | 405 |
| | Нановіт | 35,4 | 21,4 | 823 | 451 |
| | Наномікс | 34,6 | 21,1 | 870 | 479 |
| | Мегафол | 34,9 | 21,2 | 909 | 459 |
| | Гуміфілд | 35,1 | 20,6 | 893 | 467 |
| Софія | контроль | 34,0 | 22,2 | 769 | 461 |
| | Нановіт | 34,2 | 22,4 | 827 | 491 |
| | Наномікс | 34,1 | 22,3 | 901 | 533 |
| | Мегафол | 33,7 | 22,7 | 912 | 550 |
| | Гуміфілд | 34,2 | 22,4 | 875 | 514 |
| NIP ₀₅ | | 0,7 | 1,0 | 52 | 43 |

Обробка посівів сої сорту Аратта досліджуваними препаратами збільшувала умовний збір білка і жиру відповідно на 41-127 і 46-74 кг/га, а сорту Софія – на 58-143 і 30-89 кг/га. Найбільший збір білка обидва сорти

забезпечили за обробки посівів рістрегулюючою речовиною Мегафол. Це збільшувало збір білка на 127-143 кг/га або на 16,2-18,6%. Найбільший збір жиру сорт Аратта забезпечував при обробці посівів препаратом Наномікс, а сорт Софія – препаратом Мегафол. Ці препарати підвищували збір жиру відповідно на 74 і 89 кг/га або на 18,3-19,3%. Кращу якість насіння сої обидва сорти формували при обробці посівів препаратом ростової речовини Мегафол і Наномікс.

Висновки з розділу 6:

1. Під впливом досліджуваних факторів урожайність сої змінювалась від 1,94 до 3,75 т/га, або на 1,81 т/га, у тому числі за рахунок елементів технології – на 41,4%, а 58,6% – за рахунок погодного фактора. Частка впливу сорту у формуванні врожаю сої становить 17%, фону живлення – 37, норм висіву насіння – 8, взаємодії сорту і фону живлення – 15, фону живлення і норми висіву – 14%.

2. На врожай сої значно впливає інокуляція насіння азотфіксуючими бактеріями, яка підвищує урожайність сорту Софія на 0,08-0,44 т/га, а сорту Аратта – на 0,15-0,38 т/га. Із загущенням посіву і збільшенням доз азотних добрив ефективність інокуляції знижується.

3. Сорти сої Арата і Софія по-різному реагують на мінеральні добрива. Сорт Аратта не забезпечує приріст урожайності від внесення добрив у дозі $N_{30-60}P_{40}$, порівняно з інокуляцією. Сорт Софія від мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ забезпечує достовірний приріст урожайності насіння – 0,17 т/га та збільшує на 9,6% збір білка й 6,5% олії порівняно з одною інокуляцією. Для оптимального азотного живлення сорту Аратта достатньо проводити інокуляцію насіння без внесення азотних добрив, а сорту Софія – застосовувати інокуляцію та вносити добрива у дозі $N_{30}P_{40}$.

4. Оптимальна норма висіву сої залежить від сорту і фону живлення. Із збільшенням фону живлення норму висіву сої слід знижувати. На неудобреному фоні та за інокуляції насіння кращою нормою висіву сорту Аратта є 600 тис./га, а

на удобрених фонах – 400 тис./га. Оптимальна норма висіву сорту Софія на всіх фонах живлення 600 тис./га, а на високому фоні – 400 тис./га. Сорт Софія найвищу врожайність забезпечує за інокуляції насіння, внесення добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ і сівби нормою висіву 600 тис./га, а сорт Аратта – за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га.

5. Із всіх досліджуваних регуляторів росту при обприскуванні посівів сої сортів Аратта і Софія найбільший приріст урожайності – 0,35-0,41 т/га забезпечує регулятор росту рослин Мегафол та комплекс мікроелементів і ростових речовин Наномікс – 0,28-0,35 т/га. Препарат мікроелементів Нановіт виявився менш ефективним для підвищення врожайності сої.

6. Якість насіння сої значною мірою залежить від сорту, фону живлення і норми висіву. Під впливом цих факторів вміст білка в насінні змінювався від 31,1 до 34,0%, жиру – від 20,8 до 23,0%. Найбільше білка в насінні сортів Аратта і Софія міститься за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га, а внесення мінеральних добрив дозами $N_{30}P_{40}$ і $N_{60}P_{40}$ практично не підвищує його вміст, порівняно з інокуляцією. Сорти Аратта і Софія мають майже однаковий вміст білка в насінні – у середньому 32,7% і 33,1% відповідно. В насінні сорту Софія міститься більше жиру на 1,1%, ніж в сорту Аратта. Сорт Аратта найбільший збір білка і жиру забезпечував за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га, а сорт Софія – за інокуляції, внесення добрив $N_{30}P_{40}$ та норми висіву 600 тис./га. За рахунок мінеральних добрив сорт Софія збільшує на 9,6% збір білка і на 6,5% – жиру, порівняно з однією інокуляцією. Із регуляторів росту найбільший збір білка і жиру соя забезпечує при обробці посівів препаратами Мегафол і Наномікс.

Результати досліджень даного розділу опубліковані в статтях [55а, 57, 104, 107, 110, 112].

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

7.1 Економічна ефективність вирощування сої

На зрошуваних землях півдня України соя є однією з найбільш економічно вигідних культур [37]. Вона має великий попит на внутрішньому і світовому ринках та забезпечує великі прибутки. Проте в останні роки значно зросли ціни на добрива, паливо, воду, пестициди та збільшились витрати на технологію, що спричиняє зростання собівартості насіння та зниження рентабельності виробництва [20, 28]. Тому на сучасному етапі розвитку рослинництва важливо збільшити виробництво сої при менших витратах ресурсів і коштів на її вирощування з тим, щоб одержувати максимальні прибутки від реалізації насіння.

Науково-дослідними установами розроблені й досліджуються різні моделі енерго- та ресурсозберігаючих технологій вирощування сої [28, 63, 74, 144]. Застосування новітніх наукових розробок набуває прискореного розвитку і це дозволяє одержувати вищі прибутки, що збільшує об'єми виробництва сої. Саме тому питання ефективності наукових розробок є досить важливим. Проте економічна ефективність елементів технології вирощування нових сортів сої вивчена недостатньо. Виходячи з цього, виникла необхідність визначення економічної ефективності кожного досліджуваного елемента технології з тим, щоб виявити найбільш ефективні з них.

Розрахунки економічної ефективності варіантів дослідження показали, що загальні виробничі витрати коштів на вирощування сої, за цінами на кінець 2017 року, сягали від 10,8 до 14,2 тис. грн/га залежно від досліджуваних варіантів (додаток К). Тим не менше, в усіх варіантах дослідження соя забезпечила високий чистий прибуток і високу рентабельність. Умовно чистий прибуток становив 13473-22858 грн/га, а рівень рентабельності – 96,5-204,3%. Всі економічні

показники значною мірою залежали від сорту, фону живлення і норми висіву насіння (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Економічна ефективність вирощування сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння (середнє за 2015-2017 рр.)

| Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Умовно чистий прибуток, грн/га | | Собівартість, грн/т | | Рівень рентабельності, % | |
|--|-----------------------|--------------------------------|-------|---------------------|-------|--------------------------|-------|
| | | Аратта | Софія | Аратта | Софія | Аратта | Софія |
| без добрив | 400 | 17588 | 16830 | 4276 | 4359 | 161,9 | 157,0 |
| | 600 | 18644 | 18957 | 4191 | 4153 | 167,2 | 169,7 |
| | 800 | 18318 | 19188 | 4339 | 4223 | 158,1 | 165,3 |
| інокуляція | 400 | 20824 | 21693 | 3816 | 3720 | 193,5 | 201,1 |
| | 600 | 22858 | 22770 | 3681 | 3685 | 204,3 | 203,9 |
| | 800 | 19931 | 20023 | 4132 | 4125 | 171,0 | 171,5 |
| N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 18354 | 20129 | 4525 | 4330 | 147,5 | 158,7 |
| | 600 | 17355 | 22688 | 4772 | 4110 | 134,7 | 172,5 |
| | 800 | 15351 | 19459 | 5204 | 4604 | 135,2 | 143,3 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 17426 | 19029 | 4817 | 4616 | 132,5 | 142,6 |
| | 600 | 16588 | 17809 | 5034 | 4885 | 122,5 | 129,3 |
| | 800 | 13473 | 16025 | 5701 | 5265 | 96,5 | 112,7 |

Одержані дані свідчать, що сорти Аратта і Софія забезпечують практично однакову економічну ефективність. Найвищий чистий прибуток – 22858 і 22770 грн/га та рентабельність 204,3 і 203,9% відповідно вони забезпечували у варіанті з інокуляцією насіння без внесення мінеральних добрив та нормі висіву 600 тис. схожих насінин на 1 га.

При внесенні мінеральних добрив у дозі N₃₀₋₆₀P₄₀ витрати коштів на 1 га збільшувалися на 15,1-21,0%, але при цьому знижувався чистий прибуток сорту Аратта на 11,9-32,4%, порівняно з інокуляцією, та виявився нижчим, ніж на

контролі (без добрив). Це обумовлено тим, що добрива значно збільшували витрати, але не підвищували його врожайність. Тому сорт Аратта ефективніше вирощувати за інокуляції насіння, без внесення азотних добрив, що робить можливим використання цього сорту в системі біологічного землеробства. Натомість сорт Софія, при внесенні добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ + інокуляція забезпечував приріст урожайності 0,17 т/га і чистий прибуток 22688 грн/га, що не менше, ніж за однієї інокуляції. Але враховуючи, що на фоні $N_{30}P_{40}$ + інокуляція врожайність була вищою на 0,17 т/га, ніж за однієї інокуляції, то цей варіант забезпечує вищий ріст виробництва насіння сої і є економічно більш доцільним, ніж одна інокуляція.

Найменша економічна ефективність обох сортів була на фоні високої дози добрив – $N_{60}P_{40}$ у поєднанні з високою нормою висіву насіння – 800 тис./га. На цьому варіанті технологічні витрати не відшкодовувались прибавкою врожаю, що й призводило до зниження економічної ефективності вирощування культури. Найбільш високі економічні показники обидва сорти забезпечували за норми висіву 600 тис./га.

Розрахунки економічної ефективності застосування регуляторів росту рослин показали, що кращі економічні показники, при обприскуванні сої сортів Аратта і Софія, забезпечував регулятор росту рослин Мегафол (табл. 7.2).

Цей препарат забезпечував найвищий умовний чистий прибуток – 17095-19429 грн/га і рентабельність 135,8-154,2%. Додатковий чистий прибуток від його застосування становив 3418-4336 грн/га. Наномікс також забезпечував високі показники економічної ефективності на обох сортах, проте вони дещо нижчі, ніж давав препарат Мегафол. Інші препарати хоча й мали вищі економічні показники, порівняно з контролем, але вони поступалися тим, що забезпечували препарати Мегафол і Наномікс.

Таблиця 7.2

Економічна ефективність вирощування сої залежно від сорту та регуляторів росту (середнє за 2015-2017 рр.)

| Сорт (А) | Препарат (В) | Умовно чистий прибуток, грн/га | Собівартість насіння, грн/т | Рівень рента- бельності, % |
|-------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Аратта | контроль | 13677 | 5253 | 113,2 |
| | Нановіт | 14680 | 5109 | 119,2 |
| | Наномікс | 16317 | 4875 | 129,7 |
| | Мегафол | 17095 | 4749 | 135,8 |
| | Гуміфілд | 16459 | 4857 | 130,6 |
| Софія | контроль | 15093 | 5040 | 122,2 |
| | Нановіт | 16651 | 4820 | 132,3 |
| | Наномікс | 18762 | 4499 | 148,9 |
| | Мегафол | 19429 | 4407 | 154,2 |
| | Гуміфілд | 17873 | 4629 | 142,0 |

Віддача від цих препаратів була дещо вищою на сорті Софія, ніж на сорті Аратта. Отже, найвищий приріст врожаю, чистий прибуток і рентабельність вирощування сої сортів Аратта і Софія забезпечує обприскування посівів регулятором росту рослин Мегафол. Додатковий чистий прибуток від його застосування становить 3418-4336 грн/га.

7.2 Енергетична оцінка розроблених елементів технології

На вирощування сої витрачається велика кількість поновлюваної та неоновлюваної енергії. Виробництво та ефективне використання енергії в наш час є однією з важливих проблем, яка поступово загострюється. Тому ефективне використання її необхідно розглядати як одну з важливих можливостей

збільшення виробництва продукції за менших її витрат. Ряд вчених зазначають, що при оцінці технології вирощування будь-якої культури або окремих агротехнічних заходів важливо поєднувати економічний та енергетичний аналіз, що дає змогу порівняти не тільки грошовий ефект, а й розглянути енергетичні аспекти проблеми [63, 74, 90]. Порівняльна оцінка витрат енергії на агротехнічні заходи дає можливість створювати технології вирощування культур, які здатні формувати високий урожай за мінімальних витрат енергетичних ресурсів. На сої ці питання досліджені недостатньо, тому ставилась мета дослідити енергетичну ефективність комплексу заходів її вирощування та визначити кращий з них.

Показником енергетичної оцінки прийнято енергетичний коефіцієнт (E_K), який визначається як співвідношення кількості валової енергії накопиченої у вирощеній продукції, та кількості енергії, витраченої на одержання цієї продукції [90, 155].

Для визначення витрат сукупної енергії у варіантах досліді використовували її енергетичні еквіваленти на всі засоби виробництва, трудові ресурси, добрива, паливо, воду, насіння тощо, які наведені в наукових працях [90, 155]. При розрахунках витрат енергії по варіантах користувалися комп'ютерною програмою, створеною на базі Microsoft Excel.

Дослідження показали, що енергетична ефективність вирощування сої істотно залежить від сорту, норми висіву насіння і фону живлення (табл. 7.3).

Сукупні витрати енергії на 1 га при вирощуванні сої, залежно від варіанту досліді, становлять 16,20-23,83 ГДж/га. Із сортів більше енергії на 1 га витрачалось при вирощуванні сорту Софія, що пояснюється дещо вищим її врожаєм.

Витрати сукупної енергії найменшими були у варіанті без інокуляції і мінеральних добрив і на цьому ж варіанті найменше накопичено її в урожаї. Інокуляція насіння, внесення мінеральних добрив і збільшення норми висіву насіння призводили до збільшення витрат енергії.

