

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

КОРШЕВНЮК СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ

УДК: 633.658:638.5 (477.4+292.485)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕРНА СОЧЕВИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД  
ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ  
ПІДЖИВЛЕНЬ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

201 Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

 С.П. Коршевнюк

Науковий керівник: Дідур Ігор Миколайович, к.с.-г.н., доцент

Вінниця – 2023

## АНОТАЦІЯ

*Коршевніюк С.П.* Формування продуктивності зерна сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень в умовах Лісостепу правобережного. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія. - Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, 2023.

Дисертаційна робота присвячена вивченню процесів росту і розвитку рослин сочевиці, формування асиміляційної поверхні та симбіотичного потенціалу з пошуком оптимальних варіантів реалізації вказаних процесів у величині та якості сформованого врожаю за передпосівної обробки насіння інокулянтном і мікроелементами та проведенні системи позакореневих підживлень.

У дисертації вивчено особливості та закономірності наростання вегетативної маси рослин у співвідношенні до розвитку і формування їх асиміляційної поверхні та видової структури симбіотичного потенціалу. Досліджено діяльність фотосистеми рослин сочевиці на основі її реакції на застосовані технологічні заходи оптимізації живлення сочевиці з огляду на базові та індикаторні показники кривої індукції флуоресценції хлорофілу. Визначено особливості формування індивідуальної структури зернової продуктивності, якісних показників хімічного складу зерна. На основі застосування кореляційного та регресійного аналізу сформульовано оптимальні гідротермічні режими вегетації сочевиці, які у взаємодії із застосованими технологічними заходами оптимізації живлення рослин забезпечать максимальну реалізацію урожайного потенціалу даної сільськогосподарської культури.

У дисертаційній роботі представлено конкретні шляхи вирішення наукової проблеми стабілізації та підвищення реалізації урожайного потенціалу районованих сортів сочевиці за рахунок комплексного підходу до поліпшення її

живлення у системі як передпосівної підготовки насіння, так і за рахунок технологічної її корекції у варіанті підбору оптимальних варіантів позакоренових підживлень по вегетації.

Деталізовано історію походження та народногосподарське значення сочевиці та її значимість для України у забезпеченні продовольчої безпеки держави як стратегічної нішевої культури. Розглянуто сучасні підходи до системи її удобрення та технологій застосування альтернативних її варіантів з огляду на сучасні підходи та асортимент агрохімікатів.

Досліджено особливості гідротермічних умов вегетації сочевиці на основі потенціалу родючості сірих лісових ґрунтів з позиції забезпечення достатніх ресурсів для фізіологічної реалізації процесів росту і розвитку рослин сочевиці та формування відповідних рівнів біопродуктивності. На підставі цього визначено сприятливі та стресові роки і погодні режими з позиції їх впливу на формування як окремих блоків ростових процесів, так і їх взаємодії із технологічними чинниками поставленими на вивчення відповідно до схеми досліджу.

Обґрунтовано оптимальність варіанту поєднання інокуляції насіння Андеріз-р (2 л/га) з передпосівною обробкою насіння Оракул насіння (1 л/т) за позакоренових підживлень у поєднанні Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблування) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації) на фоні передпосівного застосування  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Вказаний варіант сприяв оптимізації загального фенологічного розвитку рослин сочевиці із подовженням загальної тривалості вегетаційного періоду у середньому на 10 діб при подовженні найбільш продуктивних міжфазних періодів на 2–3 доби у порівнянні із варіантом де було присутнє лише фонове передпосівне удобрення. З врахуванням досить нетривалої вегетації сочевиці це сприяло істотному підвищенню загальної біопродуктивності морфогенезу рослин при підвищенні збереженості рослин на 6,3 % до контролю. Останній чинник у підсумку забезпечив максимальні рівні збереженості рослин, що гарантувало оптимальне

розміщення рослин на одиниці площі та високі показники фотосинтетичних характеристик асиміляційної поверхні рослин.

Досліджено лінійний ріст стебла із визначенням міжфазних середньодобових приростів висоти стебла, оцінено формування таких ознак як формування кількості стебел на рослині, рівня її облистківності, значення положення нижнього бобу за висотою. Деталізовано процеси формування асиміляційної поверхні як за параметрами площі, так і за показниками фотосинтетичного активного потенціалу і чистої продуктивності фотосинтезу. Окремо проаналізовано чинники індукції флуоресценції хлорофілу при застосуванні технологічних варіантів оптимізації живлення сочевиці. Аналіз проводився з огляду на гідротермічні умови та визначення їх ролі у морфогенезі рослин сочевиці у взаємодії з вивчаємими варіантами застосування інокуляції, обробки насіння мікроелементами та застосування позакореневих підживлень.

Визначено максимальне накопичення сухої речовини на фазу формування бобів  $435,8 \text{ г/м}^2$  на фоні максимальних приростів в інтервалі  $3,6\text{--}12,8 \text{ г/м}^2$  за добу у варіанті комбінованого поєднання факторів дослідження, що в 2,1 раза більше у співставленні до контролю без їх застосування. За цих умов усереднений приріст показника від інокуляції склав 32,8 %, обробки насіння мікроелементами 11,5 %, позакореневих підживлень 15,6 %.

Встановлено у системі регресійно-кореляційного аналізу істотні кореляційні пари залежностей між хлорофільним індексом і урожайністю зерна (із рівнем детермінації 75,9 %), між ФП агроценозу сочевиці та накопичення вегетативної маси (детермінація 79,2 %) і сухої речовини (детермінація 73,4 %), а також між ЧПФ агроценозу сочевиці і накопиченням вегетативної маси та сухої речовини (детермінація 80,1 та 73,4 %, відповідно). Доведена тісна залежність прямого характеру між ФП і ЧПФ агроценозу сочевиці та його врожайністю (детермінація 83,4 % та 71,2 %, відповідно).

Детально досліджено, з огляду на застосовані варіанти оптимізації живлення сочевиці, процеси формування загального та активного

симбіотичного потенціалу, тривалості періодів загального та активного симбіозу, що дозволило визначити кореляції загального та активного симбіотичного потенціалу із накопиченням вегетативної маси (детермінація 52,6 % і 47,4 %, відповідно) та сухої речовини (детермінація 40,0 % і 39,3 %, відповідно), з ФП та ЧПФ посіву сочевиці (детермінація 69,2 % і 63,7 % та 61,5 % і 56,3 %, відповідно) з урожайністю зерна (детермінація 57,8 і 73,3 %, відповідно). Встановлено потенційну можливість до біологічної фіксації азоту сочевицею на фоні застосованих факторів досліду в інтервалі від 11,2 кг/га до 100,6 кг/га.

Встановлено закономірності формування індивідуальної зернової продуктивності рослин сочевиці та загальної урожайності за поступової інтенсифікації застосованих варіантів інокуляції, обробки насіння мікроелементами та позакореневих підживлень на фоні передпосівного застосування  $N_{30}P_{30}K_{30}$  з досягненням максимально продуктивної врожайної структури рослин сочевиці у варіанті поєднання інокуляції насіння Андеріс-р (2 л/га) з передпосівною обробкою насіння Оракул насіння (1 л/т) за позакореневих підживлень у поєднанні Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації) у поєднанні таких значень показників: кількість бобів на рослині 30,7 шт/рослину (24,6 шт/рослину бобів із насінням (частка бобів із насінням 80,1 %)) при 1,56 шт. насінин у бобі з масою 1000 зерен 62,4 г, що забезпечило вихід зерна з рослини на рівні 1,16 г/рослину та формування врожайності у варіанті 1,98 т/га із вмістом сирого протеїні 29,7 %, загального азоту 4,69 %, крохмалю 55,2 %, сирій клітковини 3,44 %, що у підсумку забезпечує максимальні показники рівня рентабельності 92,6 %, комплексного коефіцієнта конкурентоспроможності 1,19 та коефіцієнта енергетичної ефективності 1,98.

**Ключові слова:** сочевиця, сорт, зернобобові культури, фенологічні фази, бульбочкові азотфіксуючі бактерії, інокуляція, мікроелементи, удобрення, мінеральні добрива, мікродобрива, врожайність, якість урожаю.

## ANNOTATION

*Korshevnyuk S.P.* Formation of lentil grain productivity depending on pre-sowing treatment of seeds and foliar fertilization in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. - Qualification scientific work with manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 Agronomy. - Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, 2023.

The dissertation work is devoted to the study of the processes of growth and development of lentil plants, the formation of the assimilation surface and symbiotic potential, with the search for optimal options for the implementation of the said processes in the size and quality of the formed crop with the pre-sowing treatment of seeds with inoculant and microelements and the implementation of a system of foliar fertilization.

The dissertation studied the peculiarities and regularities of the growth of the vegetative mass of plants in relation to the development and formation of their assimilation surface and the species structure of symbiotic potential. The activity of the photosystem of lentil plants was studied based on its response to the application of technological measures to optimize lentil nutrition in view of the basic and indicator indicators of the chlorophyll fluorescence induction curve. The peculiarities of the formation of the individual structure of grain productivity, qualitative indicators of the chemical composition of grain are determined. Based on the application of correlation and regression analysis, optimal hydrothermal regimes of lentil vegetation were formulated, which, in interaction with the applied technological measures to optimize plant nutrition, will ensure the maximum realization of the yield potential of this agricultural crop.

The dissertation presents specific ways of solving the scientific problem of stabilizing and increasing the realization of the yield potential of zoned lentil varieties due to a comprehensive approach to improving its nutrition in the system of both pre-sowing seed preparation and due to its technological correction in the option of selecting optimal options for foliar feeding during the growing season.

The history of the origin and national economic importance of lentils and its importance for Ukraine to ensure the food security of the country as a strategic niche culture are detailed. Modern approaches to the system of its fertilization and technologies for the use of its alternative options are considered, taking into account modern approaches and the assortment of agrochemicals.

Peculiarities of the hydrothermal conditions of lentil vegetation have been investigated based on the fertility potential of gray forest soils from the point of view of providing sufficient resources for the physiological implementation of the processes of growth and development of lentil plants and the formation of appropriate levels of bioproductivity. Based on this, favorable and stressful years and weather regimes were determined from the point of view of their influence on the formation of both individual blocks of growth processes, and their interaction with technological factors put to study according to the scheme of the experiment.

The optimality of the option of combining Anderiz-r seed inoculation (2 l/ha) with pre-sowing seed treatment of Oracle seeds (1 l/t) with foliar fertilization in combination with Yarylo active start PRO (2.0 l/ha in the phase of the beginning of stemming) + Avangard Bean Complex (2.0 l/ha in the budding phase) against the background of pre-sowing application of N30P30K30. This variant contributed to the optimization of the general phenological development of lentil plants with the extension of the total duration of the growing season by an average of 10 days while the most productive interphase periods were extended by 2–3 days compared to the variant where only background pre-sowing fertilizer was present. Taking into account the fairly short vegetation of lentils, this contributed to a significant increase in the overall bioproductivity of plant morphogenesis, while increasing the preservation of plants by 6.3% compared to the control. The last factor ultimately ensured the maximum levels of plant preservation, which guaranteed the optimal placement of plants per unit area and high rates of photosynthetic characteristics of the plant assimilation surface.

The linear growth of the stem was studied with the determination of the

interphase average daily growth of the stem height, the formation of such signs as the formation of the number of stems on the plant, the level of its foliage, the value of the position of the lower bean by height was evaluated. The processes of formation of the assimilation surface are detailed both in terms of area parameters and indicators of photosynthetic active potential and net productivity of photosynthesis. The factors of chlorophyll fluorescence induction when applying technological options for optimizing lentil nutrition are analyzed separately. The analysis was carried out in view of hydrothermal conditions and determination of their role in the morphogenesis of lentil plants in interaction with the studied options for the use of inoculation, treatment of seeds with trace elements and the use of foliar feeding.

The maximum accumulation of dry matter during the phase of bean formation was determined to be 435.8 g/m<sup>2</sup> against the background of maximum gains in the range of 3.6–12.8 g/m<sup>2</sup> per day in the variant of the combined combination of experimental factors, which is 2.1 times more than compared to control without their application. Under these conditions, the average growth rate from inoculation was 32.8%, seed treatment with trace elements was 11.5%, and foliar fertilization was 15.6%.

The system of regression-correlation analysis established significant correlation pairs of dependencies between the chlorophyll index and grain yield (with a determination level of 75.9%), between the FP of the lentil agroecosystem and the accumulation of vegetative mass (determination of 79.2%) and dry matter (determination of 73.4 %), as well as between the CPF of the lentil agroecosystem and the accumulation of vegetative mass and dry matter (determination of 80.1 and 73.4%, respectively). A close direct relationship between FP and FP of the lentil agroecosystem and its yield was proved (determination of 83.4% and 71.2%, respectively).

The processes of formation of the general and active symbiotic potential, the duration of the periods of general and active symbiosis, which made it possible to determine the correlations of the general and active symbiotic potential with the accumulation of vegetative mass (determination of 52.6% and 47.4 %, respectively)



and dry matter (determination of 40.0% and 39.3%, respectively), with FP and FFP of lentil sowing (determination of 69.2% and 63.7% and 61.5% and 56.3%, respectively) with grain yield (determination of 57.8 and 73.3%, respectively). The potential for biological nitrogen fixation by lentils was established against the background of the applied research factors in the range from 11.2 kg/ha to 100.6 kg/ha.