Таблиця 7.3

Енергетична ефективність вирощування сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння (середнє за 2015-2017 рр.)

| Сорт | Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Витрати енергії, ГДж/га | Накопичено енергії в урожаї, ГДж/га | Приріст енергії, ГДж/га | Енергетичний коефіцієнт | |
|--|--|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------|
| Аратта | без добрив | 400 | 16,27 | 52,25 | 35,98 | 3,21 | |
| | | 600 | 17,01 | 54,72 | 37,61 | 3,22 | |
| | | 800 | 17,85 | 54,92 | 37,07 | 3,08 | |
| | інокуляція | 400 | 16,40 | 58,01 | 41,61 | 3,54 | |
| | | 600 | 17,56 | 62,53 | 44,97 | 3,56 | |
| | | 800 | 18,37 | 58,01 | 39,64 | 3,16 | |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 20,01 | 56,57 | 36,55 | 2,83 | |
| | | 600 | 20,71 | 55,54 | 34,83 | 2,68 | |
| | | 800 | 21,32 | 52,66 | 31,34 | 2,47 | |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 22,62 | 56,16 | 33,64 | 2,48 | |
| | | 600 | 23,33 | 55,33 | 32,00 | 2,37 | |
| | | 800 | 23,61 | 50,40 | 26,79 | 2,13 | |
| | Софія | без добрив | 400 | 16,20 | 50,60 | 34,40 | 3,12 |
| | | | 600 | 17,13 | 55,33 | 38,20 | 3,23 |
| | | | 800 | 17,92 | 56,57 | 38,65 | 3,16 |
| інокуляція | | 400 | 16,70 | 59,65 | 42,95 | 3,55 | |
| | | 600 | 17,55 | 62,33 | 44,78 | 3,55 | |
| | | 800 | 18,03 | 58,21 | 40,18 | 3,23 | |
| N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | | 400 | 20,17 | 60,27 | 40,10 | 2,99 | |
| | | 600 | 21,14 | 65,82 | 44,68 | 3,11 | |
| | | 800 | 21,66 | 60,68 | 39,02 | 2,80 | |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | | 400 | 22,41 | 59,45 | 37,03 | 2,65 | |
| | | 600 | 23,44 | 58,01 | 34,57 | 2,47 | |
| | | 800 | 23,83 | 55,54 | 31,71 | 2,33 | |

Інокуляція насіння не суттєво збільшувала витрати енергії на вирощування сої, але при цьому підвищувалась урожайність насіння, кількість накопиченої енергії в урожаї та енергетичний коефіцієнт. Так, у сорту Аратта без інокуляції енергетичний коефіцієнт був 3,08-3,21, а за інокуляції насіння – 3,16-3,56. На фоні інокуляції внесення мінеральних добрив суттєво збільшувало витрати енергії (на 17,9-32,9%), через високу енергоємність добрив, проте не забезпечувало приросту врожаю та накопичення енергії, що призводило до зниження енергетичного коефіцієнта, порівняно з однією інокуляцією. Так, у цього сорту на фоні інокуляції енергетичний коефіцієнт становив 3,16-3,56, а при поєднанні інокуляції з мінеральними добривами в дозі $N_{30}P_{40}$ він знижувався до 2,47-2,83. При цьому чим більша застосовувалась доза добрив, тим більші були витрати сукупної енергії і нижчий енергетичний коефіцієнт. Це пояснюється тим, що енергоємність добрив висока і їх енергія менше окупується енергією, накопиченою в урожаї, ніж без добрив. У варіантах сорту Софія також найвищий енергетичний коефіцієнт – 3,55 був за інокуляції, а за поєднання інокуляції з добривами $N_{30}P_{40}$ він знижувався до 3,11, але при цьому урожайність насіння була вищою, ніж за однієї інокуляції, що сприяє збільшенню виробництва сої.

Норми висіву також впливали на ефективність використання енергії. Найменше витрачалось енергії за норми висіву 400 тис./га, а при загущенні посівів до 800 тис./га – витрати енергії збільшувались. Енергетичний коефіцієнт у сорту Аратта на неудобреному фоні та за інокуляції вищим був за норми висіву 600 тис./га, а на удобрених фонах – за норми висіву 400 тис./га. У сорту Софія на всіх фонах живлення вищий енергетичний коефіцієнт був за норми висіву 600 тис./га і лише на високому фоні добрив – за 400 тис./га схожого насіння.

У сорту Аратта найбільше енергії в урожаї накопичувалось на варіанті інокуляції насіння, без мінеральних добрив, за норми висіву насіння 600 тис./га і на цьому ж варіанті найкращою була окупність витрат енергії. У сорту Софія найбільше енергії в урожаї накопичувалося на фоні інокуляції та внесення добрив $N_{30}P_{40}$ та норми висіву насіння 600 тис./га. При застосуванні мінеральних добрив і високій густоті посівів окупність витрат сукупної енергії зменшувалась

в обох сортів. Енергоємність виробництва 1 т насіння сої за оптимального фону живлення і норми висіву в середньому становила 5776-6606 МДж.

Висновки з розділу 7:

1. Сорти сої Аратта і Софія найвищий умовно чистий прибуток – 22858 і 22770 грн/га та рентабельність 204,3 і 203,9%, відповідно, забезпечували у варіанті з інокуляцією насіння без внесення мінеральних добрив та за норми висіву 600 тис. схожих насінин на 1 га, що робить можливим використання цих сортів у системі біологічного землеробства. При внесенні мінеральних добрив $N_{30-60}P_{40}$ витрати коштів на 1 га збільшувались на 15,1-21,0%, що призводило до істотного зниження чистого прибутку на сорті Аратта. Сорт Софія високу економічну ефективність забезпечував за інокуляції насіння та внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{40}$, що давало приріст урожаю 0,17 т/га і чистий прибуток не менший, ніж за однієї інокуляції, а також вищий на 9,6% збір білка та на 6,5% – жиру. Економічна ефективність вирощування сої суттєво знижується на фоні високої дози добрив – $N_{60}P_{40}$ у поєднанні з високою нормою висіву насіння – 800 тис./га.

3. Із досліджуваних регуляторів росту найвищий чистий прибуток і рентабельність вирощування сої обох сортів забезпечує обприскування посівів регулятором росту Мегафол. Додатковий чистий прибуток від його застосування становить 3418-4336 грн/га.

4. Сорти сої Аратта і Софія найвищий енергетичний коефіцієнт – 3,55-3,56 забезпечують за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га. На фоні інокуляції внесення мінеральних добрив збільшувало витрати енергії на 17,9-32,9%, але не забезпечувало приросту накопичення енергії, що призводило до зниження енергетичного коефіцієнта. При застосуванні мінеральних добрив і високій нормі висіву окупність витрат енергії знижується. У сорту Софія за інокуляції та внесення добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ енергетичний коефіцієнт хоча й знижується до 3,11, але при цьому формується урожай насіння вищий, ніж за однієї інокуляції, що сприяє збільшенню виробництва сої.

Результати досліджень даного розділу опубліковані в статтях [57, 112].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі узагальнені експериментальні дані та практичне вирішення наукової задачі оптимізації елементів технології вирощування нових сортів сої Аратта і Софія на зрошуваних землях півдня України, що направлено на підвищення врожайності та ефективності вирощування культури. Розроблено комплекс технологічних заходів вирощування сортів сої Аратта і Софія, який в умовах зрошення забезпечує врожайність 3,0-3,2 т/га за мінімізації використання ресурсів. За результатами досліджень дійшли висновків:

1. Посіви сої сортів Аратта і Софія з високим потенціалом продуктивності формуються за числа рослин при сходах 520-550 тис./га та гілкуванні 1,5-2,0, що досягається за норми висіву 600 тис. насінин на 1 га та польової схожості насіння 87-92%.

2. Найбільш сприятливі умови для росту й розвитку рослин сої сортів Аратта і Софія, формування добре розвиненої вегетативної маси рослин, площі листя, фотосинтетичної діяльності та оптимальної густоти стеблостою створювалися за інокуляції насіння, внесення добрив у дозі $N_{30}P_{40}$, норми висіву 600 тис./га та обробки посівів регулятором росту рослин Мегафол.

3. Формування і розвиток елементів продуктивності сої значною мірою залежали від норми висіву насіння. Густота стояння рослин задає умови для розвитку всіх елементів продуктивності, які утворюються пізніше. Встановлено, що чим більша норма висіву, тим менше бобів, насінин і менша маса насіння формується на одній рослині, а також менша маса 1000 насінин ($r = -0,83-0,96$). Для формування елементів продуктивності сорту Аратта та оптимального їх поєднання кращі умови склалися за норми висіву 600 тис./га схожого насіння та його інокуляції, а сорту Софія – за норми висіву 600 тис./га та фону живлення $N_{30}P_{40}$ + інокуляція.

4. Інокуляція насіння сої азотфіксуючими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum* 634 b збільшує кількість і масу бульбочок на коренях сої. У сорту Аратта кількість бульбочок збільшувалася на 49,1%, сорту Софія – на 19,7, а

маса бульбочок підвищувалася на 21,2 і 12,9%, відповідно. Кращі умови для формування бульбочок склалися за інокуляції насіння без внесення азотних добрив. Азотні добрива пригнічували утворення і ріст бульбочок. Сорти по-різному реагували на азотні добрива. Більше вони пригнічували ріст бульбочок на коренях сорту Аратта. Під впливом азотних добрив маса бульбочок у сорту Аратта зменшувалася на 32,5-45,4%, тоді як у Софії – на 21,4-33,6%.

5. Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{40}$ збільшувало вміст нітратів у ґрунті майже в 5 разів, а фосфору – на 21,6%, що поліпшувало живлення рослин протягом всієї вегетації. Кількість азоту в ґрунті знижувалася від сходів до технічної стиглості. Найвищий рівень азотного і фосфорного живлення обох сортів сої відмічався на фоні, де інокуляція насіння поєднувалася з внесенням мінеральних добрив дозою $N_{60}P_{40}$.

6. Кращий режим освітленості в посівах сої, який забезпечує високу їх продуктивність, досягається за норми висіву 600 тис./га схожого насіння та інокуляції його азотфіксуючими бактеріями. Збільшення норми висіву до 800 тис./га призводить до суттєвого зниження освітленості рослин, що негативно впливає на формування репродуктивних органів і продуктивність посівів. Між освітленістю рослин та кількістю бобів і насінин на рослинах сої існує тісна позитивна залежність ($r = 0,80-0,82$). Світловий режим посівів сої найбільше залежав від густоти стояння рослин. Частка її впливу на освітленість у посівах сої складала 32,4%, фону живлення – 29,8, сорту – 10,7%.

7. Сорти сої Аратта і Софія за період вегетації витрачали практично однакову кількість вологи – 4864-5102 та 4943-5167 m^3 /га, відповідно. Потреба сої у воді найбільше забезпечувалась за рахунок поливів – 49%, частка опадів у її водоспоживанні становила 34, а з запасів ґрунту – 17%. На формування 1 т насіння сої витрачається 1639-1935 m^3 води. Сорт Софія на 1 т насіння витрачав води на 67-296 m^3 або на 3,8-15,4% менше, ніж Аратта. Одним із заходів, які сприяли економному споживанню води рослинами сої, є оптимізація фону живлення. Інокуляція насіння сорту Софія в поєднанні з оптимальною дозою добрив зменшували витрати води на 226 m^3 /т, або на 12,1%.

8. Соя з урожаєм 3,0-3,2 т/га виносила 181-182 кг/га азоту, 52-59 фосфору і 102-114 калію. Найбільшу кількість елементів живлення вона споживає в період формування бобів і наливу насіння. Рослини сої споживали азот в основному за рахунок азотфіксації, менше з ґрунту, а ще менше – за рахунок мінеральних добрив. Із ґрунту азоту рослини використовували азоту в середньому 35,2%, за рахунок азотфіксації – 56-63, а з добрив – 3,8-8,8%. Соя використовувала 102,4-111,0 кг/га симбіотичного азоту і за рахунок азотфіксації забезпечувала свої потреби в азоті на 58,6-63,4%. Частка симбіотичного азоту в живленні сої зменшується при внесенні азотних добрив і загущенні посіву.

Коефіцієнти використання поживних речовин з добрив коливались у широких межах: азоту – від 23,8% до 66,0, а фосфору – від 10,1 до 30,4% і залежали від умов року, сорту, норм висіву і дози внесених добрив. При збільшенні дози мінеральних добрив обсяги використання поживних речовин з добрив знижувалися. Сорти по-різному використовували елементи живлення з добрив. За дози добрив $N_{30}P_{40}$ сорт Софія використовував 66,0% азоту і 30,4 фосфору, а сорт Аратта – 55,7 і 12,1%, відповідно.

Сорти не однаково витрачали елементи живлення. Сорт Аратта на 1 т насіння витрачав азоту в середньому 62,2 кг, фосфору – 18,4, калію – 37,1 кг, а сорт Софія – 57,5, 17,1 і 34,7 кг, відповідно.

9. Поглинання фотосинтетично активної радіації (ФАР) посівами сої знаходиться в тісній залежності від густоти посіву і площі листкової поверхні ($r = 0,86-0,94$). Максимальний коефіцієнт поглинання ФАР посівами сої становив 0,83-0,86 і досягався за площі листя 42-46 тис.м²/га. Значна частина ФАР відбивалася від посівів (9,6-13,0%), проходила до ґрунту (3,2-18,7%) і втрачалася для рослин. На формування врожаю сої використовувалося 2,44-3,42% ФАР від тієї, що надходила на посіви. Між кількістю використаної ФАР і врожаєм сої встановлено тісний кореляційний зв'язок ($r = 0,81$). Сорти сої Аратта і Софія найбільш повно поглинали та ефективно використовували сонячну енергію за норми висіву 600 тис. схожих насінин на 1 га та на фоні живлення $N_{30}P_{40}$ + інокуляція насіння.

10. Урожайність сої істотно залежала від фону живлення, норм висіву насіння та погодних умов року. Під впливом цих факторів урожайність змінювалась від 1,94 до 3,75 т/га, або на 1,81 т/га, у тому числі за рахунок технологічних заходів – на 41,4%, а 58,6% – за рахунок погодного фактора. Частка впливу сорту у формуванні врожаю сої становила 17%, фону живлення – 37, норм висіву насіння – 8, взаємодії сорту і фону живлення – 15, фону живлення і норми висіву – 14%. Інокуляція насіння підвищувала врожайність сої сорту Софія на 0,08-0,44 т/га, а сорту Аратта – на 0,15-0,38 т/га. Із загущенням посіву ефективність інокуляції знижувалася. Сорти по-різному реагують на мінеральні добрива. Сорт Аратта не забезпечував приріст врожаю від внесення добрив $N_{30-60}P_{40}$, порівняно з інокуляцією. Сорт Софія забезпечував достовірний приріст урожайності – 0,17 т/га від мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{40}$, а разом з інокуляцією – 0,51 т/га. Для оптимального азотного живлення сорту Аратта достатньо проводити інокуляцію насіння без внесення азотних добрив, а сорту Софія – застосовувати інокуляцію та вносити добрива у дозі $N_{30}P_{40}$.

Оптимальна норма висіву наасіння сої залежала від сорту і фону живлення. Із збільшенням дози азотних добрив норму висіву сої слід знижувати. На неудобреному фоні та інокуляції кращою нормою висіву сорту Аратта є 600 тис./га схожого насіння, а на всіх удобрених фонах – 400 тис./га. Оптимальна норма висіву сорту Софія на всіх фонах живлення 600 тис./га, а на високому фоні – 400 тис./га. Встановлено, що сорт Софія найвищу врожайність забезпечує за інокуляції насіння, внесення добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ і сівби нормою висіву 600 тис./га, а сорт Аратта – за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га.

За обробки посівів сої сортів Аратта і Софія найбільший приріст урожайності – 0,35-0,41 т/га забезпечував регулятор росту рослин Мегафол та комплекс мікроелементів і ростових речовин Наномікс – 0,28-0,35 т/га. Найменший приріст урожайності (0,11-0,16 т/га) забезпечував препарат мікроелементів Нановіт.

11. Під впливом сорту, фону живлення і норми висіву вміст білка в насінні сої змінювався від 31,1 до 34,0%, жиру – від 20,8 до 23,0%. Найбільше білка в насінні сортів Аратта і Софія містилося за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га, а внесення мінеральних добрив $N_{30}P_{40}$ і $N_{60}P_{40}$ не призводило до подальшого істотного збільшення його вмісту. Сорти Аратта і Софія мали практично однаковий вміст білка в насінні – у середньому 32,7 і 33,1%, відповідно. В насінні сорту Софія міститься більше жиру, в середньому на 1,1%, ніж у сорту Аратта. Найбільший збір білка і жиру обидва сорти забезпечували за норми висіву 600 тис./га, але сорт Аратта за інокуляції, а Софія – на фоні $N_{30}P_{40}$ +інокуляція насіння. За рахунок мінеральних добрив сорт Софія збільшував на 9,6% збір білка і на 6,5% – жиру, порівняно з однією інокуляцією.

12. Сорт Аратта найвищий умовно чистий прибуток (22858 грн/га) забезпечував за середньої врожайності 3,04 т/га при інокуляції насіння та сівбі нормою висіву 600 тис./га. Цей сорт ефективніше вирощувати за інокуляції насіння, без внесення азотних добрив, що робить його перспективним для використання в системі біологічного землеробства. Сорт Софія найвищий чистий прибуток (22688 грн/га) формував за врожайності 3,2 т/га у варіанті з інокуляцією насіння, при внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{40}$ та сівбі нормою висіву 600 тис. насінин на 1 га.

13. Сорти сої Аратта і Софія найвищий енергетичний коефіцієнт – 3,55-3,56 забезпечували за інокуляції насіння та норми висіву 600 тис./га схожого насіння. На фоні інокуляції внесення мінеральних добрив збільшувало витрати енергії на 17,9-32,9%, але не забезпечувало приросту накопичення енергії, що призводило до зниження енергетичного коефіцієнта.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами проведених досліджень та економічного аналізу, для одержання на зрошуваних землях півдня України врожайності сої 3,0-3,2 т/га з високими показниками якості, рекомендується:

1. Сорт сої Софія вирощувати за інокуляції насіння, вносити добрива в дозі $N_{30}P_{40}$ та сіяти нормою висіву 600 тис. схожих насінин на 1 га.

2. Сорт Аратта вирощувати за інокуляції насіння без внесення азотних добрив та сіяти нормою висіву 600 тис./га, а на високому фоні живлення – норму висіву знижувати до 400 тис./га.

3. Посіви сої двічі обробляти регулятором росту рослин Мегафол.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абаев А. А. Биологическое обоснование приемов повышения продуктивности сои в предгорьях Северного Кавказа: автореф. дис. ... док. с.-х. наук: 06.01.09 "Растениеводство" / А. А. Абаев. – Ставрополь, 2009. – 40 с.
2. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине /Ф. Ф. Адамень, В. А. Вергунов, П. Н. Лазер, И. Н. Вергунова. – К.: Аграрна наука, 2006. – 456 с.
3. Адаменко С. М. Добрива для сої / С. М. Адаменко, І. П. Грицак // Агроном. – 2011. – № 2. – С. 44-60.
4. Адамень Ф. Ф. Теоретическое обоснование минерального питания растений сои в условиях юга Украины/ Ф. Ф. Адамень. – Симферополь: Таврида, 1995. – 94 с.
5. Азотфіксація і продуктивність сої [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua-referat.com>.
6. Андрієць Д. В. Управління продуктивністю сої за інтенсифікації технології вирощування у Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Д. В. Андрієць. – К., 2013. – 20 с.
7. Арсений А. Влияние норм высева, удобрений и орошения на продуктивность сои / А. Арсений, Г. Тодиев. – Кишинев, 1977. – С. 32-36.
8. Асеева Т. А. Агроэкологические основы формирования урожайности зерновых культур и сои в условиях Среднего Приамурья : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / Т. А. Асеева; [Рос. акад. с.-х. наук, Примор. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва]. –Тимирязевский [Примор. край], 2009. – 43 с.
9. Афендулов К. П. Удобрения под планируемый урожай / К. П. Афендулов, А. И. Лантухова. – М.: Колос, 1973. – 240 с.
10. Бабич А. Розміщення посівів і технологія вирощування сої в Україні / А. Бабич, С. Колісник, А. Побережна, А. Немцов // Пропозиція. – 2000. – № 5. – С. 38-40.

11. Бабич А. А. Сортовая реакция сои на сроки посева, изменение густоты растений и условия питания / А. А. Бабич // Доклады ВАСХНИЛ. – 1974. – №10. – С. 14-17.
12. Бабич А. О. Вивчення симбіотичної азотфіксації різних сортів сої в умовах Лісостепу України / А. О. Бабич, Н. М. Мальцева, В. Ф. Мальцева [та ін.] //Соя: генетика, селекція, технологія вирощування, використання на пищевые и кормовые цели. Материалы первой всеукр. Конф. по сое. – Одесса, 1993. – С. 45-46.
13. Бабич А. О. Засуха, суховій і пилова буря в Україні в період глобальних змін клімату. Т.1. / А. О. Бабич, А. А. Бабич-Побережна. – Вінниця: ТОВ «Видавництво - друкарня ДІЛО», 2014. – 468 с. : іл. 47.
14. Бабич А. О. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі /А. О. Бабич, А. А. Бабич-Побережна. – К.: Аграрна наука, 2011. – 548 с.
15. Бабич А. О. Сортіві ресурси сої [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://a7d.com.ua/plants/6352-sortov-resursi-soyi.html>.
16. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої / А. О. Бабич. – К.: Урожай, 1993. – 429 с.
17. Баранов В. Ф. Соя на Кубани / В. Ф. Баранов, А. В. Кочегура, В. М. Лукомец. – Краснодар: ГНУ ВНИИМК, 2009. – С. 52-59.
18. Бегун С. А. О развитии клубеньков на корнях сои в зависимости от влажности почвы и условий минерального питания / С. А. Бегун, В.А. Тильба //Некоторые вопросы селекции и биологии сои. – Благовещенск: Хабаровское книжное издание, 1975. – С. 90-93.
19. Беликов И. Ф. Вопросы биологии и возделывания сои / И. Ф. Беликов // Биология возделывания сои. – Владивосток, 1971. – С. 5-17.
20. Білоусов О. М. Організаційно-економічний механізм розвитку діяльності підприємств з виробництва та переробки сої: теорія, методологія, практика: автореф. дис. ... док. екон. наук: 08.00.04 "Економіка та управління держпідприємствами" / О. М. Білоусов.– Херсон, 2011. – 37 с.

21. Біологічний азот / Патики В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. [та ін.]; за ред. В. П. Патики. – К.: Світ, 2003. – 424 с.
22. Блащук М. І. Продуктивність сортів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / М. І. Блащук. – Вінниця, 2007. – 19 с.
23. Блюм Я. Б. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива / Я. Б. Блюм, Г. Г. Гелетуша. І. П. Григорюк, К. В. Дмитрук [та ін.]. – Київ: Аграр. медіа груп, 2010. – 403 с.
24. Брагина В. В. Особенности роста и развития сортов сои в зависимости от уровня минерального питания / В. В. Брагина, О. В. Мохань, Н. С. Кочева // Кормопроизводство. – 2017. – №2. – С. 36-42.
25. Булигін Д. О. Вплив режимів зрошення та густоти стояння рослин на продуктивність середньостиглих сортів сої в Південному регіоні України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.02 / Д. О. Булигін. – Херсон: ДВНЗ "Херсонський держ. аграрний ун-т", 2014. – 20 с.
26. Бучинский И.Е. Климат Украины в прошлом, настоящем и будущем / И. Е. Бучинский. – К.: Госиздат с.- х. литературы, 1963. – 308 с.
27. Вишнякова М. Л. Соя – історія культури / М. Л. Вишнякова // Агроном. – 2004. – №3 (5). – С. 82-83.
28. Вожегова Р.А. Інтенсивні технології вирощування сої в умовах зрошення Півдня України: монографія / Р. А. Вожегова, В. О. Найдьонова, М. А. Мельник. – Херсон: ФОП Грінь Д. С., 2015. – 176 с.
29. Вожегова Р. А. Продуктивність сої за різних способів основного обробітку ґрунту та доз внесення добрив при зрошенні / Р. А. Вожегова, В. О. Найдьонова, Л. А. Воронюк // Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб. – Херсон: Грінь Д. С., 2016. – Вип. 65. – С. 20-22.
30. Волкогон В. Влияние стимуляторов роста растений на активность процесса ассоциативной азотфиксации // Мікробіол. журн. –1997. – Т.59, №4. – С. 70-78.

31. Вплив різних технологічних заходів на якість насіння сої в умовах зрошення / С. О. Заєць, В. І. Нетіс, Г. М. Куц, І. М. Степанова // Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб. – Херсон, Грін Д. С., 2017. Вип. № 68. С.
32. Гадзало Я. М. Аграрний потенціал України / Я. М. Гадзало, М. В. Гладій, П. Т. Саблук. – К.: Аграрна наука, 2016. – 332 с.
33. Гамаюнова В. В. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в условиях орошения / В. В. Гамаюнова, И. Д. Филиппев // Вісник аграрної науки. – 1997. – №5. – С. 15-19.
34. Гамаюнова В. В. Продуктивність та азотфіксуюча здатність сортів сої залежно від факторів вирощування на півдні Степу України / В. В. Гамаюнова, А. А. Назарчук // Вісник ЖНАЕУ. – 2014. – № 1 (39), т. 1. – С. 17-23.
35. Головатюк С. О., Ситар О. В. Продуктивність та якість насіння сої за різних умов азотного живлення / С. О. Головатюк, О. В. Ситар // Вісник аграрної науки. – 2008. – №1. – С. 15-16.
36. Городний Н. М. Система применения удобрений / Н. М. Городний. – К.: Высшая школа, 1979. – 168 с.
37. Грановська Л. М. Ефективність вирощування сої сортів селекції Інституту зрошеного землеробства НААНУ / Л. М. Грановська, В. В. Клубук // Посібник Українського хлібороба. Наук. практ. зб. – 2014. – Т.3. – С. 36-37.
38. Григор'єва О. М. Урожайність та якість зерна сої залежно від обробітку ґрунту, удобрення та біопрепаратів в умовах Північного Степу України [Електронний ресурс]. – Режим доступу www.sg-microb.ho.ua/arh/pdf17/SM17_14.pdf.
39. Грін Д. ГМО соя [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://vk.com/topic-5034189_22131832.
40. Губанов П. Е. Густота стояния растений – важный зональный фактор интенсификации производства сои / П. Е. Губанов // Эксплуатация оросительных систем Поволжья. – М.: 1987. – С. 163-176.

41. Гуміфілд та Гуміфілд ^{вр-18} / Рекламний проспект. Агротехносоюз. – Київ, 2013. – 18 с.
42. Гурикбал Сингх. Соя: биология, производство, использование (ред.) / Гурикбал Сингх. – Киев: Издательский дом «Зерно», 2014. – 656 с.: ил.
43. Гуцаленко А. П. Приемы агротехники в Молдавии // Зерновое хозяйство. – 1978. – №1. – С. 41-42.
44. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. – К.: Мінагрополітики. – Держ. служба з охорони прав на сорти, 2015. – 258 с.
- 44a. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. Режим доступу <http://www.izyumrda.gov.ua/statistic>.
45. Дідух М. І. Оцінка енергетичного балансу та перспектив виробництва і використання біопалива з ріпаку в сільському господарстві Житомирщини [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.znau.edu.ua/visnik/2013_1_1/
46. Дмитренко П. О. Удобрення та густина посіву польових культур / О. П. Дмитренко, П. І. Витриховський. – К. Урожай, 1975. – 248 с.
47. Домолон А. Рост и развитие культурных растений / А. Домолон. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 395 с.
48. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
49. Дульнев П. Г. Поиск перспективных физиологически активных соединений, повышающих азотфиксирующую активность микроорганизмов и продуктивность сельскохозяйственных культур / П. Г. Дульнев, П. А. Донченко // Элементы регуляції в рослинництві. – К.: Компас, 1998. – С. 25-31.
50. Енкен В. Б. Соя / В. Б. Енкен. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 298 с.
51. Єремко Л. Технологія для сої / Л. Єремко, Р. Олєпір // The Ukrainian Farmer. – 2013. – №10. – С. 58-60.
52. Жилкин В. А. Регуляторы роста в растениеводстве / В. А. Жилкин, С. П. Пономаренко, З. М. Грицаенко // Рекомендации по применению. – К., 2008. – 31 с.