The regularities of the formation of individual grain productivity of lentil plants and total yield were established with the gradual intensification of the applied variants of inoculation, treatment of seeds with microelements and foliar fertilization against the background of pre-sowing application of N30P30K30 with the achievement of the most productive yield structure of lentil plants in the variant of combining seed inoculation with Anderiz-r (2 l/t) with pre-sowing treatment of seeds Oracle seeds (1 l/t) with foliar fertilization in combination Yarylo active start PRO (2.0 l/ha in the phase of the beginning of stemming) + Avangard Complex Legumes (2.0 l/ha in the phase of the beginning of budding) in a combination of the following values indicators: number of beans per plant 30.7 pcs/plant (24.6 pcs/plant of beans with seeds (share of beans with seeds 80.1%)) at 1.56 pcs. of seeds in beans with a weight of 1000 grains 62.4 g, which ensured the output of grain from the plant at the level of 1.16 g/plant and the formation of yield in the variant of 1.98 t/ha with the content of crude protein 29.7%, total nitrogen 4, 69%, starch 55.2%, crude fiber 3.44%, which in the end provides the maximum indicators of the profitability level of 92.6%, the complex coefficient of competitiveness of 1.19 and the coefficient of energy efficiency of 1.98.

**Key words:** lentil, sort, leguminous crops, phenological phases, nodule nitrogen-fixing bacteria, inoculation, microelements, fertilizers, mineral fertilizers, microfertilizers, yield, crop quality.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

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

**Коршевніюк С.П.** Формування елементів структури врожайності сочевиці залежно від інокуляції та обробки насіння мікроелементами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 3 (18). С. 233-244. (0,71 ум. др. арк.) DOI: 10.37128/2707-5826-2020-3-19.

Дідур І.М., **Коршевніюк С.П.** Формування симбіотичного апарату сочевиці залежно від інокуляції та обробки насіння мікроелементами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 52-66. ((0,95 ум. др. арк., дольова частка 0,48 ум. др. арк.). *Проведення польових та лабораторних досліджень, аналіз результатів експериментальних даних, підготовка до друку*). DOI: 10.37128/2707-5826-2021-4-5.

**Коршевніюк С.П.** Формування симбіотичного потенціалу сочевиці залежно від оптимізації її живлення в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 4 (27). С. 50-63. (0,82 ум. др. арк.). DOI: 10.37128/2707-5826-2022-4-5.

**Коршевніюк С.П.** Формування якісних показників зерна сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 40-46. (0,72 ум. др. арк.). DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.15.6.

**Коршевніюк С.П.** Урожайність сочевиці залежно від передпосівної обробки та позакоренових підживлень в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 128. С. 94-106 (0,84 ум. др. арк.). DOI: 10.32851/2226-0099.2022.128.13.

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

Didur I., **Korshevnik S.** Induction chlorophyll fluorescence indicators in lentil depending on seed pre-treatment and extra-root nutrients. *Agricultural*

*Science*. 2022. № 2. Р. 29-40. ((0,96 ум. др. арк. , дольова частка 0,48 ум. др. арк.) *Проведення польових та лабораторних досліджень, аналіз результатів експериментальних даних, підготовка до друку*). DOI: 10.55505/sa.2022.2.04.

***Інші видання (тези доповідей):***

**Коршевніюк С.П.** Тривалість вегетації сочевиці залежно від варіантів оптимізації її живлення. *Progressive research in the modern world: proceedings of II International scientific and practical conference*, November 2-4, 2022, Boston, USA. 2022. Р. 20-27.

**Коршевніюк С.П., Дідур І.М.** Роль інокуляції насіння сочевиці як базового заходу екологізації систем удобрення у формуванні густоти стояння її агроценозу. *Органічне агровиробництво: освіта і наука: збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції, 25 жовтня 2022 року*. Київ, 2022. С. 41-44.

**Коршевніюк С.П.** Віталітет агроценозу сочевиці залежно від варіантів оптимізації системи живлення. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 31 жовтня 2022 року*. Переяслав, 2022. Вип. 87. С. 222-225

## ЗМІСТ

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| АНОТАЦІЯ                                                                                                                    |     |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ                                                                             | 15  |
| ВСТУП                                                                                                                       | 16  |
| РОЗДІЛ 1. ГОСПОДАРСЬКО-БІОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СТРАТЕГІЇ УДОБРЕННЯ СОЧЕВИЦІ                             | 22  |
| 1.1. Народногосподарське значення та поширення сочевиці                                                                     | 22  |
| 1.2. Ботаніко-біологічні особливості сочевиці                                                                               | 30  |
| 1.3. Сучасні підходи до стратегії вирощування та удобрення сочевиці                                                         | 38  |
| Висновки до розділу 1                                                                                                       | 48  |
| РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ                                                                           | 49  |
| 2.1. Характеристика ґрунтово-кліматичних умов проведення польових досліджень                                                | 49  |
| 2.2. Схема досліду та методика проведення польових досліджень                                                               | 55  |
| Висновки до розділу 2                                                                                                       | 68  |
| РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ, ОБРОБКИ НАСІННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТАМИ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН СОЧЕВИЦІ | 70  |
| 3.1. Тривалість міжфазних періодів вегетації сочевиці залежно від обробки насіння та позакореневих підживлень               | 70  |
| 3.2. Польова схожість та виживаність рослин сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень  | 85  |
| 3.3. Динаміка ростових процесів сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень              | 95  |
| Висновки до розділу 3                                                                                                       | 135 |
| РОЗДІЛ 4. ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ СОЧЕВИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ                     | 138 |

|                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                                                                                                                                                                    | 13  |
| 4.1. Динаміка формування площі листкової поверхні залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень                                            | 138 |
| 4.2. Динаміка формування фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень    | 160 |
| 4.3. Показники індукції флуоресценції хлорофілу сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень                                     | 174 |
| Висновки до розділу 4                                                                                                                                              | 189 |
| РОЗДІЛ 5. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА СИМБІОТИЧНА АКТИВНІСТЬ СОЧЕВИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ                                                 | 193 |
| 5.1. Динаміка кількості та маси бульбочок азотфіксуючих бактерій на коренях рослини сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень | 193 |
| 5.2. Формування загального і активного симбіотичних потенціалів залежно від технологічних прийомів вирощування                                                     | 208 |
| Висновки до розділу 5                                                                                                                                              | 221 |
| РОЗДІЛ 6. УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА СОЧЕВИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ                                                       | 225 |
| 6.1. Індивідуальна зернова продуктивність рослин сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень                                    | 225 |
| 6.2. Урожайність зерна сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень                                                              | 242 |
| 6.3. Показники якості зерна сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень                                                         | 247 |
| Висновки до розділу 6                                                                                                                                              | 252 |
| РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЧЕВИЦІ ТА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ НА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ                    | 256 |

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1. Економічна ефективність варіантів передпосівної обробки<br>насіння та позакоренових підживлень сочевиці з оцінкою їх<br>конкурентоспроможності | 256 |
| 7.2. Енергетична оцінка передпосівної обробки насіння та<br>позакоренових підживлень сочевиці                                                       | 261 |
| Висновки до розділу 7                                                                                                                               | 263 |
| ВИСНОВКИ                                                                                                                                            | 264 |
| РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ                                                                                                                            | 273 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ                                                                                                               | 274 |
| ДОДАТКИ                                                                                                                                             | 319 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

N – азот  
 P – фосфор  
 K – калій  
 га – гектар  
 м – метр  
 л – літр  
 % – відсоток  
 °C – градус Цельсія  
 t – температура  
 см – сантиметр  
 мм – міліметр  
 грн – гривня  
 мг – міліграм  
 т – тонна  
 тис. – тисяча  
 шт. – штуки  
 млн – мільйон  
 р. – рік  
 рр. – роки  
 ГДж – гігаджоуль  
 рН – реакція ґрунтового розчину  
 НІР – найменша істотна різниця  
 НААН – Національна академія аграрних наук України  
 ГТК – гідротермічний коефіцієнт  
 К<sub>ее</sub> – коефіцієнт енергетичної ефективності  
 млн. сх. нас./га – мільйон схожих насінин на гектар  
 ФП – фотосинтетичний потенціал  
 ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу  
 ХлІ – хлорофільний індекс  
 ІФХ – індукція флуоресценції хлорофілу  
 F<sub>0</sub> – початковий рівень кривої ІФХ  
 F<sub>pl</sub> – рівень флуоресценції зони «плато» на кривій ІФХ  
 F<sub>m</sub> – максимальний рівень флуоресценції на кривій ІФХ  
 F<sub>st</sub> – стаціонарний рівень флуоресценції на кривій ІФХ  
 ІВС – індекс віталітету агрофітоценозу  
 ЗСП – загальний симбіотичний потенціал  
 АСП – активний симбіотичний потенціал

## ВСТУП

Зернобобові культури до яких належить сочевиця є вагомим і надійним джерелом рослинного білка та нішевим резервом галузі зерновиробництва України. Сочевиця є багатогранною культурою, яка поєднує високі адаптивні властивості – на фоні сприятливих для неї умов помірного клімату та доброї зволоженості, вона має високий потенціал посухостійкості на рівні інших зернобобових таких як чина і нут. Вона володіє цінними смаковими якостями із високим вмістом білка (22–32 %) та вмістом цілого ряду макро- і мікроелементів та є традиційною у харчуванні багатьох народів світу. Не слід забувати і за симбіотичні властивості цієї культури, які позитивно позначаються на балансі поживних речовин у ґрунті та зниженню витрат на застосування мінеральних добрив, а також можливість використання як доброго попередника у системі сучасних сівозмін.

Разом із тим, рівень урожайності сочевиці в Україні залишається низьким як і реалізація урожайного потенціалу районованих сортів. Основною причиною цього є недостатня вивченість агробіологічних особливостей культури, відсутність адаптованих зональних технологій її культивування з огляду на агрокліматичні особливості зон вирощування, асортименту засобів хімізації, рівня контролю шкочинних організмів в її агроценозах тощо. У підсумку для багатьох регіонів України відсутні технології вирощування сочевиці, які б враховували її потенційні можливості. Конструювання таких технологій по аналогії з іншими зернобобовими культурами є помилкою, яку спричинив той факт, що середній рівень урожайності сочевиці в Україні за останніх п'ять років склав на рівні 1,27 т/га, що при потенціал її сортів на рівні 1,8–2,5 т/га є істотно низьким і незадовільним показником [1].

Сочевиця у сучасній практиці гарантування продовольчої безпеки набуває все більш актуального значення [2]. Високий рівень збалансованості



отриманих з неї продуктів переробки за вмістом незамінних амінокислот, багатьох вітамінів, фолієвої кислоти та інших біологічно активних компонентів характеризують сочевицю як незамінну у формуванні продовольчої безпеки регіону її культивування [3].

Разом із тим сочевиця має ряд переваг перед традиційними зернобобовими культурами помірного регіону України: короткий вегетаційний період, висока позитивна реакція на поліпшення умов зволоження, удобрення та оптимізації площі живлення, відсутність спільних фітофагів із низкою зернових культур, а висока поживність та цінність її листостеблової маси відкриває можливості для сидерального застосування культури [3, 4].

Отже, для максимально ефективного використання агротехнологічного потенціалу сочевиці важливим є розробка адаптивних технологій її вирощування, які з врахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей регіону забезпечували максимально повну реалізацію генетичного потенціалу її сортів.

**Актуальність теми.** Гарантування продовольчої безпеки України передбачає у довгостроковій стратегії вирощування нішевих зернобобових культур серед яких сочевиці відводиться важлива роль. Сучасні тенденції підвищення цін на мінеральні добрива та енергоносії спонукають до пошуку таких технологій вирощування сочевиці у яких поєднуються ефективні агробіологічні заходи оптимізації її живлення за рахунок застосування інокуляції, лінійки сучасних мікродобрив та їх комбінації з огляду на критичні феностадії розвитку рослин, що у підсумку гарантує реалізацію як адаптивного потенціалу культури, так і урожайного потенціалу її сортів.

Саме з цих причин наукове обґрунтування і розробка заходів оптимізації живлення сочевиці у комплексі сучасних агротехнологічних прийомів її вирощування в умовах Лісостепу правобережного, спрямованих на забезпечення сталості процесів симбіотичної азотфіксації, оптимізації

динаміки ростових процесів та функціонування асиміляційної поверхні рослин за умов сучасних тенденцій до нестабільного вологозабезпечення на тлі підвищення середньодобових температур є завданням актуальним, яке потребує наукового узагальнення та вирішення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Експериментальні дослідження даної дисертаційної роботи є складовою частиною затвердженого тематичного плану НДР Вінницького національного аграрного університету й виконувалися за темою «Особливості формування продуктивності сільськогосподарських культур у системі типової сівозміни за зміни клімату в умовах Лісостепу Правобережного України» (державний реєстраційний номер 0117u003145, 2017–2022 рр.).

**Мета і завдання досліджень.** Мета досліджень полягала у детермінації закономірностей формування врожайності та якості зерна сочевиці залежно від застосування інокуляції, обробки насіння мікроелементами та системи позакоренових підживлень одинарного та бінарного характеру в умовах Лісостепу Правобережного на сірих лісових ґрунтах.

**Завдання досліджень** передбачали:

дослідити особливості росту та розвитку рослин сочевиці залежно від варіантів застосування інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та позакоренового підживлення;

встановити вплив варіантів застосування інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та позакоренового підживлення на формування асиміляційної поверхні рослин та симбіотичного апарату сочевиці;

визначити особливості формування індивідуальної структури зернової продуктивності рослин сочевиці та її врожайності за зміни застосованих заходів оптимізації її живлення;

оцінити мінливість показників якісного хімічного складу зерна сочевиці під впливом елементів технології її вирощування поставлених на вивчення;

дати економічну і біоенергетичну оцінку ефективності застосованим варіантам технології вирощування сочевиці;

сформулювати рекомендації щодо удосконалення технології вирощування сочевиці на зерно з огляду на адаптацію її до ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу правобережного України.