53. Заболотний Г. М. Вдосконалення елементів технології вирощування сої в південному Лісостепу України та ефективності використання продуктів переробки: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Г. М. Заболотний. – Київ, 1998. – 20 с.
54. Заверюхин В. И. Возделывание сои на орошаемых землях / В. И. Заверюхин. – М.: Колос, 1981. – 158 с.
55. Заєць С. О. Економічна ефективність вирощування скоростиглого сорту сої Діона залежно від способу сівби і норм висіву / С. О. Заєць, В. І. Нетіс // Зрошуване землеробство: збірник наукових праць. – Херсон: Айлант, 2012. – Вип. 57. – С. 267-271.
- 55а Заєць С.О. Ефективність застосування біостимуляторів та їх поєднань з мікроелементами на посівах сої в умовах зрошення / С. О. Заєць, В. І. Нетіс // Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Херсон: Грінь Д. С., 2016. – Вип. 66. – С. 60-62.
56. Заєць С. О. Споживання води посівами сої в умовах зрошення залежно від сорту і фону живлення / С. О. Заєць, В. І. Нетіс // Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб. – Херсон: Грінь Д. С., 2017. – Вип. 67. – С. 51-53.
57. Заец С. А. Эффективность регуляторов роста растений при выращивании сои на орошаемых землях юга Украины / С. А. Заец, Н. Н. Гальченко, В. И. Нетис / Кормопроизводство. – Москва, 2017. – №10. – С. 29-33.
58. Зінченко О. І. Рослинництво. Підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
59. Зінченко О. І. Рослинництво / За ред.. О. І. Зінченко. Практикум .- Вінниця: Нова книга, 2008. – 536 с.
60. Іванюк С. Потенціал продуктивності соєвого поля / С. Іванюк // Агробізнес Сьогодні. – 2015. – №21 (316). – С. 50-54.
61. Ількун Г. М. Енергетичний баланс рослин / Г. М. Ількун. – Київ: Наукова думка, 1967. – 235 с.
62. Інновації у виробництво. Особливості вирощування сільськогосподарських культур у Південному Степу України в 2017 році. Науково-практичні

- рекомедації / Р. А. Вожегова, С. О. Заєць, А. М. Коваленко, Ю. О. Лавриненко [та ін.]. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – 106 с.
63. Казакова І. В. Економічна та енергетична оцінка ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур / І. В. Казакова // Інноваційна економіка: всеукр. наук.-виробн. журнал. – 2012. – №2. – С. 113-116.
64. Казанок О. О. Продуктивність сортів сої залежно від режиму зрошення та фону живлення в умовах півдня України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.02 / О. О. Казанок. – Херсон, 2011. – 20 с.
65. Калініченко В. М. Агроекологічне обґрунтування та моделювання впливу кліматичних факторів на урожайність та якість зерна сої в умовах центрального Лісостепу України : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 03.00.16 / В. М. Калініченко. – Житомир, 2005. – 20 с.
66. Каталог сортів та гібридів сільськогосподарських культур селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН / Р. А. Вожегова, Ю. О. Лавриненко, Г. Г. Базалій [та ін.]. – Херсон: ФОП Грінь Д. С., 2014. – 75 с.
67. Кашманов А. А. Свет и развитие растений / А. А. Кашманов. – М.: Сельхозиздат. – 1963. – 623 с.
68. Климашевский Э. Л. Проблема генетической специфики корневого питания культурных растений / Э. Л. Климашевский // Химия в сельском хозяйстве. – 1976. – №6. – С. 37-39.
69. Клубук В. В. Вплив зрошення та агробіологічних умов на врожай сої / В. В. Клубук // Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб. – Херсон: Тімекс, 2009. – Вип. 52. – С. 51-54.
70. Коковіхін С. В. Теоретичні основи та агроекологічне обґрунтування заходів оптимізації продукційних процесів рослин у зрошуваних агрофітоценозах Південного Степу України: автореф. дис. ... док. с.-г. наук: 06.01.09 / С. В. Коковіхін. – Херсон, 2010. – 40 с.

71. Колісник Н. М. Застосування біостимуляторів – добрив «Вермимаг» і «Вермийодіс» на поливних землях / Н. М. Колісник // Посібник Українського хлібороба. Науково-практ. збірник. – 2014. – Т.3. – С.79-80.
72. Косолап М. П. Система землеробства No-till : Навч. посібник / М. П. Косолап, О. П. Кротінов. – Київ: Логос, 2011. – 352 с.
73. Костяков А. Н. Основы мелиораций. – 6 изд. / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 630 с.
74. Крайняк О. К. Економічний та енергетичний аналіз технологій вирощування зернобобових культур / О. К. Крайняк //Інноваційна економіка: всеукр. наук.-виробн. журнал. – 2012. – №2. – С. 109-113.
75. Кретович В. Л. Фотоассимиляты и азотфиксация в клубеньках бобовых растений /В. Л. Кретович, В. И. Романов // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Наука, 1985. С. 244–252.
76. Кузин В. Ф. Возделывание сои на Дальнем востоке / В. Ф. Кузин; под ред. Г. Т. Казьмина. Благовещенск: Хабаровское книжное издательство, 1976. – 248 с.
77. Куликов Н. Ф. Агробиологическое обоснование расчетных методов определения норм удобрений при программировании урожая сои: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Н. Ф. Куликов. – Омск, 1992. – 20 с.
78. Лавриченко Г.П. Агротехника сорта сои Амурская 310 / Г. П. Лавриченко, В. И. Рафальский, В. М. Пенчуков // Вопросы растениеводства в Приамурье. – Благовещенск, 1973. – 75-80.
79. Лебедев С. І. Агрофізіологічні особливості підвищення коефіцієнта корисної дії фотосинтезу посівів с.-г. культур /С. І. Лебедев, О. П. Ларін //Вісник с.-г. науки . – 1966. – №1. – С. 40-46.
80. Леман В. М. Курс светокультуры растений. Изд. 2-е перераб. и доп. Учеб. пособие для с.-х. вузов / В. М. Леман . – М.: Высшая школа, 1976. – 271 с.
81. Лещенко А. К. Культура сої на Україні /А. К. Лещенко. – К.: В-во Укр. с.-г. академії. – 1962. – 324 с.

82. Лещенко А. К. Соя (генетика, селекція, семеноводство) / А. К. Лещенко, В. И. Сичкарь, В. Г. Михайлов, В. Ф. Марьюшкин. – К.: Наукова думка, 1987. – 256 с.
83. Лихачев В. А. Индустриальная интродукция сои на выщелоченных черноземах Центрально-Черноземной зоны: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / В.А.Лихачев. – Ставрополь, 1983. – 20 с.
84. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навчальний посібник / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Іващук, О. В. Корнійчук; за ред. В. В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка. – 3-є вид., виправ., допов. – Львів: НВФ "Українські технології", 2010. – 1088 с.
85. Лісовий М. В. Підвищення ефективності мінеральних добрив /М. В. Лісовий // К.: Урожай, 1991. – 120 с.
86. Лукомец В. М. Соя: Биология и технология возделывания / В. М. Лукомец, Под ред. В. Ф. Баранова. – Краснодар: ВНИИМК, 2005. – 433 с.
87. Лупашку М. Ф., Крышмарь В. В. Особенности возделывания сои в МССР / М. Ф. Лупашку, В. В. Крышмарь. – Кишинев: Штиинца, 1989. – 142 с.
88. Марчук І. У. Добрива та їх використання: довідник / І. У. Марчук, В. М. Макаренко, В. Є. Розтальний [та ін.] – К., 2002. – 246 с.
89. Маслак О. Соеві жнива 2015 /О. Маслак //Агробізнес сьогодні, 2015. – №20(315). – С. 15-20.
90. Медведовський О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О. К. Медведовський, П. І. Іваненко. – К.: Урожай, 1989. – 206 с.
91. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р.А. Вожегова, Ю. О. Лавриненко, М. П. Малярчук та ін. [за ред. Р. А. Вожегової]. – Херсон: Грінь Д. С., 2014. – 286 с.
92. Михайлов В. О. Особливості симбіотичної азотфіксації у сортів залежно від віку розвитку рослин / В. О. Михайлов, В. В. Клубук // Зрошуване

- землеробство: міжвід. темат. наук. зб. – Херсон: Айлант, 2008. – Вип. 49. – С. 151-158.
93. Михайлова Н. Н. Определение потребности растений в удобрениях / Н. Н. Михайлова, В. П. Книпер. – М.: Колос, 1971. – С. 32-40.
94. Мишра С. К. Генетические ресурсы /С. К. Мирша, И. Д. Верма // Соя: биология, производство, использование. – Киев: Издательский дом «Зерно», 2014. – 656 с.
95. Мишустин Е. Н. Биологическая фиксация атмосферного азота / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова. – М.: Наука, 1968. – 531 с.
96. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / В. П. Патики, І. А. Тіхонович, І. Д. Філіп'єв, В. В. Гамаюнова, І. І. Андрусенко; За ред.. В. П. Патики. – К.: Урожай, 1993. – 176 с.
97. Можейко Г. А. Лесо-аграрные ландшафты южной и сухой Степи Украины (природа и конструирование) /Г. А. Можейко. – Харьков: ООО «Эней», 2000. – 312 с.
98. Морозов В. В. Ефективність використання води новими сортами сої залежно від умов вологозабезпечення / В. В. Морозов, П. В. Писаренко, О. С. Суздаль, Д. О. Булигін // Таврійський науковий вісник. – 2012.– Вип. 78. – С. 38-42.
99. Наваб Али. Переработка и использование сои /Али Наваб // Соя: биология, производство, использование. – Киев: Издательский дом «Зерно», 2014. – 656 с.
100. Наномікс Nanoferti концентрованне хелатне мікроудобрення з комплексом біостимуляторів // Рекламний проспект, 2014. – 35 с.
101. Нафиков М. М. Урожайность сои в зависимости от приемов возделывания в Лесостепи Поволжья /М. М. Нафиков, С. Е. Смирнов, В. И. Фомин //Кормопроизводство (научно-производственный журнал). – М., 2013. – №6. – С. 18-19.

102. Нгуен Тхи Чи. Фотосинтез и фиксация атмосферного азота растениями сои / Нгуен Тхи Чи, Т. Ф. Андреева, Л. Е. Строганова и др. // Физиология растений. – 1983. – Т.30 . – Вып. 4. – С. 674–671.
103. Нетіс В. І. Світловий режим в посівах сої залежно від технологічних заходів вирощування /В. І. Нетіс // Підвищення ефективності функціонування сільського господарства в умовах зміни клімату : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 09 грудня 2016 року: тези доповідей: Херсон: ІЗЗ НААН, 2016. – 160 с. [\[Електронний ресурс\]](#). – Режим доступу: www.izpr.org.
104. Нетіс В. І. Вплив ростових речовин і мікроелементів на продуктивність різних сортів сої /В. І. Нетіс //Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. "Інноваційні розробки – підвищенню ефективності роботи агропромислового комплексу". – Херсон, 2015. – С. 80-82.
105. Нетіс В. І. Світловий режим посівів сої та його залежність від технологічних заходів вирощування / В. І. Нетіс, Л. І. Онуфран // Таврійський науковий вісник. – Вип. 98. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – С. 102-107.
106. Нетіс В. І. Формування елементів продуктивності сої за різних заходів вирощування / В. І. Нетіс // Таврійський науковий вісник. – Вип. 99. – Херсон: Грінь Д.С., 2017. – С. 115-119.
107. Нетіс В. І. Якість зерна сої за різних технологічних заходів вирощування /В. І. Нетіс // Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 15-річчю створення Українського інституту експертизи сортів рослин (7 червня 2017 р., м. Київ) / М-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2017. – 230 с.
108. Нетіс В. І. Оптимізація технології вирощування сої на зрошуваних землях півдня України / В. І. Нетіс // Таврійський науковий вісник. – Вип.100. – Херсон: Грінь Д.С., 2018. – С. 30-34.

109. Нетіс В.І. Формування симбіотичного апарату сої залежно від інокуляції насіння, сорту та фону живлення в умовах зрошення // Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матеріали Х11 наукової конференції молодих вчених (м. Чернігів, 24-25 жовтня 2017 р.).– Чернігів: Видавець Брагинець О. В., 2017. – С.38-40.
110. Нетіс В.І. Сортова технологія вирощування сої в умовах зрошення //Матеріали регіональної науково-практичної інтернет-конференції "Зрошуване землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи" (2-3 листопада 2017 р.) [Текст]: [До 80-річчя професора Ківера В.Ф.]. – Дніпро: ДДАЕУ, 2017. – С. 71-73.
111. Нетіс В. І. Використання рослинами сої поживних речовин з ґрунту і добрив в умовах зрошення / В. І. Нетіс // Міжнародна наукова інтернет-конференція "Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур" (16 листопада 2017 р.). – Запоріжжя: ІОК НААН, 2017. – С. 126-127.
112. Нетис В. И. Оптимизация технологии выращивания сои на орошаемых землях юга Украины // Инновационные подходы и перспективные идеи молодых ученых в аграрной науке: Сб. мат-лов междунар. науч.-практ. конф. мол. уч. (17 ноября 2017 г., п. Кайнар). – Алматы: Таугуль-Принт, 2017. – 610 с. – Қазақша, русский, english.
113. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А. А. Ничипорович, Л. Е. Строганова, М. П. Власова – М.: АН СССР, 1969. – 137 с.
114. Ничипорович А. А. Пути управления фотосинтетической деятельностью растений с целью повышения их продуктивности / А. А. Ничипорович //Физиология с.-х. растений. – Изд. МГУ, 1967. – Т.1. – С. 309-353.
115. Новохацький М. Л. Вплив прийомів технології вирощування на продуктивність сої в умовах Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / М. Л. Новохацький; Ін-т земл-ва УААН. – К., 2001. – 20 с.

116. Носенко Ю. Трансгенная соя / Ю. Носенко // Зерно. – 2008. – №7. – С. 9-11.
117. Нурмакова Ж. И. Фотосинтетические особенности сорго, сои и их смешанных посевов в агроэкосистемах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agacy.prf.files/documents/44-redaktor_nauka_izdaniya_perspective_prsk-2013-1-196-201.pdf.
118. Онуфран Л. І. Поглинання та використання сонячної енергії посівами сої за різних умов вирощування /Л. І. Онуфран, В. І. Нетіс // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет, 2017. – Вип. 2 (94). С. 108-116.
119. Оюрская Ю. И. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сортов сои при различных сроках посева: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Ю. И. Оюрская. – Благовещенск, 2005. – 20 с.
120. Павленко Г. В. Формування урожайності сої залежно від елементів технології вирощування в Правобережному Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Г. В. Павленко. – Київ. – 2016. – 20 с.
121. Перелет Н. А. Распределение фотосинтетически активной радиации (ФАР) на территории Украины / Н. А. Перелет // Труды УкрНИИГИМ. – Вып. 102. – М.: Гидрометиздат, 1971. – С. 3-12.
122. Петер М. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур / М. Петер, В. Черны, Л. Грушка; пер. с чех. Э. К. Благовещенской.– Колос, 1984. – 303 с.
123. Петербургский А. В. Агрохимия и физиология. – 2-е изд., перераб. /А. В. Петербургский. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 184 с.
124. Петренко І. Експорт агропродукції: сьогодні й завтра / І. Петренко // Агробізнес сьогодні. – 2015. – №18. – С. 14-16.
125. Петриченко В. Ф. Виробництво та використання сої в Україні // Вісник аграрної науки. – 2008. – №3. – С. 24-27.
126. Писаренко П. В. Особливості водного режиму ґрунту на посівах сої залежно від режимів зрошення, фону мінерального живлення та норми висіву /В. А. Писаренко, С. В. Карашук // Зрошуване землеробство: Міжвідомчий

- тематичний науковий збірник. – Херсон: Айлант, 2011. – Вип. 56. – С. 107-112.
127. Поляков О. І. Агротехнічні і біологічні особливості формування урожайності і якості насіння соняшнику, сої, льону, кунжуту, рижю, молочаю в Південному Степу України: автореф. дис. ... док. с.-х. наук: 06.01.09 / О. І. Поляков. – Дніпропетровськ, 2011. – 40 с.
128. Поляков О. І. Формування елементів продуктивності та врожайності сортів сої під впливом застосування біостимуляторів росту / О. І. Поляков, О. В. Нікітенко // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. – 2011. – №16. – С. 112-116.
129. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г. С. Посыпанов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 300 с.
130. Почвы Украины и повышение их плодородия. – Т.1. – Экология, режимы и процессы, классификация и генетико-производственные аспекты / под ред. Н. И. Полупана. – К.: Урожай, 1988. – 296 с.
131. Просунько В. Чого чекати від глобального потепління / В. Просунько // Пропозиція. – 2001. – N12. – С. 40-41.
132. Рабинович Е. Фотосинтез.– Т.2 / Е. Рабинович. – М.: Изд.-во ин. лит., 1953. – 652 с.
133. Рекомендации по возделыванию сои в условиях Поволжского региона [Електронний ресурс] . – Режим доступу: <http://www.npfagrosistema.ru/>
134. Ресурсозберігаюча екологічно безпечна технологія вирощування озимих зернових культур, сої і кукурудзи на зрошуваних землях півдня України: Науково-практичні рекомендації / Р. А. Вожегова, С. О. Заєць, Л. І. Онуфран, В. І. Нетіс та ін. – Херсон: Грінь Д. С., 2015. – 44 с.
135. Рищук Є. М. Продуктивність сої та якість її зерна залежно від системи живлення в умовах зрошення півдня України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Є. М. Рищук. – Херсон, 2005. – 16 с.

136. Саєнко М. П. Вплив норм висіву і способів сівби сої на врожайність зерна в степовій частині Криму при зрошенні / М. П. Саєнко, В. П. Тумарев // Зрошуване землеробство. – К.: Урожай, 1982. Вип. 27. С. 39-42.
137. Самошкин В. И. Ризоторфин под сою / В. И. Самошкин, Н. З. Толкачев // Масличные культуры. – 1982. – №2. – С. 25-26.
138. Самошкин В. И. Эффективность гамма-ризоторфина на посевах сои в Крыму / В. И. Самошкин, Н. З. Толкачев // Бюл. ВНИИСХ микробиологии. – 1981. – № 34. – С. 34–36.
139. Сварадж Л. Действие темноты на симбиотическую азотофиксацию у сои / Л. Сварадж, П. Н. Дуброво, С. В. Мищенко [и др.] // Физиология растений. – 1995. – № 3. – С. 480–487.
140. Сварадж Л. Действие водного дефицита на симбиотическую азотофиксацию у сои / Л. Сварадж, С. В. Мищенко, Г. И. Козлова [и др.] // Физиология растений. – 1984. – № 5. – С. 833–840.
141. Середньодобове випаровування та сумарне водоспоживання сої залежно від режиму зрошення, фону живлення та сорту при вирощуванні на півдні України / В. В. Гамаюнова, П. В. Писаренко, О. С. Суздаль, О. О. Казанок // Зрошуване землеробство. Збірник наукових праць. – Херсон: Олді плюс, 2010. – Вип.53. – С.11-18.
142. Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата / Г. Т. Селянинов // Труды по с.-х. метеорологии. – 1928. – Вып. 20. – С. 165-177.
143. Сивков С. В. Методы расчетов характеристик солнечной радиации / С. В. Сивков. – Л.: Сельхозгиз, 1968. – 232 с.
144. Сингх Гурикбал. Рациональное использование воды при выращивании сои / Гурикбал Сингх // Соя: биология, производство, использование. – Киев: Издательский дом «Зерно», 2014. – 656 с.
145. Ситник К. М. Життя зеленого листа /К. М. Ситник, Л. О. Ейнор. – К.: Наукова думка, 1973. – 190 с.
146. Сичкарь В. И. Особенности выращивания сои в США и Канаде / В. И. Сичкарь. – М., 1980. – 49 с.

147. Січкарь В. І. Основні результати та напрямки селекції сої / В. І. Січкарь // Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. – К.: 2001. – С. 121-125.
148. Соя /под ред. Ю. П. Мякушко, В. Ф. Баранов. – М.: Колос, 1984. – 332 с.
149. Соя / Перевод с англ. К. М. Селивановой; Под ред. В. Б. Енкена. – М.: Колос, 1970. – 296 с., ил.
150. Соя / С. Д. Арабаджиев, А. Н. Ваташки, К. К. Горанова и др.; Пер. с болгар. Е. С. Сигаева. – М.: Колос, 1981. – 197 с., ил.
151. Спектральний склад сонячної радіації і біологічне значення частин спектра [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lektsii.com/1-35243.html>.
152. Субба Рао. Управление питанием сои / А. Субба Рао, К. Семми Редди // Соя: биология, производство, использование (ред.). – Киев: Издательский дом «Зерно», 2014. – 656 с.
153. Сунь-Син-Дун. Соя / Пер. с кит. А. М. Кайгородова. – М.: Сельхозиздат, 1958. – 248 с.
154. Таранюк А. И. Суммарное водопотребление разных по скороспелости сортов сои в зависимости от влагообеспеченности / А. И. Таранюк // Орошаемое земледелие. – К.: Урожай, 1989. – Вып. 34. – С. 41-42.
155. Тараріко Ю. О. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур / Ю. О. Тараріко. – К.: Нора-Прінт, 2001. – 380 с.
156. Тартаковський О. Ринок сої: очікується ріст виробництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://a7d.com.ua/plants/16283-rinok-soyi-ochkuyetsya-rst-virobnictva.html>.
157. Технології вирощування зернових, технічних, кормових культур і картоплі на зрошуваних землях півдня України: науково-практичні рекомендації / Р. А. Вожегова, Ю. О. Лавриненко, С. О. Заєць [та ін.]. – Херсон: Грінь Д. С., 2013. – 56 с.
158. Тимчук В. М. Передпосівна підготовка насіння і ґрунту / В. М. Тимчук, М. Г. Цехмейструк, В. П. Петренкова [та ін.] //Агробізнес сьогодні. – К.: 2015. – №17. – С. 14-16.

159. Ткаліч І. Д. Вплив способів сівби, норм висіву і бактеріальних препаратів на формування бульбочкових бактерій і урожайність сої / І. Д. Ткаліч, Т. П. Шепілова // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2010. – № 38. – С. 108-111.
160. Толмачова А. В. Агроклиматичекая оценка условий возделывания сои в Украине: автореф. дис. ... канд. географических наук: 11.00.09 / А. В. Толмачева. – Одесса, 2015. – 20 с.
161. Тооминг Х.Г. Методика измерения ФАР / Х. Г. Тооминг, Гуляев Б. И. – М.: Наука, 1967. – 143 с.
162. Трансгенная соя [Електронний ресурс].– Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансгенная_соя.
163. Трепачёв Е. П. Использование бобовыми азота удобрений и его влияние на симбиотическую азотфиксацию и урожай бобовых культур / Е. П. Трепачев, Н. А. Атрашкова, А. И. Хабарова //Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. – М.: Колос, 1973. – С. 237-245.
164. Турін Е., Січкарь В. Технологія вирощування сої [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-3/c-74/info/cag-225/>.
165. Удосконалена методика визначення доз мінеральних добрив на запланований рівень урожаю сільськогосподарських культур при зрошенні /Наук.-метод. рекомендації // Р. А. Вожегова, І. Д. Філіп'єв, О. М. Димов, В. В. Гамаюнова. – Херсон: Айлант, 2012. – 14 с.
166. Устенко Г. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах как основа формирования высоких урожаев / Г. П. Устенко // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Изд. АН СССР, 1963. – С. 37-70.
167. Ушкаренко В. О. Зрошуване землеробство / В. О. Ушкаренко. – К.: Урожай, 1994. – 326 с.
168. Ушкаренко В. О. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: Навчальний посібник / В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікіщенко, С. П. Голобородько, С. В. Коковіхін. – Херсон: Айлант, 2008. – 272 с.

169. Фадеев Л. В. Точная технология будущего начинается сегодня. Соя. / Л. В. Фадеев // Современный фермер. – 2016. – №3. – С. 11-16.
170. Филипьев И. Д. Особенности применения удобрений под сельскохозяйственные культуры в условиях орошения / И. Д. Филипьев // Повышение плодородия орошаемых земель: под ред. И. Д. Филипьева. – Киев. – Урожай, 1989. – 166 с.
171. Хадиков А. Ю. Влияние удобрений на урожайность, качество зерна сои и плодородие выщелоченного чернозема РСО – Алания: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / А. Ю. Хадиков. – Владикавказ. – 2012. – 20 с.
172. Цупенко Н. Ф. Справочник агронома по метеорологии / Л. В. Цупенко. – К.: Урожай, 1990. – 240 с.
173. 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 / О. С. Чинчик. – Кам'янець-Подільський, 2008. – 20 с.
174. Чуонг Еанг. Урожайність сої в залежності від площі живлення, добрив і регуляторів росту в Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Чуонг Еанг. – Харків, 2001. – 20 с.
175. Чухно Ф. Д. Влияние площади питания и нормы высева на развитие сои / Ф. Д. Чухно // Нормы высева, способы посева и площади питания сельскохозяйственных культур [Научные труды]. – М.: Колос, 1971. – С. 197-200.
176. Шевніков М. Я. Агроекологічні основи застосування біологічних, фізичних та хімічних засобів у технологіях вирощування сої в лісостепу України: автореф. дис. ... док. с.-г. наук: 06.01.09 / М. Я. Шевніков. – Харків, 2010. – 40 с.
177. Шевніков М. Я. Ефективність застосування біопрепаратів та мінеральних добрив при вирощуванні сої в умовах не стійкого зволоження Лісостепу України / М. Я. Шевніков // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2011. – №2. – С. 14-18.

178. Шевченко В. П. Біологічне рослинництво / В. П. Шевченко С. М. Каленська, П. І. Демидась та ін. – К.: НАУ, 2006. – 39 с.
179. Эгли Д. Б. Физиология урожайности сои: принципы и процессы формирования урожая / Д. Б. Эгли // Соя: биология, производство, использование (ред.). – Киев: Издательский дом «Зерно», 2014. – 656 с.
180. Ямковий В. Особливості сучасної системи удобрення сої / В. Ямковий // Пропозиція, 2014. – №9. – С. 14-16.
181. Anil Kumar. Radiation use efficiency and weather parameter influence during life cycle of soybean / Anil Kumar // American-Eurasian Journal of Agronomy, 2008. – № 1 (2). – P. 41-44.
182. Bohning R. H., Burnside C. A. // J. Botany. – N43. – 1956. – P. 557-561.
183. Caldwell B. E. Soybeans. Improvement, Production and Use // Amer. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin, USA, 1973. – P. 681.
184. Cultura de soia [Електронний ресурс] . – Режим доступу: <http://www.gazetadeagricultura.info/plante/plante-tehnice/471-soia/354-cultura-de-oia.html>.
185. Dale Grey, Cobram. Growing Soybean [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.depi.vic.gov.au/agriculture-and-food/grains-and-other-crops/crop-production /growing-soybean>.
186. Egli D. B. Variation in leaf starch and sink limitations during seed filling in soybean / D. B. Egli // Crop Science. – 1999. – 39. – P. 1361-1368.
187. Egli D. B. Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean / D. B. Egli, R. D. Guffy, J. E. Leggett // Agronomy Journal. – 1985. – 77. – P. 917-922.
188. Hardman J. J. Affect of atmospheric carbon dioxide enrichment at different development stages on growth and yield components of soybeans / J. J. Hardman, W. A. Brun //Crop Science, 1971.- №11. – P. 886-888.
189. Herrige D. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. / D. Herrige, M. B. Peoples, R. M. Boddey // Plant and Soil. 2008. – 311. – P. 1-18.

190. Hume D. F. Distribution and utilization of G-labelend assimilates in soybeans / D. F. Hume, D. F. Cruswell // Crop. Sci., 1973. – V.13. – N14. – P. 519-525.
191. Jamro, G. H. Effect of nitrogenous fertilizer on photosynthesis, growth and yield of nodulated and non-nodulated soybean / G. H. Jamro, A. S. Larik // Genet. agr. – 1988. V. 42. – № 3. – P. 331-336.
192. Jiang G. H. Shade induced changes in flower and pod number and fruit abscission in soybean / G. H. Jiang, D. B Egli //Agronomy Journal. – 1993. – 85. – P. 221-225.
193. Kan M., Oshima, T. Ryushu //Agr. Expt. Sta, Bull. – N11. – 1952. – P.177.
194. Kantolic A. G. Development and seed number in indeterminate soybean as affected by timing and duration of exposure to long photoperiods after flowering / A. G. Kantolic, G. A. Slafer // Annals of Botany. – 99. – 2007. – P. 925-933.
195. Lambers H. Plant Physiological Ecology. Second Edition / H. Lambers, F. S. Chapin, T. L. Pons. – Science + Business Media, 2008. – 604 p.
196. Lavrynenko Y. O. Regression and correlation analysis of soybean productivity elements / Lavrynenko Y. O., Kuzmych V. I., Klubuk V. V. // Таврійський науковий вісник. – 2015. – № 92. – С. 60-64.
197. Lee C. D. Soybean response to plant population at early and planting dates in the Mid-South /C. D. Lee, D. B. Egli, D. M. Krony //Agronomy Journal, 2008. – №100. – P. 1-6.
198. Les points – clés de la conduite du soja [Електронний ресурс] . – Режим доступу: http://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/kiosque/PDF_fiches_TK/brochureSO2012.pdf.
199. Littlejohns D. A. Soybean production in Ontario /D. A. Littlejohns, A. K. Brooks, P. I. Buzzel // Publication 173. Ministry of Agriculture and food. – Ontario, 1978. – P. 15.
200. Maier, R. J. Involvement of *Rhizobium japonicum* 0 antigen in soybean nodulation / R. J. Maier, W. J. Brill // J. Bacteriol. – 1978. – №133. – P. 1295-1299.

201. Olsen F. F. Effcot of nitrogen on nodulation and yield of soybean / F. F. Olsen, G. Hamilton, D. Elkins // *Exp. Agr.*,1975. – V.11. – N4. – P. 289-294.
202. Pankaj K. I. Studies on foliar application of growth regulators on biomass production, harvest index and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) /K. I. Pankaj, S. M. Hiremath, M. B. Chetti // *Annals of Agricultural Research*. – 2001. – V. 22. – P. 221-224.
203. Rennie R. J. Dinitrogen fixation measured by ¹⁵N isotope dilution in two Canadian soybean cultivars / R. J. Rennie, S. Dubetz, J. B. Dole, H. H. Muendel // *Agron. J.* – 1982. – 74. – P. 725-730.
204. Scott W. O. Modern soybean production /W. O. Scott, S. R. Aldrich // USA: Illinois. – 1970. – 192 p.
205. Setiyono T. D. Leaf area index simulation in soybean grown under near optimal conditions / T. D. Setiyono, A. Weiss, J. E. Specht, K. G. Gassman, and Dobermann // *Field Crops Research*. – 2008. – V. 108. – P. 82- 92.
206. Shibles R. M. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybean / R. M. Shibles, C. R. Weber // *Crop Science*, 1965. – №5. – P. 755-757.
207. Soybean: north coast new planting guide [Электронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.australianoilseeds.com/_data/assets/pdf_file/0020/7670Soybean_North_Coast_NSW_Planting_Guide.pdf.
208. Soybeans: Planting and Crop Development [Электронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub811/2planting.htm>.
209. Taylor H. M. Response of soybeans to two row spacing and two soil water levels. 1. An analysis of biomass accumulation, canopy development, solar radiation interception and components of seed yield / H. M. Taylor, W. K. Mason, A. T. Bennie, H. R. Rowse // *Field Crops Research*. – 1982. – V. 5.– P.1-14.
210. Technologia uprawy soi [Электронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agroyoumis.eu/?p=906>.
211. Vasilas B. L. Nitrogen fixation in soybeans: An avaluation of measurement; technique /B. L. Vasilas, G. E. Ham // *Agron. J.* 1984. – Vol. 76. – P. 759-764.