*Об'єкт дослідження:* процеси росту, розвитку та формування врожаю зерна сочевиці його якості залежно від застосування інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та позакореневого підживлення.

*Предмет дослідження:* рослини сочевиці та їх реакція на інокуляцію, передпосівну обробку насіння мікроелементами та позакореневі підживлення.

**Методи досліджень.** У процесі проведення досліджень, збору, систематизації та обробки отриманих дослідних даних були використані такі методи: польовий в поєднанні з метричним і візуальним спостереженням – для визначення взаємодії об'єкта досліджень з природними та досліджуваними чинниками; ваговий – для визначення індивідуальної продуктивності рослин та урожаю; біохімічний – для визначення хімічного складу та поживності корму, фізіологічний – для визначення фотосинтетичної діяльності посівів; статистичні методи: дисперсійний, кореляційно-регресійний, кластерний – для визначення вірогідності отриманих даних, сили залежностей, побудови кореляційних моделей; розрахунково-порівняльний – для визначення економічної, енергетичної ефективності досліджуваних прийомів технології вирощування культури.

**Наукова новизна одержаних результатів.** *Уперше:* для умов Лісостепу правобережного розроблені технологічні прийоми вирощування сочевиці, які підвищують її продуктивність та якість зерна, внаслідок передпосівної обробки насіння інокулянтном та мікроелементами за використання різних варіантів позакореневих підживлень.

*Удосконалено:* окремі елементи технології вирощування сочевиці для умов нестійкого зволоження з метою забезпечення вищої біоенергетичної та економічної ефективності.

*Набули подальшого розвитку:* питання застосування бактеріальних препаратів і мікродобрив при підвищенні зернової продуктивності сочевиці в умовах Лісостепу правобережного на сірих лісових ґрунтах.

**Практичне значення одержаних результатів полягає в** удосконаленні технології вирощування сочевиці, яка включала застосування передпосівної обробки насіння інокулянтами, хелатними мікродобривами при застосуванні позакореневого підживлення мікродобривами направленої на отримання врожаю сочевиці на рівні 1,82–2,16 т/га.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, впроваджені на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН України та у господарствах СТОВ «Нива», ФГ «Дона О.П.» на загальній площі 43 га, засвідчують підвищення продуктивності посівів сочевиці на 0,67–0,91 т/га при застосуванні варіантів оптимізації її удобрення рекомендованих виробництву за результатами досліджень автора. Положення дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Вінницького національного аграрного університету під час викладання окремих частин навчальної дисципліни «Агрохімія». Практичне значення одержаних наукових результатів зумовило їх впровадження у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії за спеціальністю 201 «Агрономія» (довідка № 01.1-60-1562 від 02.10.2020 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертант самостійно проаналізував сучасний стан досліджуваної проблеми, висунув робочу гіпотезу, розробив програму і методику досліджень, провів польові і лабораторні дослідження, узагальнив і проаналізував їх результати, сформував висновки і пропозиції

виробництву, підготував наукові статті та організував впровадження у виробництво оптимізованих прийомів вирощування сочевиці на зерно.

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Основні положення і результати дисертації оприлюднені та обговорені на Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та студентів «Впровадження передових технологій у виробництво продукції бджільництва», м. Чернятин, 21–22 березня 2019 року; Всеукраїнській науковій конференції аспірантів, магістрів та студентів «Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи», м. Вінниця, 23–24 квітня 2019 року; Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації точного та органічного землеробства в умовах змін клімату за різної адаптивності рослин», м. Вінниця, 10–11 червня 2021 р.

**Публікації результатів досліджень.** За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 9 наукових праць, із них у фахових виданнях зареєстрованих МОН України – 5, 1 – у виданнях, які включено до міжнародних наукометричних баз даних та 3 тези доповідей на науково-практичних конференціях різного рівня.

**Структура та обсяг дисертаційної роботи.** Загальний обсяг дисертаційної роботи 368 сторінок загального друкованого тексту. Наведено 50 таблиць, 75 рисунків та 81 додаток. Дисертація складається із вступу, 7 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Список використаної літератури охоплює 419 найменувань, з них латиницею – 219.

## РОЗДІЛ 1.

### ГОСПОДАРСЬКО-БІОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СТРАТЕГІЇ УДОБРЕННЯ СОЧЕВИЦІ

#### 1.1. Народно-господарське значення та поширення сочевиці

Сочевиця (*Lens culinaris* Medic.) має давню історію свого господарського використання серед інших зернобобових культур. Перші археологічні свідчення її одомашнення датуються періодом 8500–7500 рр. до н.е. із стародавнім ареалом культивування країни Азії – від Перської затоки через Ірак, Сирію, Ліван, Йорданію, Ізраїль і Північний Єгипет [1, 2]. Культура відома на теренах стародавніх Індії та Єгипту, античного Риму й Греції [3]. Сучасна поширеність сочевиці включає 52 країни світу на загальній площі понад 4,0 млн. га [5]. Сочевиця відноситься до лідерів аграрного ринку зерновиробництва із четвертим місцем у рейтингу з рівнем виробництва понад 4 млн тонн та постійним зростанням ринку у порівнянні із 2001 роком. Лідери з виробництва цієї культури – Канада, Індія, Туреччина, Бангладеш, Австралія, Непал, США, Китай, Сирія, Іран [6, 7]. При цьому слід відмітити, що 81% світового експорту приходить на такі країни, як Канада (частка експорту близько 48 %), Австралія, Туреччина і США [7–10] (табл. 1.1–1,2).

Таблиця 1.1

**Виробництво зерна зернобобових культур у світі [7]**

| Культура        | Площі посіву, млн. га |      |      |      | Урожайність, т/га |      |      |      |
|-----------------|-----------------------|------|------|------|-------------------|------|------|------|
|                 | 2000                  | 2014 | 2017 | 2020 | 2000              | 2014 | 2017 | 2020 |
| Квасоля         | 23,8                  | 30,3 | 36,4 | 34,5 | 0,75              | 0,89 | 0,84 | 0,88 |
| Нут             | 10,2                  | 13,9 | 14,6 | 17,8 | 0,79              | 0,96 | 1,02 | 0,96 |
| Горох, насіння  | 6,0                   | 6,8  | 8,1  | 7,9  | 1,78              | 1,72 | 1,99 | 1,72 |
| Горох, овочевий | 1,6                   | 2,4  | 2,7  | 2,7  | 7,77              | 7,42 | 7,76 | 7,74 |
| Сочевиця        | 3,9                   | 4,0  | 6,6  | 6,1  | 0,87              | 1,17 | 1,15 | 1,04 |
| Люпин           | 1,3                   | 0,7  | 0,9  | 1,0  | 0,93              | 1,51 | 1,73 | 1,21 |
| Вика            | 0,9                   | 0,5  | 0,6  | 0,5  | 1,10              | 1,70 | 1,64 | 1,73 |

Таблиця 1.2

**Основні виробники зерна сочевиці в світі [7, 11–14]**

| Країна    | 2000   |      | 2010   |      | 2020   |      |
|-----------|--------|------|--------|------|--------|------|
|           | I      | II   | I      | II   | I      | II   |
| Індія     | 1461,6 | 7,4  | 1479,4 | 7,0  | 2215,4 | 7,3  |
| Канада    | 687,9  | 13,3 | 1375,5 | 14,6 | 1499,4 | 13,9 |
| Казахстан | 20,1   | 6,8  | 2,3    | 8,8  | 294,6  | 8,6  |
| США       | 86,6   | 15,8 | 256,6  | 15,3 | 290,6  | 13,1 |
| Туреччина | 472    | 7,5  | 234,4  | 19,1 | 259,4  | 13,6 |
| Австралія | 117    | 13,9 | 142    | 9,9  | 228,9  | 21,1 |

Примітка: I – площа посіву, тис. га; II – урожайність, ц/га.

При цьому слід зауважити, що у 40-50-их роках ХІХ століття сочевицю інтенсивно культивували на території Центрально-Чорноземної зони, Поволжя, Північного Кавказу та України (Київська, Чернігівська, Подільська, Волинська області). Досить зазначити, що в Україні в довоєнний період нею засівали біля 100 тисяч гектарів, але потім за неї забули [15–18]. З іншого боку відмічається [7], що зменшення посівних площ сочевиці в Україні пов'язане з відсутністю ефективної збиральної техніки, нерівномірним дозріванням, розтріскуванням, обсіпанням насіння, схильністю до вилягання, низьким прикріпленням бобів і короткостебельністю.

Сочевицю відносять до групи високобілкових зернобобових культур з вмістом білка в інтервалі 21–36 % білки якої складаються в основному з водо- і солерозчинних глобулінів та добре збалансовані за вмістом амінокислот [9–11]. Слід відмітити, що незначний вміст жиру (1–2%) в насінні дозволяє технологічно виділяти білок без попереднього обезжирювання [18]. З огляду на ці факти продукти харчування із сочевиці позитивно впливають на зниження вмісту цукру у крові, діяльність серцево-судинної системи та регресію розвитку онкологічних хвороб. Зерно сочевиці надзвичайно багате на різні мікроелементи та позитивно впливає на загальний імунітет всього організму людини [15] (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

**Вміст макро- та мікроелементів у насінні зернобобових культур (мг/100 г)**  
[10, 19-20]

| Культура              | Fe  | Mg  | P   | K    | Zn   | Cu   |
|-----------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| Квасоля адзукі        | 4,6 | 129 | 381 | 1240 | 5,02 | 1,09 |
| Нут, насіння          | 6,6 | 132 | 264 | 819  | 3,12 | 0,44 |
| Нут, дезі             | 8,1 | 164 | 302 | 1080 | 3,26 | 0,57 |
| Нут, кабулі           | 5,9 | 114 | 254 | 767  | 3,11 | 0,37 |
| Вігна, насіння        | 5,6 | 162 | 334 | 1280 | 2,91 | 0,74 |
| Польові боби, насіння | 5,2 | 135 | 431 | 1190 | 3,55 | 0,82 |
| Сочевиця, насіння     | 7,1 | 66  | 231 | 752  | 3,55 | 0,41 |
| Люпин, насіння        | 6,0 | 213 | 502 | 1030 | 5,22 | 0,67 |
| Горох, насіння        | 4,5 | 142 | 309 | 944  | 3,32 | 0,24 |

Відмічається [16, 20], що в 100 грамах зерна сочевиці в середньому міститься: 340–346 кКал, 20,2 г протеїну, 0,6 г жиру, 65 г загальних карбогідратів, 68 мг Са, 325 мг Р, 7 мг Fe, 29 мг Na, 780 мг К, 0,46 мг тіаміну, 0,33 мг рибофлавіну, 1,3 мг ніацину [6]. Білок зерна сочевиці на 90% розчиняється у воді і розчині NaCl, тому легко засвоюється організмом людини та тварини. Коефіцієнт перетравності протеїну борошна сочевиці становить 86%, тоді як, зерно вівса – тільки 76 % (табл. 1.4).

За вмістом лізину, фенілаланіну, треоніну і лейцину, білок сочевиці за складом схожий з білком курячого яйця. Однак метіонін і триптофан знаходяться в дефіциті [17–22]. За рівнем перетравності і засвоюваності організмом людини білки сочевиці лише трохи поступаються білкам тваринного походження – на рівні 86 %.

Особлива роль належит сочевиці у забезпеченні людського організму сполуками селену. Зерно сочевиці містить цей елемент у концентрації 22-34 мг/г [21]. Суттєву профілактичну дію та дієтичне застосування мають проростки сочевиці, які містять багато вітаміну С і дуже корисні для запобігання простудних хвороб, в тому числі грипу, значно підвищують імунітет організму [11].



**Показники харчової цінності зернобобових культур (г/100 г)**

[20, 29–30]

| Кул ьтура                                | Енергія,<br>ккал/ | Білок | Жир | Харчові<br>волокна | Карбогідрати |
|------------------------------------------|-------------------|-------|-----|--------------------|--------------|
| <b>Зернобобові культури/Legume crops</b> |                   |       |     |                    |              |
| Квасоля адзукі                           | 318               | 20,5  | 0,6 | 13,1               | 51,3         |
| Нут, насіння                             | 337               | 20,4  | 5,2 | 20,7               | 42,0         |
| Нут, дезі                                | 332               | 21,2  | 5,0 | 21,2               | 40,0         |
| Нут, кабулі                              | 359               | 20,8  | 6,1 | 13,1               | 48,9         |
| Вігна, насіння                           | 324               | 22,5  | 1,9 | 14,6               | 46,9         |
| Польові боби, насіння                    | 309               | 25,3  | 1,4 | 20,8               | 38,3         |
| Сочевиця, насіння                        | 324               | 24,4  | 1,5 | 17,0               | 44,8         |
| Люпин, насіння                           | 309               | 34,1  | 6,5 | 35,3               | 10,8         |
| Горох, насіння                           | 310               | 23,4  | 2,1 | 22,2               | 38,4         |
| <b>Злакові культури/Cereal crops</b>     |                   |       |     |                    |              |
| Кукурудза, борошно                       | 354               | 7,6   | 2,9 | 5,5                | 72,0         |
| Білий рис, полірований                   | 353               | 6,1   | 0,5 | 1,1                | 81,0         |
| Пшеничне борошно                         | 351               | 10,1  | 1,5 | 3,2                | 73,0         |

Позитивною також є здатність рослин сочевиці до низького нагромадження нітратів, нітритів та радіонуклідів, що надає переваги для використання цієї культури в системі органічного землеробства та рослинництва [20].