212. Welch I.F. Soybean yields with direct and residual nitrogen fertilization / I.F. Welch // Agron. J., 1973. – V.65. – N4. – P. 547-560.
213. Wells R. Soybean growth response to plant density: Relationship among canopy photosynthesis, leaf area and light interception / R. Wells // Crop Science. – 1991. – № 31. – P. 755-761.
214. Wilcox J. A. Growth and development of soybean ioslines that differ for naturity / J. A. Wilcox, W. J. Wiebolt, T. I. Niblack, K. D. Kephart //Agronomy Journal. – 1995. – № 87. – P. 932-935.
215. Williams L E. Effect of irradiance on development of apparent nitrogen fixation and photosynthesis in soybean /L. E. Williams, D. A. Phillips // Plant Physiology, 1980. – № 66. – P. 968-972.

ДОДАТКИ

Додаток А

**Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про
апробацію результатів дисертації**

Статті у фахових виданнях України:

1. Заєць С. О. Ефективність застосування біостимуляторів та їх комплексів з мікроелементами на посівах сої в умовах зрошення / С. О. Заєць, В. І. Нетіс // Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб. – Херсон: Грінь Д. С., 2016. – Вип. 66. – С. 60-62. *(Здобувачем проведено дослідження, аналіз та узагальнення результатів, підготовлено матеріали до друку).*

2. Заєць С. О. Споживання води посівами сої в умовах зрошення залежно від сорту і фону живлення / С. О. Заєць, В. І. Нетіс // Зрошуване землеробство: міжвід. темат. наук. зб. – Херсон: Грінь Д. С., 2017. – Вип. 67. – С. 51-53. *(Здобувачем проведено дослідження, аналіз та узагальнення результатів, підготовлено матеріали до друку).*

3. Нетіс В. І. Світловий режим посівів сої та його залежність від технологічних заходів вирощування / В. І. Нетіс, Л. І. Онуфран // Таврійський науковий вісник. – Херсон: Грінь Д. С., 2017. – Вип. 98. – С. 102-107. *(Здобувачем проведено дослідження, аналіз та узагальнення результатів, підготовлено матеріали до друку).*

4. Нетіс В.І. Формування елементів продуктивності сої за різних заходів вирощування / В.І.Нетіс // Таврійський науковий вісник. – Херсон: Грінь Д. С., 2018. – Вип. 99. – С. 100-107.

***Статті у наукових фахових виданнях України, включених
до міжнародних наукометричних баз даних:***

5. Онуфран Л.І. Поглинання та використання сонячної енергії посівами сої за різних умов вирощування /Л. І. Онуфран, В. І. Нетіс // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Вип. 2 (94). – С. 107-115. *(Здобувачем проведено дослідження, аналіз та узагальнення результатів, підготовлено матеріали до друку).*

Статті у закордонних фахових виданнях:

6. Заец С. А. Эффективность регуляторов роста растений при выращивании сои на орошаемых землях юга Украины / С. А Заец, Н. Н. Гальченко, В. И. Нетис // Кормопроизводство. – Москва, 2017. – № 10. – С. 29-33. *(Здобувачем проведено дослідження, аналіз та узагальнення результатів, підготовлено матеріали до друку).*

Тези наукових конференцій:

7. Нетіс В. І. Світловий режим в посівах сої залежно від технологічних заходів вирощування / В. І. Нетіс // Підвищення ефективності функціонування сільського господарства в умовах зміни клімату : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 09 грудня 2016 р. – Херсон: ІЗЗ НААН, 2016. – С. 115-116.

8. Нетіс В. І. Якість зерна сої за різних технологічних заходів вирощування /В. І. Нетіс // Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 15-річчю створення Українського інституту експертизи сортів рослин (7 червня 2017 р., м. Київ). – Вінниця : Нілан-ЛТД, 2017. – С. 203-204.

9. Нетіс В.І. Формування симбіотичного апарату сої залежно від інокуляції насіння, сорту та фону живлення в умовах зрошення /В. І. Нетіс // Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матеріали XI1 наукової конференції молодих вчених (м. Чернігів, 24-25 жовтня 2017 р.) /Національна академія аграрних наук України, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. – Чернігів: Видавець Брагінець О. В., 2017. – С. 38-40.

10. Нетіс В.І. Сортова технологія вирощування сої в умовах зрошення / В. І. Нетіс //Матеріали регіональної наук.-практ. інтернет-конф. "Зрошене землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи" (2-3 листопада 2017 р.): [До 80-річчя професора Ківера В. Ф.]. – Дніпро: ДДАЕУ, 2017. – С. 71-73.

11. Нетис В. И. Оптимизация технологии выращивания сои на орошаемых землях юга Украины / В. И. Нетис // Инновационные подходы и перспективные идеи молодых ученых в аграрной науке: Сб. мат-лов междунар. науч.-практ.

конф. мол. уч. (17 ноября 2017 г., п. Кайнар). – Алматы: Таугуль-Принт, 2017. – С. 410-413.

12. Нетіс В. І. Використання рослинами сої поживних речовин з ґрунту і добрив в умовах зрошення / В. І. Нетіс // Міжнародна наукова інтернет-конференція "Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур" (м. Запоріжжя, 16 листопада 2017 р.). – Запоріжжя: ІОК НААН, 2017. – С. 126-127.

Науково-методичні рекомендації:

13. Ресурсозберігаюча екологічно безпечна технологія вирощування озимих зернових культур, сої і кукурудзи на зрошуваних землях півдня України: Науково-практичні рекомендації / Р. А. Вожегова, С. О. Заєць, Л. І. Онуфран, В. І. Нетіс [та ін.]. – Херсон: Грінь Д. С., 2015. – 44 с. *(проведення аналізу та узагальнення результатів досліджень, участь у написанні рекомендацій)*.

14. Інновації у виробництво. Особливості вирощування сільськогосподарських культур у Південному Степу України в 2017 році. Науково-практичні рекомендації / Р. А. Вожегова, С. О. Заєць, А. М. Коваленко, Ю. О. Лавриненко, В. І. Нетіс [та ін.]. – Херсон: Грінь Д. С., 2017. – 106 с. *(проведення аналізу та узагальнення результатів досліджень, участь у написанні рекомендацій)*.

Додаток Б

АКТ
впровадження науково-технічної розробки
автор розробки (організації) Нетіс Валерій Іванович (Інститут зрошуваного землеробства НААН)
Назва розробки: «**Оптимізація елементів технології вирощування сої на зрошуваних землях півдня України**»

| Коротка характеристика розробки | Результати впровадження |
|---|---|
| <p>У 2017 році були використані (впроваджені) рекомендації В.І.Нетіса, які полягають у підвищенні врожайності насіння сої сорту Софія, що досягається шляхом застосування інокуляції насіння відповідним препаратом азотфіксуючих бактерій з оптимальною дозою мінеральних добрив й оптимальною, для цього сорту, нормою висіву насіння, та обробки посівів стимулятором росту рослин Мегафол.</p> <p>При впровадженні сортової технології вирощування сої в умовах зрошення ДП ДГ Каховський Каховського району Херсонської області доведено ефективність використання сорту Софія, застосування інокуляції насіння препаратом азотфіксуючих бактерій штаму <i>Bradyrhizobium japonicum</i> в поєднанні з дозою мінеральних добрив N₃₀P₄₀, сівби нормою висіву насіння 600 тис./га та обробки посівів стимулятором росту рослин Мегафол в умовах зрошення, що забезпечує рівень урожайності насіння 3,34 т/га.</p> | <p>Площа посіву, га: 20</p> <p>Урожайність за існуючою технологією (контроль) - 2,93 т/га.</p> <p>Урожайність насіння при впровадженні розробки, т/га: 3,34.</p> <p>Економічний ефект від впровадження 3850, грн/га:</p> <p>Інші показники: Прибавка врожаю 0,41 т/га, покращення показників якості насіння, раціональніше використання енергетичних і трудових ресурсів.</p> |

(Фінансовими відносинами не являється)

Представник господарства:

Директор ДП ДГ Каховський

Представник автора розробки

(«Інститут зрошуваного землеробства НААН України»)
5.10.2017 р.

Проценко Володимир Вікторович

Нетіс Валерій Іванович



Handwritten signature in blue ink.

Додаток В

Водно-фізичні властивості ґрунту дослідного поля
(дані Інституту зрошуваного землеробства НААН)

| Шар ґрунту, см | Найменша вологоємність (НВ),% | Вологість в'янення, % | | Щільність ґрунту, г/см ³ | Запас продуктивної вологи, м ³ /га |
|----------------|-------------------------------|------------------------|--------|-------------------------------------|---|
| | | від абс. сухого ґрунту | від НВ | | |
| 0-10 | 23,0 | 9,3 | 40,4 | 1,3 | 178 |
| 10-20 | 22,4 | 9,3 | 41,5 | 1,4 | 183 |
| 20-30 | 22,1 | 9,6 | 43,4 | 1,4 | 175 |
| 30-40 | 21,0 | 9,6 | 45,7 | 1,5 | 171 |
| 40-50 | 21,3 | 9,6 | 45,1 | 1,4 | 164 |
| 50-60 | 21,2 | 9,6 | 45,3 | 1,4 | 162 |
| 60-70 | 21,5 | 9,4 | 43,7 | 1,4 | 169 |
| 70-80 | 20,8 | 9,1 | 43,7 | 1,5 | 175 |
| 80-90 | 20,6 | 9,0 | 43,3 | 1,4 | 162 |
| 90-100 | 21,0 | 9,5 | 45,2 | 1,4 | 161 |
| 0-70 | 21,8 | 9,5 | 43,6 | 1,4 | 1202 |
| 0-100 | 21,5 | 9,4 | 43,1 | 1,4 | 1700 |

Додаток Д
Характеристика погодних умов у роки проведення досліджень
за даними Херсонської метеостанції

| Місяць | 2015 р. | 2016 р. | 2017 р. | Кліматична норма |
|--|---------|---------|---------|------------------|
| Кількість опадів за місяцями, мм | | | | |
| Січень | 39,8 | 67,3 | 27,5 | 28,1 |
| Лютий | 47,4 | 30,9 | 13,2 | 29,7 |
| Березень | 55,7 | 19,5 | 5,1 | 29,7 |
| Квітень | 68,8 | 56,8 | 87,9 | 33,8 |
| Травень | 86,9 | 20,7 | 25,6 | 45,8 |
| Червень | 38,3 | 43,0 | 10,3 | 52,7 |
| Липень | 104,6 | 46,3 | 39,8 | 49,0 |
| Серпень | 12,1 | 26,7 | 4,8 | 37,4 |
| Вересень | 4,6 | 33,2 | 0,7 | 44,6 |
| Жовтень | 18,6 | 74,4 | 11,3 | 32,5 |
| Листопад | 44,2 | 34,2 | 5,4 | 37,1 |
| Грудень | 2,1 | 26,3 | 5,9 | 34,1 |
| За рік | 523,1 | 380,8 | 380,6 | 454,2 |
| Середньодобова температура повітря, °С | | | | |
| Січень | -0,4 | -3,6 | -4,7 | -2,2 |
| Лютий | 0,8 | 4,0 | -0,8 | -1,0 |
| Березень | 5,2 | 6,3 | 7,0 | 3,1 |
| Квітень | 9,3 | 12,6 | 9,3 | 10,0 |
| Травень | 17,0 | 18,5 | 16,3 | 16,2 |
| Червень | 20,0 | 22,1 | 22,0 | 20,3 |
| Липень | 23,4 | 24,4 | 23,4 | 22,7 |
| Серпень | 24,2 | 24,7 | 25,4 | 21,9 |
| Вересень | 20,9 | 18,0 | 19,9 | 16,8 |
| Жовтень | 9,4 | 8,4 | 12,0 | 10,2 |
| Листопад | 7,3 | 4,0 | 40,6 | 4,0 |
| Грудень | 2,3 | -1,2 | 35,4 | -0,2 |
| За рік | 11,6 | 11,5 | 11,7 | 10,3 |

Додаток Е

Дати настання фаз розвитку рослин сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву (2015 р.)

| Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Сходи | Гілкування | Цвітіння | Формування бобів | Налив насіння | Повна стиглість |
|--|-----------------------|-------|------------|----------|------------------|---------------|-----------------|
| Аратга | | | | | | | |
| без добрив | 400 | 14.05 | 13.06 | 19.06 | 10.07 | 7.08 | 6.09 |
| | 600 | 14.05 | 13.06 | 19.06 | 11.07 | 8.08 | 6.09 |
| | 800 | 14.05 | 13.06 | 20.06 | 12.07 | 9.08 | 6.09 |
| інокуляція | 400 | 14.05 | 13.06 | 19.06 | 11.07 | 7.08 | 6.09 |
| | 600 | 14.05 | 13.06 | 19.06 | 11.07 | 8.08 | 6.09 |
| | 800 | 14.05 | 13.06 | 20.06 | 12.07 | 9.08 | 6.09 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 14.05 | 14.06 | 23.06 | 12.07 | 7.08 | 7.09 |
| | 600 | 14.05 | 14.06 | 23.06 | 13.07 | 8.08 | 7.09 |
| | 800 | 14.05 | 14.06 | 23.06 | 14.07 | 9.08 | 8.09 |
| Софія | | | | | | | |
| без добрив | 400 | 14.05 | 13.06 | 20.06 | 12.07 | 9.08 | 12.09 |
| | 600 | 14.05 | 13.06 | 20.06 | 13.07 | 10.08 | 12.09 |
| | 800 | 14.05 | 13.06 | 20.06 | 13.07 | 11.08 | 12.09 |
| інокуляція | 400 | 14.05 | 13.06 | 20.06 | 12.07 | 9.08 | 12.09 |
| | 600 | 14,05 | 13.06 | 20.06 | 13,07 | 10.08 | 12.09 |
| | 800 | 14.05 | 13.06 | 20.06 | 14.07 | 11.08 | 12.09 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 14.05 | 14.06 | 23.06 | 13.07 | 10.08 | 13.09 |
| | 600 | 14.05 | 14.06 | 23.06 | 14.07 | 11.08 | 13.09 |
| | 800 | 14.05 | 14.06 | 23.06 | 15.07 | 12.08 | 14.09 |