За біохімічним складом зерна сочевицю відносять до лідерів у дієтичному харчуванні з високим біопротекторним ефектом та високим вмістом вітамінів біологічної групи В, ніацину, а також незамінної амінокислоти триптофану (табл. 1.5) [20]. Відома її роль у дієтичному харчуванні для схуднення із рівнем зниження маси тіла на 3–4 кг за тиждень споживання сочевиці.

Пророщене сочевичне зерно характеризується високою біологічною антиоксидантною властивістю за рахунок високого вмісту фенольних сполук і антиокислювальною ферментною активністю [27].

Таблиця 1.5

**Харчова цінність зерна сочевиці [7, 20]**

| Показник           | Зерно сочевиці<br>зеленої і корич-<br>невої | Сочевиця<br>зелена і<br>коричнева,<br>відварена у<br>солоній воді | Сочевиця<br>червона<br>лущена | Сочевиця<br>червона<br>лущена,<br>відварена в<br>несолоній воді |
|--------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Калорійність, ккал | 297                                         | 105                                                               | 318                           | 100                                                             |
| Вміст води, %      | 10,8                                        | 66,7                                                              | 11,1                          | 72,1                                                            |
| Білок, г           | 24,3                                        | 8,8                                                               | 23,8                          | 7,6                                                             |
| Жир, г             | 1,9                                         | 0,7                                                               | 1,3                           | 0,4                                                             |
| Вуглеводи, г       | 48,8                                        | 16,9                                                              | 56,3                          | 17,5                                                            |
| Клітковина, г      | 8,9                                         | 3,8                                                               | 4,9                           | 1,9                                                             |
| Калій, мг          | 940                                         | 310                                                               | 710                           | 220                                                             |
| Кальцій, мг        | 71                                          | 22                                                                | 51                            | 16                                                              |
| Фосфор, мг         | 350                                         | 130                                                               | 320                           | 100                                                             |
| Залізо, мг         | 11,1                                        | 3,5                                                               | 7,6                           | 2,4                                                             |
| Вітамін В1, мг     | 0,41                                        | 0,14                                                              | 0,50                          | 0,11                                                            |
| Вітамін В2, мг     | 0,27                                        | 0,08                                                              | 0,20                          | 0,04                                                            |
| Ніацин, мг         | 2,2                                         | 0,6                                                               | 2,0                           | 0,4                                                             |
| Вітамін В6, мг     | 0,93                                        | 0,28                                                              | 0,60                          | 0,11                                                            |
| Триптофан, мг      | 198                                         | 72                                                                | 192                           | 60                                                              |

При цьому ознака кольору насіння у сочевиці є ознакою високомінливою. Надмірна зволоженість у ході дозрівання насіння особливо за дії прямого сонячного світла, змінює забарвлення із зеленого у оранжево-коричнєве за рахунок процесів хлорофілоокислення та вмісту сполук танінової групи [23–25], що зумовлює селекційну роботу із сочевицею за напрямком створення сортів із «небуріючою» насіннєвою оболонкою [26–27].

Видові відмінності сочевиці визначаються кольором, розміром, формою і складом насіння. У цілому розрізняють червону, зелену, коричнєву та чорну. Найбільшим попитом у світі користуються зелено- і червононасінні види. За розміром насіння сочевицю класифікують на три групи: велику, середню та дрібну. Традиційно ринковим продуктом є насіння сочевиці

зеленої крупнонасінної (діаметр понад 5,5 мм). В цілому у світовому виробництві сочевиці на частку червоної припадає близько 75 %, зеленої – 20% і 5 % на інші види [28].

Великонасінна сочевиця в основному використовується як харчова культура, а дрібнонасінна може застосовуватися і на кормові цілі для всіх сільськогосподарських тварин [29–30].

Популяризації сьогодні набуває і сидеральне використання сочевиці [31].

Описані позитивні властивості сочевиці зумовили значне зростання обсягів її виробництва. Так, за останніх 50 років її світове виробництво зросло у 6 разів, а середня врожайність з 0,53 до 1,14 т/га [32–36].

На початку ХХ ст. росія була найбільшим виробником сочевиці у світі. Зокрема, у 1913 р. площа її посівів тут становила 425 тис. га, тоді як у світі приблизно 600 тис. га. На зовнішні ринки постачалося 4 млн пудів сочевиці, або 85 % світового експорту. У 1935 р. в СРСР площа під посівами сочевиці становила 1,22 млн га, тоді як у світі загалом 1,5 млн га; станом на 2018 р. – приблизно 163,5 тис. га [36, 37].

В Україні сочевицю вирощують із XIV ст., до Другої світової війни поширення культури за площею було рівнозначним гороху. Станом на 1926 р. площа під сочевицею склала 89 тис. га з рівнем виробництва близько 100 тис. т зерна [38]. Виходячи із сучасних площ сочевиці в Україні виробникам необхідно повторно освоювати дану цінну культуру. При цьому рівень її урожайності змінюється за останніх 5 років у межах 1,18–1,74 т/га з обсягом виробництва на рівні 2,6–3,2 тис. тон [39].

Багаторічні дослідження якості зерна сочевиці, вже згадувані вище, виводять дану культур в лідери навіть у порівнянні із такими культурами як горох, квасоля і нут. При цьому сам білок сочевиці є повністю збалансованим за складом амінокислот, цілого ряду макро- (Fe, K, Ca, P) та мікроелементів (Mn, Cu, Mo, B, I, Cb, Zn), жирних кислот групи Омега-3 та Омега-6, а також

вітамініви груп В: В<sub>1</sub> (тіамін), В<sub>2</sub> (рибофлавін), В<sub>3</sub> (ніацин) і В<sub>9</sub> (фолієва кислота) [41–44] (табл. 1.6–1.7).

Таблиця 1.6

**Порівняльний амінокислотний склад зерна зернобобових культур [40]**

| Амінокислоти                                  | Культура |         |       |       |       |
|-----------------------------------------------|----------|---------|-------|-------|-------|
|                                               | сочевиця | квасоля | горох | нут   | соя   |
| Білок, %                                      | 24,0     | 21,0    | 20,5  | 20,1  | 34,9  |
| Незамінні амінокислоти, г/100 г білка         | 35,54    | 38,0    | 37,14 | 38,51 | 36,18 |
| у тому числі:                                 |          |         |       |       |       |
| валін                                         | 5,29     | 5,3     | 4,9   | 4,57  | 15,98 |
| ізолейцин                                     | 4,25     | 4,9     | 5,3   | 6,81  | 5,18  |
| лейцин                                        | 5,37     | 8,28    | 8,0   | 7,56  | 7,65  |
| лізін                                         | 7,16     | 7,57    | 7,56  | 7,65  | 5,98  |
| метіонін + цистин                             | 2,11     | 2,04    | 2,22  | 3,11  | 3,06  |
| треонін                                       | 4,0      | 4,14    | 4,10  | 3,93  | 3,98  |
| триптофан                                     | 0,91     | 1,24    | 1,27  | 1,10  | 1,29  |
| фенілаланін + тирозин                         | 8,45     | 8,38    | 8,26  | 7,84  | 7,63  |
| Замінимі амінокислоти, г/100 г білка          | 62,29    | 60,1    | 57,4  | 56,53 | 61,9  |
| у тому числі:                                 |          |         |       |       |       |
| аланін                                        | 4,33     | 4,12    | 4,44  | 4,87  | 4,21  |
| аргінін                                       | 8,54     | 5,36    | 7,88  | 8,25  | 6,7   |
| аспарагінова кислота                          | 11,98    | 11,7    | 10,86 | 10,89 | 10,94 |
| гістидін                                      | 2,95     | 2,72    | 2,24  | 4,28  | 2,8   |
| гліцин                                        | 4,29     | 4,0     | 4,63  | 4,42  | 4,06  |
| глутамінова кислота                           | 16,45    | 14,9    | 15,47 | 10,69 | 17,33 |
| пролін                                        | 4,37     | 7,5     | 3,22  | 4,18  | 5,33  |
| серін                                         | 5,20     | 5,8     | 4,1   | 4,82  | 5,93  |
| тирозін                                       | 3,25     | 3,0     | 3,36  | 2,67  | 3,03  |
| цистін                                        | 0,91     | 0,9     | 1,22  | 1,42  | 1,57  |
| Загальна кількість амінокислот, г/100 г білка | 97,83    | 98,1    | 94,57 | 95,04 | 98,1  |

З кінця 1970-х рр. ведеться ціленаправлена селекційна робота для створення високоадаптованих та високоврожайних сортів та сортотипів сочевиці. Виявлено генотипи з резистентністю до різних біо- та абіотичних стресів, зокрема зі стійкістю проти хвороб та посухостійкістю. Було створено нові генотипи з високою придатністю для механізованого збирання врожаю [45]. Вагомою проблематикою поширення сочевиці у світі та Україні слід вважати слабкий рівень її конкурентоздатності щодо сегетальної рослинності

в агроценозі та обмежений спектр гербіцидів, придатних до застосування в посівах культури [7].

Таблиця 1.7

**Співставний вміст макро- та мікроелементів  
у зерні зернобобових культур [40]**

| Елементний<br>склад<br>зернобобових | Культура |         |       |      |        |
|-------------------------------------|----------|---------|-------|------|--------|
|                                     | сочевиця | квасоля | горох | нут  | соя    |
| Макроелементи, мг/100г              |          |         |       |      |        |
| калій                               | 672      | 110     | 873   | 968  | 1607   |
| натрій                              | 50       | 40      | 33    | 72   | 6      |
| кальцій                             | 83       | 150     | 115   | 193  | 348    |
| магній                              | 80       | 103     | 107   | 126  | 226    |
| сірка                               | 163      | 159     | 190   | 198  | 224    |
| фосфор                              | 390      | 480     | 329   | 444  | 603    |
| хлор                                | 75       | 5,8     | 137   | 59   | 64     |
| Мікроелементи, мкг/100 г            |          |         |       |      |        |
| селен                               | 19,9     | 24,9    | 13,1  | 28,5 | не зн. |
| залізо                              | 1177     | 5940    | 6800  | 2600 | 1500   |
| йод                                 | 3,5      | 12,1    | 5,1   | 3,4  | 8,2    |
| кобальт                             | 11,6     | 18,7    | 13,1  | 9,5  | 31,2   |
| марганець                           | 1190     | 1340    | 1750  | 2140 | 2800   |
| мідь                                | 660      | 580     | 750   | 660  | 500    |
| молібден                            | 77,5     | 39,4    | 84,2  | 60,2 | 99,0   |
| фтор                                | 25       | 44      | 30    | —    | 120    |
| хром                                | 10,8     | 10,0    | 9,0   | —    | 16,0   |
| цинк                                | 2420     | 3210    | 3180  | 28   | не зн. |

Відмічається [7] значний потенціал України щодо перспектив виробництва зерна сочевиці, зумовлений зокрема сприятливими агрокліматичними ресурсами території та високою цінною її реалізації. Позитивним у цьому плані є і кліматичні зміни, які зумовлюють аридизацію агроландшафтів, а саме до таких факторів, враховуючи рівень адаптивної посухостійкості агроценози сочевиці є пристосованими [46].

## 1.2. Ботаніко-біологічні особливості сочевиці

Таксономічно рід сочевиця *Lens* L. належить до відділу покритонасінних, або квіткових рослин (Magnoliophyta), клас дводольні (Magnoliopsida, або Dicotyledons), підклас розиди (Rosidae), порядок бобоцвіті (Fabales), родина бобові (Fabaceae). Рід *Lens* має типове сердземноморське поширення [46, 47]. Сьогодні застосовують єдину міжнародну класифікацію роду, яка включає сім таксонів, розподілених у чотирьох видах:

- *Lens culinaris* Medikus, який включає підвиди subsp. *orientalis*, subsp. *tomentosus* та subsp. *odemensis*;
- *L. ervoides* (Brign.) Grande;
- *L. nigricans* (M.Bieb.) Godr.;
- *L. lamottei* Czefr.

Видовий склад вказаних родів відноситься до однорічних самозапильних трав'янистих рослин з диплоїдним набором хромосом ( $2n = 14$ ). Характерні ботанічні ознаки для роду: тонке сланке стебло, дрібні квітки блідо-фіолетового із відтінками забарвлення, дрібний біб схильний до розтріскування при досяганні [48–49] (рис. 1.1).

Сочевиця має певні особливості росту і розвитку. Вона не виносить сім'ядолі з ґрунту – перший міжвузол рослин розвивається під землею, а другий може утворюватися як під землею, так і на її поверхні (залежно від глибини висіву насіння). Таке адаптивне пристосування дозволяє висівати сочевицю на більшу глибину. При цьому вказані два міжвузля дозволяють відновлювати свій ріст за рахунок відростання при пошкодженні головного стебла. За цих умов, нове стебло може утворюватися в умовах стресових ситуацій з одного або ж з обох міжвузлів під поверхнею ґрунту [49].

***Lens culinaris* Medik.**  
Plant Symbol = LECU2



*Рисунок 1.1 – Зведений наочний ботанічний опис сочевиці (а – загальний вигляд рослини; b – листочок складного непарноперистого листка; c – прилистки; d – зона листкових відгалужень; e – бутони; f – квітколоже; g, h, i, k, l – частини квітки; m та n – біб та насінина дрібнонасінної форми сочевиці; p, o – біб та насінина крупнонасінної форми сочевиці.*

Сочевиця рослина низькоросла з інтервалом висоти стебла на рівні 25–75 см і для більш продуктивних сортів значення цього показника є вищим [50–51]. При цьому сочевиця відноситься до культур із широкою нормою реакції на застосовані агротехнологічні прийоми у виразі формування рослин із різною архітектонікою. Сам морфогенез рослин сочевиці впливає на рівень урожайності її зерна на фоні сприятливості чи несприятливості метеорологічних умов року вегетації. Так, у роки із сприятливими режимами цих умов рівень урожайності сочевиці може досягнути 1,9–2,2 т/га, а в несприятливі – 0,5–0,7 т/га, відповідно.

Сама ж залежність ростових процесів сочевиці, та динаміка її морфогенезу залежать як від температурного режиму

Рослини сочевиці по-різному реагують на умови вирощування, що виражається в широкому варіюванні рівня їх продуктивності і морфологічно-біологічних особливостей. У сприятливі за метеорологічними умовами роки врожайність зерна досягає 1,5–1,9 т/га, знижуючись в несприятливі роки до 0,45–0,67 т/га. Проведений математичний аналіз цих закономірностей встановив високу залежність темпів росту рослин, міжфазних і вегетаційних періодів сочевиці від температурного режиму (багаторічний коефіцієнт кореляції на рівні  $r=0,158-0,762$ , залежність обернена), а за кількістю опадів ( $r=0,596-0,850$ , напрям залежності прямий) [52].

Рівень біологічної фіксації азоту рослинами сочевиці за різними оцінками знаходиться в інтервалі від 34–136 кг/га біологічного азоту [53–56].

Важливою ознакою, яка визначає придатність сочевиці до механізованого збирання є висота кріплення нижнього бобу. При цьому ідіотип сортів сочевиці за придатністю до механізованого збирання – це сорти з високою стисненою формою куща, високою стійкістю до вилягання та висотою прикріплення нижнього бобу на рівні не менше 25–30 см за умови стійкості до розтріскування бобів [57–60].

Величина і потенціал накопичення у зерні сочевиці білка, жиру, клітковини значною мірою варіює як від агротехнологічних заходів вирощування сочевиці, так і від метеорологічних умов переважно режиму зволоження. Високі температури змінюють інтенсивність морфогенезу рослин сочевиці, зумовлюючи мініатюризацію самих рослин, при цьому відмічається інтенсивне накопичення білку за рахунок синтезу високотемпературних стресових білків у рослині [61–63]. Так, вміст білка у зерні сочевиці вирощеної на Київщині був на рівні 29%, а в сухому Степу – близько 35,0 % [64]. Відмічається також високий рівень варіювання білковості зерна сочевиці залежно від сортових особливостей та темпів формування плодоеlementів [65–66].



Листок у сочевиці складний довжиною 4,3–5,7 см та має 9–15 листкових пластинок. Формування коротких вусиків на вершечках листків обліковується аж до фази цвітіння сочевиці. Тропація першого суцвіття на рослині відповідає орієнтовно на 12-му вузлі [67, 68].

Сочевиця належить до самозапильних рослин. Довжина стручків змінюється у межах 1,9–2,7 см із розмахом значень кількості насінин в інтервалі переважно 1–2 насінини [69]. Сочевиця володіє високим потенціалом пагоноутворюючої здатності від 2 до 5 пагонів на одне стебло з формуванням основного урожаю на пагонах 1–2 порядків від осі головного стебла з тропациєю під першим суцвіттям. Квітки, які з'являються у першій декаді серпня в умовах України можуть не сформувати зерна взагалі [3, 69, 70]

Вага 1000 насінин у сочевиці змінюється у широких межах – 40-80 г [3, 71, 72]. На сьогодні селекційно створені сорти (clearfield-сорти) які є стійкими до імідазолінів, а також сорти з помірною і високою стійкістю до аскохітозу та антракнозу [73–74].

Сочевиця володіє і специфічними біологічними властивостями. За рахунок точки росту, яка знаходиться під шаром ґрунту, рослини сочевиці здатні витримувати весняні заморозки на рівні  $-4...-6^{\circ}\text{C}$  [71].

Розвинутість кореневої системи сочевиці добра із глибиною проникнення до 0,6–1,0 м за розміщенням основної маси коренів у шарі ґрунту 0–30 см. Тип кореневої системи стрижнева із інтенсивним бічним галуженням. Симбіотичний апарат на коренях сочевиці зосереджений переважно у радіусі 10–12 см від головного кореня та 12–15 см по його довжині [3, 74]. Розвинутість кореневої системи краща ніж надземної частини рослин. У цілому, для кореневої системи сочевиці властива висока всмоктувальна здатність, інтенсивне та ефективне використання післядії органічних і мінеральних добрив. Такий характер викликає необхідність обмежених норм азоту за вирощування сочевиці на ґрунтах з вищим потенціалом родючості, оскільки у цьому випадку рослини інтенсивно вегетують та формують нижчий урожай зерна [73].

Слід відмітити, що анатомічно стебло сочевиці є двох домінуючих типів – прямостійке або ж напівсланке чотиригранне. Саме стебло у поперечному перерізі пучкового типу, у кожному ребрі – по одному судинно–волокнутому пучку колатерального типу. На епідермі помітні прості та головчасті волоски. При цьому як вже відмічалось раніше, кількість стебел може різнитися залежно від густоти стояння рослин, адже загалом сочевиця досить добре кушиться [75].

Рослина сочевиці володіє здатністю індетермінантності – тривалим цвітінням до межі вираженого стресу (посушливість тривала, виражений дефіцит елементів живлення тощо) [76].

Характер цвітіння має свої особливості. Цвітіння у сочевиці нисхідне. Квітконоси сочевиці розташовуються в пазухах листків, значно коротші за листок і закінчуються остюкоподібним утворенням. Кількість квіток у межах квітконосів змінюється у межах 1–3. Самі квітки сочевиці дрібні за розміром, мають білувате з фіолетовим відтінком забарвлення, довжиною 4–8 см. Тип суцвіття – пазушна малоквіткова незавершена китиця. Морфологічно біб у сочевиці двостулковий, сплюснутий, ромбічний, закінчується дзьобиком, одно–тринасіннєвий, голий або опушений, солом'яно-жовтий чи бурий, 7–20 см завдовжки й 4–11 мм шириною. Насіння має характерну лінзоподібну форму, 3–9 мм у діаметрі, жовто-зеленого або жовто-коричневого кольору [77].

Сочевицю відносять до помірно холодостійких культур. Проте для формування оптимальних і дружніх сходів потребує ретельної підготовки ґрунту за вирівняністю та розпушеністю [78–79].

Вологолюбивість у сочевиці є вираженою. Критичний період вологозабезпечення від фази стеблування до фази цвітіння. З іншого боку сочевиці за показниками посухо- і жаростійкості перевершує традиційну культуру зони – горох [80–83]. При цьому посухостійкість сочевиці визначається феностадією її розвитку – до цвітіння посухостійкість є середньою [84], а в період цвітіння–достигання посухостійкість підвищується [85–86].

Слід також відмітити, що не дивлячись на ознаки адаптивної посухостійкості для сочевиці бажаним є інтервал атмосферного зволоження на рівні 150–250 мм за період вегетації для того щоб сформувати достатній рівень врожаю зерна. Надлишок зволоження інтенсивно продовжує період вегетації сочевиці, зменшуючи при цьому кількість насінин у бобі та сприяє розвитку грибкових захворювань [71].

Оптимальні едафічні умови для сочевиці – це добре дреновані ґрунти з рН від 6 до 8, без підтоплення або ж засолення [71, 87–88].

Потреба води для проростання насіння досить висока – 100–120% від ваги насіння. З розвитком кореневої системи у більш пізні фази вегетації потреба у атмосферному зволоженні у сочевиці знижується. Найбільш шкодочинними по впливу на зернову продуктивність сочевиці є посуха у період цвітіння та формування бобів, що значно знижує вихід товарного зерна. Відмічено другу хвилю цвітіння і плодоношення сочевиці за умови відновлення оптимального зволоження у другій половині її вегетації [89–90].

Відмічено що толерантність сочевиці до ґрунтової посухи у період бутонізація-цвітіння є вищою, ніж до атмосферної у цей же період. Реакція рослин сочевиці на сухоту та різке підвищення середньодобових температур у період цвітіння-формування бобів – обпадання бутонів і квіток [71–72].

Вказується, що у лісостеповій зоні сухого Степу максимальна врожайність зерна сочевиці 2,82 т/га була облікована при ГТК 1,5 за норми висіву сочевиці 1,5 млн/га, що було істотно вищим на 1,56 т/га за зволоження у цій же зоні на рівні ГТК 0,6 [91–94].

В посушливих умовах Півдня України при низькому вологозабезпеченні <100 мм в метровому шарі рекомендується навіть зменшувати норму висіву сочевиці на 20–25 % у порівнянні із запасами води у тому ж шарі ґрунту на рівні >120 мм [95].

Сумарна вологопотреба рослин сочевиці за період вегетації змінюється в широкому діапазоні від 395 до 505 мм [96].

Слід також зауважити, що властивості морфогенезу рослин сочевиці у вологі та сухі роки істотно різняться. За оптимального та надмірного вологозабезпечення формується потужна листостеблова маса (іноді на рівні 1,9–2,7 т/га), що може у кінцевому підсумку зумовити вилягання та інтенсивне зниження врожайності зерна.

Вирощування сочевиці у вологі роки має свої особливості, які пов'язані з утворенням великої вегетативної маси та вилягання рослин, що призводить до зниження врожаю зерна. У сухі роки продуктивність біомаси суттєво нижча на рівні 1,1–1,5 т/га за практично відсутнього вилягання [97–101].

Особливості росту і розвитку сочевиці у різні міжфазні періоди є різною. Повільний ріст у сочевиці характерний для періоду від формування сходів до початку активного автотрофного живлення. Тривалість періоду від сівби до сходів може коливатись у межах від 7 до 15 діб і залежить від запасів вологи та температури [71].

Сочевиця є рослиною довгого дня із тривалістю до цвітіння до 40–47 діб після появи сходів. Фаза цвітіння є розтягнутою і може зайняти тривалий період для квіток пізніх хвиль розвитку і формування. Сама тривалість цвітіння подовжуються на фоні помірно низьких температур та надмірного зволоження. Тривалість цвітіння у межах окремого стебла – 9–11 діб. Абортація квіток у суху жарку погоду є максимальною на апікальних зонах стебел [102].

Оптимум середньодобової температури для росту і розвитку сочевиці знаходиться в інтервалі 17–20 °C, а оптимум температур для наливу зерна 20–25 °C [103–105].

Інтервал варіювання маси 1000 зерен для сочевиці 20–90 г із поділом на наступні фракції: дуже дрібне (< 20 г), дрібне (21–40 г), середнє (41–60 г), велике (61–80 г) та дуже велике (>80 г). Крупність та фракційний склад насіння сочевиці у свою чергу визначається сумою температур у період від формування бобів до їх досягання [106, 107].

Загальна тривалість вегетаційного періоду у сочевиці змінюється у межах 75–110 діб [108].

Встановлено багаторічним циклом вивчення високу продуктивність сортів сочевиці української селекції (Дніпровська 3, Красноградська 250, Красноградська 49, Луганчанка) на рівні кращих світових стандартів [109–111, 112]. Відмічається також, що дрібнонасінні сорти сочевиці скоростигліші, ніж зелені [112–114].

Встановлена північна межа вирощування сочевиці (близька до сої) з огляду на такі параметри: мінімальна температура +4-5 °C, оптимальна +17–22 °C, максимальна +32–36 °C, що обмежує поширення сочевиці у крайніх північних регіонах України [113].

За даними [114, 115, 116] початок проростання сочевиці відмічається при +3-4 °C. При цьому тривалість появи сходів сочевиці залежить від температури напряду: посів за температуру +12–18 °C – до появи сходів 6–7 діб, при +7–8 °C – 10–12 діб, при +5-6 °C – 13–15 діб. При цьому сходи сочевиці толерантні до заморозків у -6 °C та короточасні -10 °C. У комплексі із температурою проростання сочевиці її слід віднести до культур раннього строку сівби [115, 117, 118].

Найкращі ґрунти для сочевиці згідно [115] добре аеровані суглинисті та супіщані багаті на карбонати. Непридатні ґрунти важкі, кислі та піщані з близьким заляганням ґрунтових вод, схильні до заболочування та оглеєння, а також ґрунти із надмірним забезпеченням легкогідролізованим азотом, що зумовлює інтенсивний вегетативний розвиток рослин за істотного зниження їх репродуктивного зусилля [119]. Вологість ґрунту як фактор для сочевиці найбільш актуальний у період проростання насіння та у міжфазний період бутонізація-початок формування бобів [120]. При цьому наголошується що обсяг водопоглинання у сочевиці нижчий, ніж у гороху та інших зернобобових, що зумовлює необхідність у ранніх строках її сівби для забезпечення оптимальних умов вологозабезпечення на стадії проростання насіння [3, 36, 121, 122].

Відмічається, що критичні періоди по відношенню до вологозабезпечення є фази сходів та період стеблування-початок цвітіння [114, 123–128]. Надлишок вологи в період досягання негативно впливає на рівень врожаю сочевиці за рахунок вже згадуваних процесів формування надмірно розвиненої надземної маси, поширення хвороб [3, 114–115, 129–132].