Додаток Е.2

Дати настання фаз розвитку рослин сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву (2016 р.)

| Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Сходи | Гілкування | Цвітіння | Формування бобів | Налив насіння | Повна стиглість |
|--|-----------------------|-------|------------|----------|------------------|---------------|-----------------|
| Аратга | | | | | | | |
| без добрив | 400 | 11.05 | 12.06 | 20.06 | 10.07 | 8.08 | 8.09 |
| | 600 | 11.05 | 13.06 | 21.06 | 11.07 | 8.08 | 8.09 |
| | 800 | 11.05 | 14.06 | 22.06 | 12.07 | 9.08 | 8.09 |
| інокуляція | 400 | 11.05 | 12.06 | 20.06 | 11.07 | 10.08 | 8.09 |
| | 600 | 11.05 | 13.06 | 21.06 | 12.07 | 10.08 | 8.09 |
| | 800 | 11.05 | 14.06 | 22.06 | 13.07 | 11.08 | 8.09 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 11.05 | 12.06 | 23.06 | 13.07 | 12.08 | 9.08 |
| | 600 | 11.05 | 13.06 | 24.06 | 14.07 | 13.08 | 9.08 |
| | 800 | 11.05 | 14.06 | 25.06 | 15.07 | 14.08 | 9.08 |
| Софія | | | | | | | |
| без добрив | 400 | 12.05 | 12.06 | 21.06 | 12.07 | 10.08 | 10.09 |
| | 600 | 12.05 | 13.06 | 22.06 | 12.07 | 11.08 | 10.09 |
| | 800 | 12.05 | 14.06 | 23.06 | 13.07 | 12.08 | 10.09 |
| інокуляція | 400 | 12.05 | 12.06 | 21.06 | 12.07 | 11.08 | 10.09 |
| | 600 | 12.05 | 13.06 | 22.06 | 13.07 | 12.08 | 10.09 |
| | 800 | 12.05 | 14.06 | 23.06 | 14.07 | 13.08 | 11.09 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 12.05 | 12.06 | 24.06 | 15.07 | 14.08 | 10.09 |
| | 600 | 12.05 | 13.06 | 25.06 | 16.07 | 14.08 | 10.09 |
| | 800 | 12.05 | 14.06 | 25.06 | 17.07 | 15.08 | 11.09 |

Додаток Е.3

Дати настання фаз розвитку рослин сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву (2017 р.)

| Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Сходи | Гілкування | Цвітіння | Формування бобів | Налив насіння | Повна стиглість |
|--|-----------------------|-------|------------|----------|------------------|---------------|-----------------|
| Аратга | | | | | | | |
| без добрив | 400 | 7.05 | 10.06 | 26.06 | 9.07 | 2.08 | 6.09 |
| | 600 | 7.05 | 10.06 | 26.06 | 9.07 | 2.08 | 6.09 |
| | 800 | 7.05 | 10.06 | 26.06 | 9.07 | 2.08 | 6.09 |
| інокуляція | 400 | 7.05 | 10.06 | 26.06 | 9.07 | 2.08 | 6.09 |
| | 600 | 7.05 | 10.06 | 26.06 | 9.07 | 2.08 | 6.09 |
| | 800 | 7.05 | 10.06 | 26.06 | 9.07 | 2.08 | 6.09 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 7.05 | 10.06 | 26.06 | 9.07 | 4.08 | 7.09 |
| | 600 | 7.05 | 10.06 | 26.06 | 9.07 | 4.08 | 7.09 |
| | 800 | 7.05 | 10.06 | 26.06 | 9.07 | 4.08 | 7.09 |
| Софія | | | | | | | |
| без добрив | 400 | 7.05 | 10.06 | 29.06 | 12.07 | 7.08 | 11.09 |
| | 600 | 7.05 | 10.06 | 29.06 | 12.07 | 7.08 | 11.09 |
| | 800 | 7.05 | 10.06 | 29.06 | 12.07 | 7.08 | 11.09 |
| інокуляція | 400 | 7.05 | 10.06 | 29.06 | 12.07 | 7.08 | 11.09 |
| | 600 | 7.05 | 10.06 | 29.06 | 12.07 | 7.08 | 11.09 |
| | 800 | 7.05 | 10.06 | 29.06 | 12.07 | 7.08 | 11.09 |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 7.05 | 10.06 | 29.06 | 13.07 | 8.08 | 12.09 |
| | 600 | 7.05 | 10.06 | 29.06 | 13.07 | 8.08 | 12.09 |
| | 800 | 7.05 | 10.06 | 29.06 | 13.07 | 8.08 | 12.09 |

Додаток Ж

Висота рослин сої у повну стиглість за різних сортів і технологічних заходів вирощування, см

| Сорт | Фон живлення | Норма висіву, тис./га | 2015 р. | 2016 р. | 2017 р. | Середня | |
|--|--|-----------------------|---------|---------|---------|---------|----|
| Аратга | без добрив | 400 | 100 | 117 | 112 | 110 | |
| | | 600 | 105 | 120 | 113 | 113 | |
| | | 800 | 103 | 121 | 114 | 113 | |
| | інокуляція | 400 | 106 | 125 | 107 | 113 | |
| | | 600 | 111 | 126 | 106 | 114 | |
| | | 800 | 113 | 121 | 112 | 115 | |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 116 | 129 | 114 | 120 | |
| | | 600 | 116 | 127 | 118 | 120 | |
| | | 800 | 115 | 118 | 116 | 116 | |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 111 | 127 | 114 | 117 | |
| | | 600 | 113 | 125 | 116 | 118 | |
| | | 800 | 111 | 108 | 117 | 112 | |
| | Софія | без добрив | 400 | 80 | 91 | 95 | 89 |
| | | | 600 | 80 | 88 | 99 | 89 |
| | | | 800 | 81 | 84 | 94 | 86 |
| інокуляція | | 400 | 87 | 88 | 98 | 91 | |
| | | 600 | 88 | 89 | 95 | 91 | |
| | | 800 | 91 | 88 | 94 | 91 | |
| N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | | 400 | 92 | 96 | 99 | 96 | |
| | | 600 | 97 | 100 | 99 | 99 | |
| | | 800 | 95 | 95 | 95 | 95 | |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | | 400 | 96 | 99 | 92 | 96 | |
| | | 600 | 96 | 97 | 99 | 97 | |
| | | 800 | 98 | 91 | 95 | 95 | |

Додаток 3

Частка бобів і насінин сформованих на головних і бокових стеблах залежно від елементів технології, % (середнє за 2015-2016 рр.)

| Сорт | Фон живлення | Норма висіву, тис./га | Відсоток бобів на | | Відсоток насінин на | | |
|--|--|-----------------------|-------------------|-----------------|---------------------|-----------------|------|
| | | | головних стеблах | бокових стеблах | головних стеблах | бокових стеблах | |
| Аратта | без добрив | 400 | 76,7 | 23,4 | 75,6 | 24,4 | |
| | | 600 | 82,1 | 17,9 | 79,2 | 20,9 | |
| | | 800 | 89,1 | 5,9 | 93,9 | 6,1 | |
| | інокуляція | 400 | 73,6 | 26,4 | 71,6 | 28,5 | |
| | | 600 | 83,8 | 16,3 | 82,3 | 17,7 | |
| | | 800 | 89,0 | 11,0 | 88,1 | 11,7 | |
| | N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 76,8 | 25,5 | 73,6 | 26,4 | |
| | | 600 | 84,8 | 14,7 | 84,6 | 15,5 | |
| | | 800 | 87,2 | 12,9 | 86,7 | 13,3 | |
| | N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | 400 | 69,8 | 30,2 | 70,2 | 29,6 | |
| | | 600 | 81,9 | 18,1 | 81,3 | 18,7 | |
| | | 800 | 82,4 | 17,7 | 82,5 | 17,6 | |
| | Софія | без добрив | 400 | 56,2 | 43,9 | 56,8 | 43,2 |
| | | | 600 | 66,5 | 33,5 | 66,6 | 33,4 |
| | | | 800 | 76,0 | 24,0 | 78,2 | 21,9 |
| інокуляція | | 400 | 74,2 | 25,9 | 71,9 | 28,1 | |
| | | 600 | 76,2 | 23,9 | 75,9 | 24,2 | |
| | | 800 | 79,1 | 21,0 | 79,3 | 20,8 | |
| N ₃₀ P ₄₀ + інокуляція | | 400 | 74,2 | 25,8 | 73,2 | 16,8 | |
| | | 600 | 81,7 | 18,3 | 79,6 | 20,5 | |
| | | 800 | 89,7 | 10,3 | 89,5 | 10,5 | |
| N ₆₀ P ₄₀ + інокуляція | | 400 | 67,1 | 33,0 | 66,6 | 33,4 | |
| | | 600 | 79,8 | 20,3 | 78,9 | 21,2 | |
| | | 800 | 94,0 | 6,0 | 93,1 | 6,9 | |
| NIP ₀₅ | | | 5,1 | 5,3 | 5,2 | 5,2 | |

Додаток И

Вміст азоту, фосфору і калію в рослинах сої в основні фази розвитку
(середнє за 2015-2016 рр.).

| Сорт | Фон живлення | Гілкування | Цвітіння | Утворення бобів | Налив насіння | Повна стиглість |
|--------|--|------------|----------|-----------------|---------------|-----------------|
| Азот | | | | | | |
| Аратта | контроль | 2,43 | 2,16 | 2,39 | 2,23 | 0,81 |
| | інокуляція | 2,73 | 2,41 | 2,31 | 2,38 | 0,66 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інокул. | 2,84 | 2,47 | 2,42 | 2,04 | 0,65 |
| Софія | контроль | 2,52 | 2,25 | 2,25 | 2,24 | 0,71 |
| | інокуляція | 2,48 | 2,48 | 2,41 | 2,38 | 0,63 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інокул. | 2,87 | 2,54 | 2,55 | 2,11 | 0,56 |
| Фосфор | | | | | | |
| Аратта | контроль | 0,63 | 0,51 | 0,52 | 0,52 | 0,30 |
| | інокуляція | 0,60 | 0,54 | 0,50 | 0,55 | 0,20 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інокул. | 0,60 | 0,49 | 0,54 | 0,50 | 0,20 |
| Софія | контроль | 0,61 | 0,47 | 0,52 | 0,49 | 0,17 |
| | інокуляція | 0,66 | 0,58 | 0,53 | 0,52 | 0,23 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інокул. | 0,69 | 0,59 | 0,59 | 0,57 | 0,23 |

Додаток К

Споживання елементів живлення рослинами сої протягом вегетації, %
до максимального споживання (середнє за 2015-2016 рр.).

| Сорт | Фон живлення | Гілкування | Цвітіння | Утворення бобів | Налив насіння | Повна стиглість |
|--------|--|------------|----------|-----------------|---------------|-----------------|
| Азот | | | | | | |
| Аратта | без добрив | 15,8 | 37,2 | 60,5 | 100,0 | 68,4 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 23,3 | 59,7 | 83,2 | 100,0 | 83,5 |
| Софія | без добрив | 16,3 | 46,4 | 61,9 | 100,0 | 67,1 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 19,9 | 50,4 | 79,6 | 100,0 | 68,0 |
| Фосфор | | | | | | |
| Аратта | без добрив | 17,8 | 38,7 | 55,0 | 100,0 | 90,0 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 19,2 | 46,4 | 70,6 | 100,0 | 92,4 |
| Софія | без добрив | 19,2 | 41,4 | 67,4 | 100,0 | 73,4 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 18,8 | 52,2 | 83,4 | 100,0 | 92,7 |
| Калій | | | | | | |
| Арата | без добрив | 28,1 | 54,2 | 67,9 | 100,0 | 63,8 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 30,4 | 70,7 | 81,1 | 100,0 | 63,2 |
| Софія | без добрив | 27,6 | 62,3 | 78,4 | 100,0 | 63,6 |
| | N ₆₀ P ₄₀ +інок. | 23,2 | 47,8 | 73,2 | 100,0 | 54,3 |

Додаток Л

Результати дисперсійного аналізу врожайності сої в трифакторному досліді (для середнього за 2015-2017 рр.)

| Результати дисперсійного аналізу | | | | | | |
|----------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--------|-------|-------|
| Джерело варіації | Сума квадратів | Ступені свободи | Середній квадрат | F | | t |
| | | | | факт. | теор. | |
| Загальне (Cy) | 964,055 | 287 | – | – | – | – |
| Повторень (Cp) | 3,365 | 11 | – | – | – | – |
| Фактор А | 161,251 | 3 | 53,750 | 228,65 | 3,86 | – |
| Похибки I (Czi) | 2,116 | 9 | 0,235 | – | – | 2,260 |
| Фактор В | 358,101 | 9 | 39,789 | 268,6 | 2,34 | – |
| Взаємодії АВ | 148,141 | 9 | 16,460 | 111,12 | 2,34 | – |
| Похибки II (CzII) | 7,999 | 54 | 0,148 | – | – | 2,010 |
| Фактор С | 76,573 | 6 | 12,762 | 61,67 | 2,79 | – |
| Взаємодії АС | 9,602 | 6 | 1,600 | 7,73 | 2,79 | – |
| Взаємодії ВС | 136,2836 | 18 | 7,571 | 36,59 | 2,29 | – |
| Взаємодії АВС | 30,824 | 18 | 1,712 | 8,28 | 2,29 | – |
| Похибки III (CzIII) | 29,799 | 144 | 0,207 | – | – | 1,960 |

5. Оцінка істотності часткових відмінностей:

а) ділянки першого порядку (фактор А)

$$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s_I^2}{n}} = 0,343$$

найменша істотна різниця (при 5% рівні значущості)

$$HIP_{05} = t_{05(01)} \cdot sd = 2,260 \cdot 0,343 = 0,775 > 0$$

б) ділянки другого порядку (фактор В)

$$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s_{II}^2}{n}} = 0,272$$

$$HIP_{05} = t_{05(01)} \cdot sd = 2,010 \cdot 0,272 = 0,547 > 0$$

в) ділянки третього порядку (фактор С)

$$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s_{III}^2}{n}} = 0,322$$

$$HIP_{05} = t_{05(01)} \cdot sd = 1,960 \cdot 0,322 = 0,630 > 0$$

Додаток М

Результати дисперсійного аналізу врожайності сої в досліді з вивчення ефективності регуляторів росту рослин (для середнього за 2015-2017 рр.)

| Результати дисперсійного аналізу | | | | | | |
|---|----------------|-----------------|------------------|--------|-------|-------|
| Джерело варіації | Сума квадратів | Ступені свободи | Середній квадрат | F | | t |
| | | | | факт. | теор. | |
| Загальне | 432,1783 | 119 | – | – | – | – |
| Повторень | 80,4670 | 11 | – | – | – | – |
| Фактор А | 99,3720 | 3 | 33,124 | 205,41 | 3,86 | – |
| Похибки I (C_{zi}) | 1,4513 | 9 | 0,161 | – | – | 2,260 |
| Фактор В | 220,8775 | 12 | 18,406 | 50,55 | 1,98 | – |
| Взаємодії АВ | 3,7922 | 12 | 0,316 | 0,87 | 1,98 | – |
| Похибки II (C_{zII}) | 26,2183 | 72 | 0,364 | – | – | 2,010 |