### **1.3. Сучасні підходи до стратегії удобрення сочевиці**

Визначено інтенсивність мобілізації основних макроелементів на формування 1 т урожаю її зерна – 60 кг/га азоту, 20 кг/га фосфору ( $P_2O_5$ ) та 25 кг/га калію ( $K_2O$ ) [133]. Додатково витрачається також (кг/га)  $CaO$  – 23–28 та  $MgO$  – 18–22 [134]. При цьому наголошується, що при дефіциті вологи у ґрунті знижується винесення фосфору та азоту рослинами сочевиці [135].

У дослідженнях [136] відмічається що 2/3 необхідного азоту сочевиця здатна засвоїти з атмосфери у форматі симбіотичної азотфіксації. Потреба в азоті для сочевиці є нерівномірною – при цьому елементі живлення властива періоду від сходів до стеблування у сочевиці особливо з огляду на несформованість симбіотичного апарату сочевиці. У більш пізніші фенологічні фази потреба в азоті істотно знижується за умови ефективного функціонування симбіотичного апарату та фоні відповідних метеорологічних умов періоду вегетації [126, 137].

Критичним періодом споживання азоту зернобобовими культурами є період формування та наливу зерна. У разі слабкої симбіотичної фіксації азоту покращити азотне живлення рослин дозволяє застосування позакоренових підживлень цим елементом [114, 138, 139].

Критичним періодом по забезпеченню достатніх рівнів фосфорного живлення є період початку вегетації до стеблування, а також міжфазний період цвітіння-формування бобів. Нестача цього елемента в даний період зумовлює зниження врожаю сочевиці [140, 141].

Максимальне поглинання калію рослинами сочевиці припадає на періоди цвітіння та утворення бобів – нестача калію у цей період сприяє абортції квіток

та невиконаності бобів у сочевиці [142]. На ґрунтах із низькою забезпеченістю калієм його застосування підвищує як урожайність зерна сочевиці, так і його якість [4, 144, 145].

Сочевиця досить добре реагує на фонове внесення азотних добрив під передпосівний обробіток, що стимулює інтенсивність початкового росту та прискорює формування повноцінного симбіотичного апарату самих рослин. Важливо внесення невисоких доз азоту, оскільки надмірні дози азоту суттєво погіршують симбіотичну діяльність сочевиці [146, 147].

Внесення мінеральних фосфорних добрив саме у критичні періоди для сочевиці підвищує стресостійкість та урожайність сочевиці [148].

У досліджах З.І. Глазової [149], де вивчалась система позакореневих підживлень сочевиці, відмічено їх позитивний вплив на основні показники морфогенезу рослин та врожайність – у співставленні до контролю озерненість рослин зросла на 7–14 %, маса 1000 насінин – на 0,8–1,6 г, а врожайність сочевиці – на 0,21–0,36 т/га. Подібні результати отримано і в цілому ряді інших аналогічних досліджень [150–152].

Досліджено і ефективність застосування під сочевицю (під основний обробіток)  $N_{35}P_{35}K_{30}$  та спільного внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{30}$  спільно із соломою (2,5 т/га) під основний обробіток ґрунту. Отримано результати приросту врожаю зерна у першому варіанті на рівні 0,26 т/га, а у другому – 0,08 т/га [153].

Проведено ряд досліджень [154–156] із вивчення впливу різних доз та поєднань мінеральних добрив на врожайність сочевиці. За підсумками таких досліджень встановлено, що внесення повного варіанту мінеральних добрив із вмістом як азоту, так фосфору і калію забезпечило формування найвищих рівнів структури індивідуальної зернової продуктивності у сочевиці із приростом врожаю в інтервалі 0,23–0,39 т/га.

По даних [157, 158], для нормальної вегетації рослин сочевиці та ефективної фіксації атмосферного азоту бажаною є слабкокисла, або ж нейтральна реакція

грунтового розчину. Це пояснюється тим, що відповідно до своїх біологічних особливостей сочевиця на кислих ґрунтах росте погано, оскільки останні є менш придатними для функціонування бульбочкових бактерій та формування симбіотичного апарату рослин сочевиці. Для усунення негативного впливу кислих ґрунтів рекомендується проведення вапнування, яке є найбільш доцільним за 1–2 роки до сівби сочевиці [114].

Важливим є також той факт, що внесення фосфорних і калійних добрив не впливає на врожайність зернобобових культур за умов недостатнього зволоження через негативний вплив на процеси біологічної фіксації азоту бактеріями [4, 159–161].

Важливим елементом управління як рівнем урожайності зерна сочевиці, так і формування його якісних показників є застосування передпосівної інокуляції насіння сочевиці. Встановлено істотний вплив інокуляції на якість зерна сочевиці. Так, порівняно з контролем (без інокуляції) інокуляція насіння підвищила вміст білка в зерні сочевиці на 2,7 %, у варіанті інокуляція +  $P_{46}K_{28,5}+B_1$  – на 3,9 %, а інокуляція +  $P_{46}K_{28,5}+Mo_{0,5}$  – на 4,3 %. За цих же умов максимальний збір білка – 0,56 т/га відмічено у варіанті спільного внесення фосфорно-калійних добрив і мікродобрив у варіанті позакореневого підживлення на фоні інокуляції із приростом до контролю з коефіцієнтом 2,13 рази [162–163]. Аналогічні результати отримано в інших дослідженнях [164] де мінеральні добрива сприяли збільшенню збору білка на 0,48–0,99 ц/га, інокуляція – на 0,40–1,07 ц/га, а сумісне застосування ( $P_{60}K_{40}$  + ризоторфін) – на 0,78–1,36 ц/га [164, 165].

Встановлено позитивну роль вирощування сочевиці на мікробіологічну активність ґрунту. При цьому максимальні показники за мікробіологічною діяльністю (збільшення від 171 до 287 %) та накопичення азоту в ґрунті було у системі вирощування сочевиці у ланці сівоzmіни «сочевиця – пшениця», а найменші показники «горох – пшениця» [166–167]. Відмічається також, що після



збирання сочевиці на кожному гектарі з післяжнивними рештками залишається поживних речовин еквівалентних 10 т перегною [71, 168, 169].

Вказується, що за негативною реакцією симбіотичного апарату зернобобових культур на мінеральний азот їх можна розмістити у наступній послідовності (за порядком зростання негативного ефекту): сочевиця, горох, нут, боби (11–15%) – соя, квасоля (20–21%) – вика, люпин (26–30%). При внесенні стартової дози мінерального азоту ( $N_{30-60}$ ) у переважній більшості випадків формується такий же урожай, як на посівах, під які добрива не вносили, тому сочевицю необхідно вирощувати на фоні азоту, що не перевищує його дозу у 30 кг/га д.р.. За цих умов бактеризацію насіння слід ефективно поєднувати з внесенням фосфорних або складних добрив. На фоні комплексного внесення азоту, фосфору і калію застосування інокуляції насіння дозволяє за вирощування сочевиці підвищити в 1,5 рази врожай зерна і на 20–50% – окупність добрив [170–172].

У сочевиці повне формування бульбочок відбувається залежно від умов погодних умов та варіантів технології на 2–4 тиждень після сівби. При цьому за продовження цього періоду рослини сочевиці можуть відчувати дефіцит азоту особливо коли на ранніх феностадіях його вміст менший ніж 11 кг/га. За таких умов на рослинах сочевиці можна спостерігати ознаки пожовтіння.

Тому практикують внесення стартових доз азоту у рядки у дозі 10–15 кг/га, або ж застосування позакоренових підживлень мікродобривами до складу яких входить азот. Внесення високих доз азоту перед сівбою не корелює позитивно із рівнем кінцевої урожайності сочевиці [173-175].

Внесення органічних добрив під сочевицю доцільне лише у варіанті їх застосування під попередник. Це підтверджується дослідями на Миронівській селекційній станції (Київська область), де добрива застосовували під озиму пшеницю і буряк цукровий як передпопередник та попередник сочевиці у досліді. За 9 років досліджень приріст урожаю сочевиці при внесенні органічних і мінеральних добрив під попередник склав 1,4–2,6 ц/га, а при внесенні лише

мінеральних добрив – 0,6–1,6 ц/га із найбільшим приростом на рівні 2,6 ц/га при внесенні під буряк цукровий 27 т/га гною. За внесення 20 т/га гною під озиму пшеницю приріст склав 1,9 ц/га [176].

Аналогічні дані були отримані в п'ятирічних дослідженнях на Петровській селекційно-дослідній станції [177].

Сочевиця потребує збалансованого фосфорного живлення. Достатнє фосфорне живлення сприяє формуванню симбіотичного апарату рослин. Крім того фосфор покращує стресостійкість культури. На ґрунтах достатньо забезпечених рухомим фосфором зазвичай застосовують 30–60 кг/га д.р. фосфору під основний обробіток, або ж у передпосівне внесення. Максимальна норма внесення фосфору при сівбі – 20 кг/га [26].

Сочевиця позитивно реагує також на збалансоване калійне живлення. Сумарне внесення  $K_2O$  та фосфору при сівбі сочевиці не має перевищувати 20 кг/га. Норми внесення калію під основний обробіток 30–60 кг/га [19].

Сочевиця інтенсивно поглинає сірку тому потребує компенсації винесення цього елемента з ґрунту дозою застосування на рівні 7–11 кг/га. Дефіцит доступної сірки можна компенсувати внесенням сульфату амонію [42].

Потреба в мікроелементах під сочевицю встановлюється індивідуально залежно від результатів агрохімічного аналізу ґрунту [176].

Під урожай сочевиці 2 т/га вносять, залежно від типу ґрунту в середньому до 30 кг/га азоту, 27,5–40 кг/га фосфору, 30–50 кг/га калію і 5 кг/га сірки. Винесення з урожаєм цих елементів становить відповідно 68,5, 21, 36,5 і 5 кг/га [40]. Аналогічні висновки зроблені і в інших дослідженнях [178, 179, 180] де відмічається, що за умови родючих ґрунтів та добре удобрених попередників, сочевиця не потребує внесення мінеральних добрив. І навпаки, на бідних ґрунтах та після неудобрених попередників – доцільне застосування  $P_{30-60}K_{30-60}$ . При цьому відмічається, що застосування азоту є менш ефективним ніж забезпечення оптимальних умов для формування симбіотичного апарату сочевиці та його належного функціонування [42].

Підтверджені дані рекомендації і в інших дослідженнях [92, 93] відповідно до яких оптимальні умови для фотосинтетичної діяльності сочевиці відмічено на фоні внесення  $P_{30}K_{30}$  під передпосівний обробіток при обробці насіння ризоторфіном. За цих технологічних умов накопичення сухої біомаси склало 1,18 т/га (17% до контролю). Коефіцієнт кореляції між максимальною площею листків і ФП на фоні  $P_{30}K_{30}+$  ризоторфін становив 0,99.

Подібні дослідження проведені в умовах сухо-степової і чорноземно-степової зон показали, що найкращі умови росту та розвитку сочевиці відмічено за фонового внесення  $P_{30}K_{30}$  на фоні передпосівної обробки насіння ризоторфіном та молібденом [135].

Встановлено, що для отримання високого врожаю зерна високої якості доцільним є обробка насіння ризоторфіном (600 г/ гектарну норму) та фонове удобрення  $P_{30-60}K_{40}$  з врахуванням вмісту поживних речовин в ґрунті [41].

Під сочевицю на вилужених чорноземах рекомендують  $P_{30-60}K_{30-60}$  під передпосівну культивуацію [181].

В освоєних сівозмінах за низького рівня удобрення попередників сочевиці, рекомендується вносити фосфорні і калійні добрива нормою 50–60 та 40–50 кг/га д.р. (із розподілом половина – з осені, а інша половина – навесні під передпосівний обробіток) [85, 86].

Відмічається [162, 163, 178, 182], що максимальний урожай зерна сочевиці 1,44 т/га отриманий у варіанті сумісного застосування  $P_{46}K_{28,5} + B_1Mo_{0,5}$  на фоні інокуляції із визначеним приростом до контролю 0,65 т/га. За рахунок інокуляції приріст урожаю зерна до контролю – 0,27–0,45 т/га (34,1%). Внесення  $P_{46}K_{28,5}$  з бором і молібденом на фоні інокуляції забезпечило приріст урожаю зерна на рівні 0,39–0,43 т/га.

За іншими даними оптимальні норми внесення фосфорних і калійних добрив під сочевицю мають більш широкий інтервал  $P_{20-80} K_{20-100}$  [183].

У дослідженнях [87] вирощування сочевиці без використання мінеральних добрив, але за умов інокуляції у середньому за роки досліджень забезпечувало

продуктивність сорту Красноградська 49 (стандарт) – 1,07 т/га, Лінза – 1,02 т/га, Луганчанка – 0,94 т/га, Світлиця – 0,97 т/га. При цьому відмічається, що дози азоту 30 кг/га були ефективнішими ніж дози на рівні 60 кг/га. Підвищення ж дози азоту до 90 кг/га зумовило зниження всіх сортів у досліді. Так, у сорту Красноградська 49 при застосуванні  $N_{30}$  і  $N_{60}$  на фоні  $P_{60}K_{60}$  урожайність зерна склала відповідно 2,01 і 1,83 т/га, що на 0,74–0,56 т/га більше порівняно з контролем (без добрив). При застосуванні  $N_{90}P_{60}K_{60}$  спостерігали зниження врожайності до 1,62 т/га, а її приросту до контролю – на 0,35 т/га. За цих же умов максимальну продуктивність встановили у сорту Лінза, середня урожайність якого за період досліджень склала 2,39 т/га. Також встановлено [84], що оптимізація живлення сочевиці за рахунок передпосівної інокуляції насіння сприяє істотному покращенню хімічного складу зерна.

Позитивним у плані формування урожайності сочевиці є застосування системи позакореневих підживлень. Так встановлено [184], що підживлення сочевиці мікродобривом Альфа Гроу забезпечило приріст кількості бобів на рослині на 9,3 %, а зерен на 10,0 %, а в результаті застосування інокуляції ризогуміном додатковий приріст показників склав 3,8 та 14,7 % відповідно. При цьому, інокуляція насіння і підживлення рослин мікродобривом забезпечили збільшення кількості бобів на рослині на 12,3 %, а кількості зерен – на 10,4 %. Найвищих показників урожайності було досягнуто у варіанті застосування інокуляції і підживлення мікродобрив на фоновому внесенні  $N_{15-30}P_{30-45}K_{40-45}$ . За цих же умов інокуляція насіння сприяла підвищенню показника маси 1000 зерен на 2,3 %, а позакореневі підживлення на 2,5 %, а у варіанті комбінованого застосування інокуляції і підживлення на 3,6 %. У варіанті комплексного поєднання фоновго удобрення інокуляції та позакореневого підживлення було отримано максимальний врожай зерна сочевиці на рівні 1,53 т/га. При цьому, приріст урожайності зерна сочевиці від інокуляції склав 22,1 %, за підживлення рослин мікродобривом – 23,1 %, а за їх поєднання – 33,7 %. За поєднання удобрення та інокуляції приріст урожаю склав 53,7 %, за удобрення і

підживлення – 47,4–52,6 %, а удобрення, інокуляції та позакореневого підживлення – 58,9–61,0 %. Подібні результати отримані і в інших аналогічних дослідженнях [39, 185–188].

Ефективним заходом є також обробка насіння сочевиці перед посівом. Так, відмічається, що максимальна врожайність сочевиці на рівні 2,3 т/га формувалася у варіанті передпосівної обробки насіння рідким комплексним мікродобрином ЖУСС 2Б (Cu – 32 г/кг, Mo – 15 г/кг) нормою 4–6 л/т та внесенні мінеральних добрив в дозі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  [88, 189–191].

Для інтенсивних технологій вирощування сочевиці в умовах України рекомендується вносити фосфорні й калійні добрива у дозі 30–60 кг/га д.р.. На малоудобрених полях потрібно вносити ще й азотні добрива в дозі 30 кг/га д.р.. Доцільним є внесення фосфорних добрив  $P_{10-15}$  в рядки при посіві. За умов прохолодної весни та повільних темпів росту сочевиці можна застосовувати позакореневе підживлення азотом дозою  $N_{10-15}$  [192, 193].

Інокуляція насіння сочевиці *Rhizobium leguminosarum* компенсує до 80% її потреб в азоті. Насіння сочевиці можна інокулювати як одним, так і комплексом штамів бактерій із дотриманням всіх правил і застережень для збереження життєздатності штаму [22, 41, 88]. Вказується, що для сочевиці всі форми інокулянтів ефективні за умов правильного їх застосування. В стресових умовах ефективність гранульованих інокулянтів дещо вища, далі по ефективності розміщуються порошкоподібні та рідкі [41]. Дослідження в Західній Канаді встановлено, що інокуляція бобових гарантує ріст урожайності на рівні 30–50%. З цих причин ефективні виробники сочевиці завжди проводять інокуляцію насіння перед сівбою [8, 194].

Позитивним є і комплексне застосування кількох мікродобрив за вирощування сочевиці [195–200]. Так відмічається [200], що найкращі результати за більшістю показників отримано у варіантах комплексного поєднання мікродобрива Реаком-СР-Бобові та регулятора росту Стимпо: кількість стебел 2–3 порядку – 8,2 шт. (+32,3 % приріст до контролю), бобів –

35,4 шт. (+43,3 %), бобів із насінням – 27,4 шт. (+43,5 %), насінин в одному бобові в кількості 1 шт. – 25,1 шт. (+50,3 %) та кількості насінин з однієї рослини – 31,4 шт. (+46,0 %).

Відмічено, що інтенсивному утворенню бульбочок у сочевиці сприяє застосування обробки її насіння 0,05 %-м розчином борної кислоти, 1,0 %-м розчином молібдату амонію та ризоторфіном – по 0,2 кг препарату на гектарну норму насіння [36]. При цьому, бульбочкові бактерії на коренях сочевиці з'являються на 6–7 добу після сходів, впродовж тижня після цього у бульбочках утворюється леггемоглобін. Максимум кількості бульбочок у сочевиці зазвичай відмічається на фазу цвітіння-початку формування бобів [201–203].

Обробка насіння мікроелементами, такими як Zn, Fe, Mn, Mo, B, Cu, прискорює темпи росту сочевиці, збільшує масу і кількість бульбочок, сприяє розвитку кореневої системи, покращує процеси формування бобів, підвищує вміст білка в насінні на 0,77–1,57 %. При цьому, найбільш ефективним є прийом обробки насіння препаратами, які містять молібден [4, 114, 204–209].

Вказується також ефективність застосування мінеральних добрив під попередню культуру у сівозміні [138].

За твердженнями [210], при вирощуванні сочевиці на зерно, фосфорно-калійні добрива доцільно вносити восени, а азотні перед посівом. У досліджах автора насіння перед сівбою обробляли молібдатом амонію. Найпродуктивнішим був варіант  $N_{30}P_{30}K_{30}$  плюс 100 г/га Mo – врожай становив 1,36 т/га (41,7 % приріст до контролю). Подібні результати отримано і в інших дослідженнях [4, 114, 145, 154–156, 211, 212], де додатково відмічається, що застосування інокуляції насіння сочевиці нітрагіном або азоторфіном сприяє підвищенню її врожайності на 0,3–0,6 т/га.

Індійські вчені рекомендують застосування за вирощування сочевиці норми добрив  $N_{20}P_{50}$  із обробкою насіння штамами ризобіум та двома культурами азотобактера. За цих умов найефективнішою виявилася обробка

насіння сумішшю бульбочкових бактерій та азотобактеру, яка забезпечила отримання 1,9 т/га насіння та 3,01 т/га стеблової маси [213].

Відмічається також, що внесення добрив восени під зяблеву оранку є найкращим варіантом за вирощування сочевиці, але також цілком допустимий варіант навесні під передпосівну культивуацію [114, 214]. За цих же умов передпосівна обробка насіння макро- та мікроелементами є гарантією дружних та повних сходів сочевиці [215–217]. Додатково вказується, що застосування обробки насіння мікроелементами має проводитись з врахуванням ґрунтово-кліматичних умов зони досліджень та застосованих агрозаходів її вирощування. Так, у дослідях [140], при додаванні в живильне середовище 0,001% розчину молібдену амонію натрію процес фіксації атмосферного азоту у азотобактера збільшується на 600–700% порівняно з контролем. А найефективнішим мікроелементом при цьому для сочевиці є Мо при концентрації 1,0%. В результаті було отримано вміст білка на контролі – 27,81 %, а при обробці Мо – 28,44 % [156, 218].

У вегетаційних дослідях на сочевиці вносили  $N_{20}P_{40}K_{20}$ . Доза бору становила: 0,5; 1; 2; 4 та 9 мг/л. Відмічено зниження маси рослин за зростання дози бору. За цих же умов, вміст NPK у рослинах зростав при внесенні борного добрива, а вміст Са та Mg знижувався [219].

Вказується також, що одну з головних ролей у мінеральному живленні сочевиці та формуванні її симбіотичного потенціалу відіграє кальцій. У ґрунтах з низьким вмістом кальцію бульбочки на коренях сочевиці не утворюються, отже, виникає потреба у вапнуванні. Дозу вапна визначають з огляду на ґрунтово-кліматичні умови та рекомендують застосовувати під попередник сочевиці [220, 221].

У підсумку наголошується також [222–232] на важливості і необхідності застосування мікродобрив при вирощуванні сучасних високоінтенсивних сортів сочевиці у різних технологічних варіантах та комбінаціях. Без такого

підходу урожайність зерна сочевиці щонайменше на 25 % є нижчою у співставленні до варіантів із застосуванням даного технологічного підходу.

### **Висновки до розділу 1:**

На основі наведених у розділі результатів досліджень інших авторів та на підставі власного узагальнення можна зробити наступні висновки:

1. Сочевиця для України є перспективною стратегічною нішевою культурою, технологія якої потребує регіональної деталізації та адаптації враховуючи сучасні тенденції аграрного виробництва та зміни клімату.

2. Система удобрення сочевиці для умов України має багато протилежних рекомендацій і тверджень, особливо це стосується поєднання в єдиній системі застосування класичного фону мінеральних добрив, інокуляції насіння та застосування мікродобрив по вегетації.

3. Вивчення системи оптимізації удобрення сочевиці на нашу думку має базуватись на вивченні оптимального поєднання таких складових: передпосівної інокуляції та бактеризації насіння з обов'язковим застосуванням комплексних мікродобрив по вегетації. Саме тому нами була сформована робоча гіпотеза, яка передбачала вивчення нових елементів системи удобрення, обробки біопрепаратами та проведення позакореневих підживлень комплексними мікродобривами.

Вказані висновки підкреслюють актуальність наших досліджень та їх значимість для забезпечення сталого виробництва сочевиці в умовах Лісостепу правобережного України.



## РОЗДІЛ 2

### ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Характеристика ґрунтово-кліматичних умов проведення польових досліджень

Вивчення будь-яких агротехнологічних заходів не можливе без врахування агрокліматичних ресурсів зони досліджень з огляду на абіотичні чинники, які у взаємодії з факторами досліду визначають ефективність конкретного варіанту досліду [233, 234]. Аналіз взаємодії гідротермічних параметрів із процесами закономірностей росту і розвитку даного виду рослин на основі застосування конкретних агротехнологічних заходів є елементом, який визначає можливість застосування виділеного оптимального варіанту на конкретній території з огляду на можливе лімітування реалізації позитивного ефекту від даного агрозаходу за рахунок несприятливості погодних умов [235–237].

Зона Правобережного Лісостепу є однією із найбільш продуктивних за сільськогосподарським потенціалом. Ґрунтовий покрив зони із часткою на рівні 35,0 % сільськогосподарських угідь та материнськими ґрунтоутворюючими породами лесами і лесовидними суглинками, досить строкатий – ясно-сірі лісові – 3,8 %, сірі лісові – 11,3 %, темно-сірі опідзолені – 13 %, чорноземи опідзолені – 21,6 %, чорноземи типові – 36,5 %, лучно-чорноземні – 2,8 % і лучні – 3,5 % ґрунти [238].

Клімат зони помірно-континентальний з вираженістю певної сезонної контрастності [237]. Базові режими зміни пор року: перехід середньодобової температури через +5°C весною на початку квітня, а восени в кінці жовтня – на початку листопада. Середньобагаторічна тривалість вегетаційного періоду 200–205 діб. Середньорічна сума опадів 580–630 мм (320 мм за вегетаційний період, у літку – 80–90 мм/міс., взимку – 30–35 мм/міс) (табл. 2.1) [239, 240].

Таблиця 2.1

**Середньобагаторічні кліматичні показники центральної зони  
Вінницької області (на підставі [237])**

| №  | Кліматичні показники                              | Величина          |
|----|---------------------------------------------------|-------------------|
| 1  | Сума активних температур, °С                      | 2671–2780         |
| 2  | Довжина без морозного періоду, діб                | 141–147           |
| 3  | Середньорічна температура повітря, °С             | 6,7–7,0           |
| 4  | Мінімальна температура повітря, °С                | -34               |
| 5  | Максимальна температура повітря, °С               | +38               |
| 6  | Дата осінніх заморозків                           | 6–7.10            |
| 7  | Дата останніх весняних заморозків                 | 23–25.04          |
| 8  | Довжина вегетаційного періоду, діб                | 199–205           |
| 9  | Сума атмосферних опадів за рік, мм                | 581–634           |
| 10 | Сума опадів за вегетаційний період, мм            | 368–425           |
| 11 | Довжина періоду з сніговим покривом, діб          | 87–90             |
| 12 | Середня максимальна глибина снігового покриву, см | 14–15             |
| 13 | Середня глибина промерзання ґрунту, см            | 56                |
| 14 | Сума ефективних температур > 5 °С                 | 1949–2059         |
| 15 | Переважаючий напрямок вітру                       | Північно-західний |

Зона досліджень була зосереджена у Вінницькому районі Вінницької області. Територія Вінничини за режимами агрокліматичних умов поділяється на три райони: північно-східний, центральний та південний [240]. Дослідження проводилися на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету, яке за вказаним поділом відноситься до центрального району з такими базовими режимами погодних умов: ГТК – 1,2–1,8, середньобагаторічна річна температура повітря 6,7 °С, висота снігового покриву 13–20 см, дата самого пізнього терміну весняних заморозків 15 квітня, абсолютний максимум температур +39...+49 °С з можливими посушливими періодами та суховіями. Довжина вегетаційного періоду зони 150–170 діб. Відмічено відмінності погодних умов у роки досліджень від середньобагаторічних показників зони (рис. 2.1, Додаток А).

У 2019 році весняний період мав контрастні умови. Березень характеризувався прохолодною погодою з мокрим снігом. Квітень, навпаки, був теплим з помірним зволоженням. Травень був інтенсивно зволеним з інтенсивним наростанням середньодобових температур. Період літа 2019 року характеризувався оптимальним і навіть надмірним зволоженням на фоні помірних та високих середньодобових температур із незначним похолоданням у другій декаді липня та нерівномірному зволоженні впродовж кінця липня-серпня. Серпень був жарким та сухим.