5. Оцінка істотності часткових відмінностей:

5.1. Ділянки першого порядку (фактор А)

а) похибка різниці середніх

$$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s_I^2}{n}} = 0,284$$

б) найменша істотна різниця (при 5% рівні значущості)

$$HIP_{05} = t_{05(01)} \cdot sd = 2,260 \cdot 0,284 = 0,642 \text{ ц/га}$$

5.2. Ділянки другого порядку (фактор В)

$$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s_{II}^2}{n}} = 0,427$$

$$HIP_{05} = t_{05(01)} \cdot sd = 2,010 \cdot 0,427 = 0,858 \text{ ц/га}$$

Додаток Н

Технологічні витрати та їх структура при вирощуванні сої

| Склад витрат | Без добрив | | | | | |
|--------------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
| | 400 тис./га | | 600 тис./га | | 800 тис./га | |
| | грн/га | % | грн/га | % | грн/га | % |
| | Сорт Аратта | | | | | |
| Зарплата з нарахуваннями | 442,26 | 4,2 | 442,59 | 4,0 | 442,14 | 3,8 |
| Паливо | 4982,16 | 47,0 | 4982 | 44,7 | 4982 | 43,0 |
| Насіння | 737,0 | 6,8 | 1100 | 9,9 | 1470 | 12,7 |
| Мінеральні добрива | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Вода | 2640,0 | 24,3 | 2640,0 | 23,7 | 2640,0 | 22,8 |
| Засоби захисту рослин | 546,45 | 5,0 | 571,20 | 5,1 | 595,95 | 5,1 |
| Електроенергія | 183,99 | 1,7 | 184,21 | 1,7 | 184,26 | 1,6 |
| Транспорт | 49,0 | 0,5 | 51,94 | 0,5 | 52,82 | 0,5 |
| Амортизація | 24,15 | 0,2 | 23,60 | 0,2 | 23,52 | 0,2 |
| Поточний ремонт | 22,34 | 0,2 | 21,90 | 0,2 | 21,91 | 0,2 |
| Страхові платежі | 113,79 | 1,0 | 119,17 | 1,1 | 119,61 | 1,0 |
| Всього прямих витрат | 9873 | 90,9 | 10135 | 90,9 | 10532 | 90,9 |
| Накладні витрати | 987,35 | 9,1 | 1013,5 | 9,1 | 1053 | 9,1 |
| Всього витрат | 10861 | 100 | 11148 | 100 | 11586 | 100 |
| | Інокуляція | | | | | |
| | 400 тис./га | | 600 тис./га | | 800 тис./га | |
| Зарплата нарахуваннями | 441,23 | 4,1 | 445,41 | 4,0 | 444,0 | 3,8 |
| Паливо | 4982,26 | 46,3 | 4982,2 | 44,5 | 4982,2 | 42,8 |
| Насіння | 737,0 | 6,8 | 1070 | 9,6 | 1470 | 12,6 |
| Мінеральні добрива | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Вода | 2640 | 24,5 | 2640 | 23,4 | 2640 | 22,7 |
| Засоби захисту рослин | 570,95 | 5,3 | 608,65 | 5,4 | 644,0 | 5,5 |
| Електроенергія | 184,42 | 1,7 | 184,79 | 1,7 | 184,48 | 1,6 |
| Транспорт | 54,26 | 0,5 | 59,06 | 0,5 | 55,63 | 0,5 |
| Амортизація | 23,62 | 0,2 | 23,80 | 0,2 | 23,64 | 0,2 |
| Поточний ремонт | 21,98 | 0,2 | 22,11 | 0,2 | 21,99 | 0,2 |
| Страхові платежі | 126,33 | 1,2 | 136,19 | 1,2 | 126,34 | 1,1 |
| Всього прямих витрат | 9782,5 | 90,9 | 10172 | 90,9 | 10593 | 90,9 |
| Накладні витрати | 978,21 | 9,1 | 1017 | 9,1 | 1059 | 9,1 |
| Всього витрат | 10760 | 100 | 11190 | 100 | 11653 | 100 |

Продовження додатку Н

| Склад витрат | Інокуляція + N ₃₀ P ₄₀ | | | | | |
|------------------------|--|------|-------------|------|-------------|------|
| | 400 тис./га | | 600 тис./га | | 800 тис./га | |
| | грн/га | % | грн/га | % | грн/га | % |
| Зарплата нарахуваннями | 496,25 | 4,0 | 497,01 | 3,9 | 496,66 | 3,7 |
| Паливо | 5091,25 | 40,9 | 5091,25 | 39,5 | 5091,2 | 38,2 |
| Насіння | 737,0 | 5,9 | 1100 | 8,5 | 1470 | 11,0 |
| Мінеральні добрива | 1370,60 | 11,0 | 1370,60 | 10,6 | 1370,60 | 10,3 |
| Вода | 2640 | 21,2 | 2640 | 20,5 | 2640 | 19,8 |
| Засоби захисту рослин | 570,95 | 4,6 | 609,7 | 4,7 | 644,95 | 4,8 |
| Електроенергія | 184,31 | 1,5 | 184,27 | 1,4 | 184,3 | 1,4 |
| Транспорт | 52,94 | 0,4 | 52,69 | 0,4 | 52,75 | 0,4 |
| Амортизація | 24,83 | 0,2 | 24,80 | 0,2 | 24,70 | 0,2 |
| Поточний ремонт | 22,78 | 0,2 | 22,77 | 0,2 | 22,78 | 0,2 |
| Страхові платежі | 123,2 | 1,0 | 120,96 | 0,9 | 114,691 | 0,9 |
| Всього прямих витрат | 11314 | 90,9 | 11714 | 90,9 | 12110 | 90,9 |
| Накладні витрати | 1131,41 | 9,1 | 1171,41 | 9,1 | 1211,39 | 9,1 |
| Всього витрат | 12445,5 | 100 | 12885,4 | 100 | 13321 | 100 |
| | Інокуляція + N ₆₀ P ₄₀ | | | | | |
| | 400 тис./га | | 600 тис./га | | 800 тис./га | |
| | грн/га | % | грн/га | % | грн/га | % |
| Зарплата нарахуваннями | 509,96 | 3,9 | 510,85 | 3,8 | 509,22 | 3,6 |
| Паливо | 5095,15 | 38,7 | 5095,15 | 37,6 | 5095,15 | 36,5 |
| Насіння | 737,0 | 5,6 | 1100,0 | 8,1 | 1470 | 10,5 |
| Мінеральні добрива | 1994,0 | 15,2 | 1948,10 | 14,4 | 1948,10 | 13,9 |
| Вода | 2640 | 20,1 | 2640 | 19,5 | 2640 | 18,9 |
| Засоби захисту рослин | 570,95 | 4,3 | 609,70 | 4,5 | 644,95 | 4,6 |
| Електроенергія | 184,28 | 1,4 | 184,25 | 1,4 | 184,25 | 1,3 |
| Транспорт | 52,57 | 0,4 | 52,50 | 0,4 | 48,69 | 0,3 |
| Амортизація | 25,18 | 0,2 | 25,16 | 0,2 | 24,98 | 0,2 |
| Поточний ремонт | 23,02 | 0,2 | 23,0 | 0,2 | 22,88 | 0,2 |
| Страхові платежі | 122,30 | 0,9 | 120,51 | 0,9 | 120,76 | 0,8 |
| Всього прямих витрат | 11954,7 | 90,9 | 12309,2 | 90,9 | 12697,7 | 90,9 |
| Накладні витрати | 1195,47 | 9,1 | 1230,92 | 9,1 | 1269,77 | 9,1 |
| Всього витрат | 13150,2 | 100 | 13540,1 | 100 | 13967 | 100 |

Продовження додатку Н

| Склад витрат | Без добрив | | | | | |
|--------------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
| | 400 тис./га | | 600 тис./га | | 800 тис./га | |
| | грн/га | % | грн/га | % | грн/га | % |
| | Сорт Софія | | | | | |
| Зарплата з нарахуваннями | 456,89 | 4,3 | 461,21 | 4,1 | 463,38 | 4,0 |
| Паливо | 4982,26 | 46,5 | 4982,26 | 44,6 | 2982,26 | 42,9 |
| Насіння | 735,0 | 6,9 | 1100 | 9,8 | 1470,0 | 12,7 |
| Мінеральні добрива | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Вода | 2640 | 24,6 | 2640 | 23,6 | 2640 | 22,7 |
| Засоби захисту рослин | 546,45 | 5,1 | 568,95 | 5,1 | 593,70 | 5,1 |
| Електроенергія | 183,86 | 1,7 | 184,25 | 1,6 | 184,37 | 1,6 |
| Транспорт | 47,50 | 0,4 | 52,50 | 0,5 | 54,31 | 0,5 |
| Амортизація | 23,34 | 0,2 | 23,53 | 0,2 | 23,58 | 0,2 |
| Поточний ремонт | 21,78 | 0,2 | 21,91 | 0,2 | 21,96 | 0,2 |
| Страхові платежі | 110,2 | 1,0 | 120,51 | 1,1 | 123,2 | 1,1 |
| Всього прямих витрат | 9747,29 | 90,9 | 10155,1 | 90,9 | 10556,7 | 90,9 |
| Накладні витрати | 974,73 | 9,1 | 1015,51 | 9,1 | 1055,68 | 9,1 |
| Всього витрат | 10722 | 100 | 11170,6 | 100 | 11612,4 | 100 |
| | Інокуляція | | | | | |
| | 400 тис./га | | 600 тис./га | | 800 тис./га | |
| Зарплата нарахуваннями | 462,47 | 4,3 | 465,52 | 4,2 | 464,40 | 4,0 |
| Паливо | 4982,26 | 46,2 | 4982,26 | 44,6 | 4982,26 | 42,7 |
| Насіння | 735,0 | 6,8 | 1030,0 | 9,2 | 1470,0 | 12,6 |
| Мінеральні добрива | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Вода | 2640 | 24,5 | 2640 | 23,6 | 2640 | 22,6 |
| Засоби захисту рослин | 570,60 | 5,3 | 607,25 | 5,4 | 642,0 | 5,5 |
| Електроенергія | 184,54 | 1,7 | 184,77 | 1,7 | 184,50 | 1,6 |
| Транспорт | 55,75 | 0,5 | 58,87 | 0,5 | 55,81 | 0,5 |
| Амортизація | 23,68 | 0,2 | 23,79 | 0,2 | 23,65 | 0,2 |
| Поточний ремонт | 22,02 | 0,2 | 22,10 | 0,2 | 22,0 | 0,2 |
| Страхові платежі | 129,92 | 1,2 | 135,74 | 1,2 | 126,78 | 1,1 |
| Всього прямих витрат | 9806,25 | 90,9 | 10150,3 | 90,9 | 10611,4 | 90,9 |
| Накладні витрати | 980,62 | 9,1 | 1015,03 | 9,1 | 1061,14 | 9,1 |
| Всього витрат | 10786,9 | 100 | 11165,3 | 100 | 11672,5 | 100 |

Продовження додатку Н

| Склад витрат | Інокуляція + N ₃₀ P ₄₀ | | | | | |
|------------------------|--|------|-------------|------|-------------|------|
| | 400 тис./га | | 600 тис./га | | 800 тис./га | |
| | грн/га | % | грн/га | % | грн/га | % |
| Зарплата нарахуваннями | 498,53 | 3,9 | 503,35 | 3,8 | 501,60 | 3,7 |
| Паливо | 5090,25 | 40,1 | 5091,25 | 38,7 | 5091,25 | 37,5 |
| Насіння | 735,0 | 5,8 | 1100,01 | 8,4 | 1470,0 | 10,8 |
| Мінеральні добрива | 1578,5 | 12,4 | 1578,50 | 12,0 | 1578,5 | 11,6 |
| Вода | 2640 | 20,8 | 2640 | 20,1 | 2640 | 19,4 |
| Засоби захисту рослин | 570,60 | 4,5 | 605,0 | 4,6 | 642,0 | 4,7 |
| Електроенергія | 184,59 | 1,5 | 185,03 | 1,4 | 184,69 | 1,4 |
| Транспорт | 56,31 | 0,4 | 62,06 | 0,5 | 50,07 | 0,4 |
| Амортизація | 24,97 | 0,1 | 25,19 | 0,2 | 25,0 | 0,2 |
| Поточний ремонт | 22,88 | 0,2 | 23,04 | 0,2 | 22,98 | 0,2 |
| Страхові платежі | 131,26 | 1,0 | 143,36 | 1,1 | 132,16 | 1,0 |
| Всього прямих витрат | 11533,9 | 90,9 | 11956,8 | 90,1 | 12346,2 | 90,9 |
| Накладні витрати | 1153,39 | 9,1 | 1195,68 | 9,1 | 1234,6 | 9,1 |
| Всього витрат | 12687,3 | 100 | 13152,4 | 100 | 13580,8 | 100 |
| | Інокуляція + N ₆₀ P ₄₀ | | | | | |
| | 400 тис./га | | 600 тис./га | | 800 тис./га | |
| | грн/га | % | грн/га | % | грн/га | % |
| Зарплата нарахуваннями | 511,98 | 3,8 | 512,49 | 3,7 | 512,39 | 3,6 |
| Паливо | 5095,15 | 38,2 | 5095,15 | 37,0 | 5095,15 | 35,8 |
| Насіння | 735,0 | 5,5 | 1100,0 | 8,0 | 1470,0 | 10,3 |
| Мінеральні добрива | 2156,0 | 16,2 | 2156,0 | 15,7 | 2156,0 | 15,2 |
| Вода | 2640 | 19,8 | 2640 | 19,2 | 2640 | 18,6 |
| Засоби захисту рослин | 570,60 | 4,3 | 605,0 | 4,4 | 642,0 | 4,5 |
| Електроенергія | 184,53 | 1,4 | 184,45 | 1,3 | 184,30 | 1,3 |
| Транспорт | 55,56 | 0,4 | 54,94 | 0,4 | 53,38 | 0,4 |
| Амортизація | 25,30 | 0,2 | 25,26 | 0,2 | 25,18 | 0,2 |
| Поточний ремонт | 23,11 | 0,2 | 23,08 | 0,2 | 23,02 | 0,2 |
| Страхові платежі | 129,47 | 1,0 | 126,34 | 0,9 | 120,96 | 0,9 |
| Всього прямих витрат | 12126,7 | 90,9 | 12522,7 | 90,9 | 12922,4 | 90,9 |
| Накладні витрати | 1212,7 | 9,1 | 1252,27 | 9,1 | 1292,24 | 9,1 |
| Всього витрат | 13339,4 | 100 | 13775,0 | 100 | 14214,6 | 100 |