У 2020 році вегетації березень був аномально теплим на фоні помірного зволоження. В квітні погодні умови характеризувались помірним зволоженням із сталим наростанням середньодобових температур до 12–14 °С тепла на кінець місяця. Травень був помірно теплим та дощовим. Літній період характеризувався значним коливанням середньодобових температур із чергуванням дощових періодів та помірно-сухих інтервалів за зволоженням. Серпень місяць був за аналогією із 2019 роком сухим та жарким.

У 2021 році впродовж березня відмічено аномально прохолодну із різкими коливаннями середньодобових температур погоду. Інтенсивність опадів була нерівномірною та різної інтенсивності. Квітень також відмічено з нестійкою прохолодною погодою в окремі періоди з мінусовою температурою на фоні достатнього вологозабезпечення (175–192 % від середньобагаторічної норми). Травень відмічено як місяць із нерівномірним розподілом атмосферного зволоження та тепла із значною амплітудою коливання температур. У червні та липні на фоні інтенсивного наростання середньодобових температур вище +30 °С відмічено вкрай нерівномірний розподіл атмосферного зволоження. Друга частина липня та серпень відмічено із високими амплітудними змінами опадів і температури що у підсумку дозволяє віднести умови 2021 року, як найбільш стресові у формуванні ростових процесів сочевиці у співставленні до умов 2019 та 2020 років вегетації.

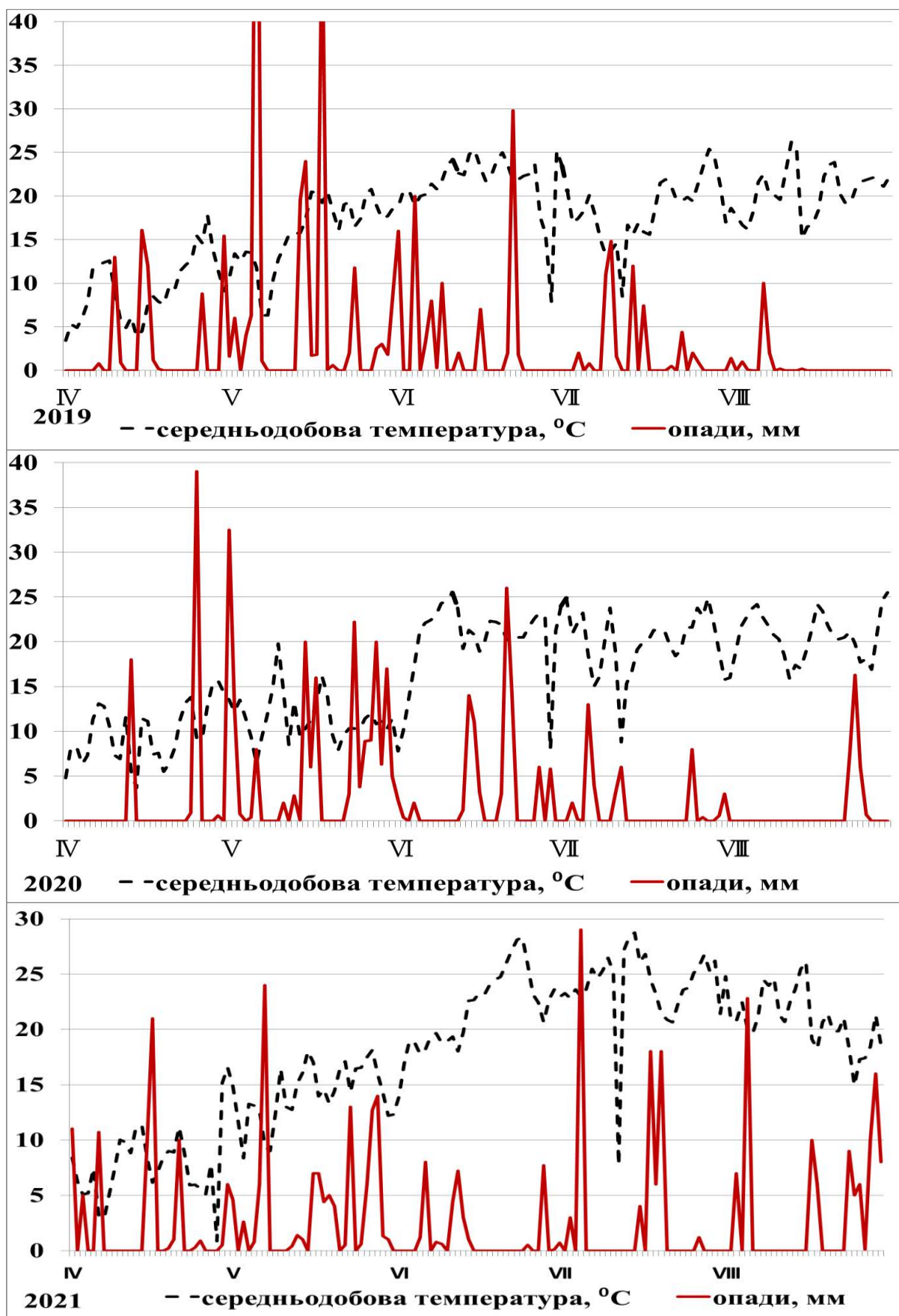


Рисунок 2.1 – Погодні умови періоду вегетації сочевиці у досліді, 2019–2021 рр.

Слід зауважити, що погодні умови за період досліджень знаходились у межах норми відхилень для умов нестійкого зволоження. За цих умов, графічна система погодних режимів представлена на рис. 2.1. у формі щодобового динамічного графіка розподілу опадів і температури. Відповідно до представлених графічних даних роки досліджень за показником ГТК вегетаційний період сочевиці можна віднести до наступних класифікуючих категорій ГТК<sub>2019</sub> – 1,690, ГТК<sub>2020</sub> – 1,859, ГТК<sub>2021</sub> – 1,369 (табл. 2.2). Розрахункові погодні константи періоду вегетації сочевиці представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.2

**Середньомісячний гідротермічний коефіцієнт за період  
травень–серпень, 2019–2021 рр.**

| Рік  | Місяці |       |       |       | Середнє значення за<br>період вегетації |
|------|--------|-------|-------|-------|-----------------------------------------|
|      | V      | VI    | VII   | VIII  |                                         |
| 2019 | 4,710  | 1,555 | 1,003 | 0,235 | 1,690                                   |
| 2020 | 5,489  | 1,474 | 0,649 | 0,474 | 1,859                                   |
| 2021 | 4,204  | 2,662 | 0,530 | 1,077 | 1,543                                   |

Така градація періоду досліджень відносить роки досліджень до істотно відмінних як за температурним режимом, так і за умовами зволоження.

Враховуючи біологічні особливості сочевиці [3, 4, 114, 241–243] найбільш екстремальні умови для реалізації потенціалу сочевиці складались в умовах 2021 року, особливо у період червня–липня місяця. Погодні умови 2019 року вегетації сочевиці відмічено як рік з максимальним вологозабезпеченням на тлі середньої для умов зони досліджень випаровуваності. У підсумку співвідношення надмірного зволоження у окремі періоди вегетації за різкого коливання середньодобових температур мали різnorідний вплив на ростові процеси та якісні перетворення рослин сочевиці.

Таблиця 2.3

**Параметри погодних умов періоду вегетації сочевиці (2019–2021 рр.)**

| Коефіцієнт<br>посушливості<br>М. В. Бова<br>на періоди обліку |                     |                     | За період травень–липень |                                              |                                  |       |                     |                                       |
|---------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|-------|---------------------|---------------------------------------|
|                                                               |                     |                     | сума опадів, мм          | середня за період                            |                                  | ГТК   | випаровуваність, мм | коефіцієнт зволоження<br>М.М. Іванова |
|                                                               |                     |                     |                          | середньодобова<br>температура<br>повітря, °С | відносна вологість<br>повітря, % |       |                     |                                       |
| 10.04                                                         | 10.06               | 10.08               |                          |                                              |                                  |       |                     |                                       |
| 2019 р.                                                       |                     |                     |                          |                                              |                                  |       |                     |                                       |
| $\frac{3,09}{2,78^*}$                                         | $\frac{5,41}{5,19}$ | $\frac{1,77}{1,67}$ | 402,2                    | 18,6                                         | 72                               | 2,350 | 342                 | 1,176                                 |
| 2020 р.                                                       |                     |                     |                          |                                              |                                  |       |                     |                                       |
| $\frac{2,59}{1,91}$                                           | $\frac{1,55}{1,54}$ | $\frac{1,36}{1,28}$ | 325,5                    | 17,6                                         | 70                               | 2,010 | 327                 | 0,995                                 |
| 2021 р.                                                       |                     |                     |                          |                                              |                                  |       |                     |                                       |
| $\frac{2,65}{2,22}$                                           | $\frac{2,00}{1,79}$ | $\frac{1,20}{1,05}$ | 261,5                    | 20,2                                         | 65                               | 1,407 | 367                 | 0,713                                 |

*Примітка.\* під ризикою значення коефіцієнта для 2/3 запасів вологи.*

Умови 2020 року вегетації сочевиці за вказаними базовими гідротермічними параметрами слід віднести до інтермедіаторних та найбільш близьких для умов Вінниччини відповідно до середньобагаторічних даних [240] (Додаток А).

Таким чином, відповідно до представлених даних погодні умови в роки проведення досліджень можна охарактеризувати як відносно сприятливі для росту і розитку сочевиці як за характером зволоження, так і за характером суми ефективних температур, а певна контрастність їх у роки досліджень дозволяє використати абіотичну складову у системі оцінки отриманих даних.

## 2.2. Схема досліду та методика проведення польових досліджень

Польові дослідження за темою дисертаційної роботи проводили впродовж 2019–2021 років на базі дослідного поля Вінницького національного аграрного університету (с. Агрономічне Вінницького району Вінницької області (координати N 49°11'31", E 28°22'16")).

Агротехнологічна характеристика дослідного поля: рівний рельєф, тип ґрунту сірі лісові. За даними агрохімічного обстеження орний шар ґрунту має такі фізико-хімічні показники (табл. 2.4): вміст гумусу (за Тюріним) становить 2,02–2,25 %, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) 60–67 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію (за Чириковим) відповідно 149–212 мг/кг і 80–92 мг/кг ґрунту, рН сольової витяжки 5,5–5,7. Гідролітична кислотність – 1,6–1,7 мг-екв на 100 г ґрунту.

Тип зволоження ґрунту – атмосферний. Представлений тип ґрунту є типологічним для умов зони проведення досліджень та Лісостепу правобережного вцілому. З агровиробничого погляду потенціал родючості таких ґрунтів оцінюється як помірно середній. Ґрунти схильні до запливання та кіркоутворення. Характеризуються середніми темпами весняного досягання із зниженим вмістом агрономічно цінної структури при надмірній розпиленості верхнього горизонту 0-5 см. З позиції біологічних властивостей сочевиці дані типи ґрунту є помірно сприятливими для її ростово-фізіологічних процесів. Лімітуючими едафічними умовами при цьому є схильність до кіркоутворення при надмірному зволоженні із погіршенням фізичних та повітряних властивостей, відносно низька буферна здатність, коливання кислотності ґрунтового розчину, середній потенціал родючості.

Програмою досліджень було передбачено закладення одного багатофакторного польового досліду схема якого представлена у табл. 2.5.

Повторність у досліді чотирьохразова. Розміщення варіантів – систематичне у два яруси. Площа облікової дослідної ділянки – 25 м<sup>2</sup>, загальної – 40 м<sup>2</sup>. Факторіальна формула 2:2:4=16 варіантів (загальна кількість ділянок за системи 4 повторень – 64).

Таблиця 2.4

**Агрохімічна характеристика ґрунтового покриву дослідної ділянки**

| Показники                                        | Сірий лісовий середньосуглинковий |         |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Вміст гумусу за Тюрнімом, %                      | 2,02–2,25                         |         |
| Вміст рухомих форм, мг/кг                        | N                                 | 60–67   |
|                                                  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>     | 149–212 |
|                                                  | K <sub>2</sub> O                  | 80–92   |
| pH сольової витяжки                              | 5,5–5,7                           |         |
| Гідролітична кислотність, мг-екв на 100 т ґрунту | 1,6–1,7                           |         |
| Сума увібраних основ, мг-екв на 100 г ґрунту     | 14,6–15,3                         |         |

Технологія вирощування сочевиці включала складові елементи рекомендовані для зони Лісостепу правобережного [244]. Гербіцидний контроль передбачав застосування гербіциду Пульсар (д.р. 40 г/л імазамокс) 0,75 л/га у фазу 2 трійчастого листка.

Попередник у всіх варіантах дослідів пшениця озима. Проводився основний обробіток ґрунту після збирання попередника, він передбачав дискування на глибину 6–8 см та осінню оранку на глибину 23–25 см. Навесні проводили передпосівний обробіток ґрунту, який передбачав культивування на глибину загортання насіння. Під передпосівний обробіток ґрунту на всіх варіантах застосовувалось фонове удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> із застосуванням нітроамофоски (17 % д.р.).

У день сівби насіння сочевиці обробляли згідно схеми польового дослідів. У позакореневі підживлення використовували мікродобрива передбачені схемою дослідів з підживленням на початку стеблування та початку бутонізації.

Контрольний варіант дослідів включав обробку насіння водою у об'ємах передбачених технологією проведення інокуляції та передпосівної обробки насіння мікроелементами та не включав передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень.



Таблиця 2.5

**Схема дослідів з вивчення комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів за вирощування сочевиці**  
(передпосівний фон удобрення для всіх варіантів  $N_{30}P_{30}K_{30}$ )

| Інокуляція насіння азотфіксуючими мікроорганізмами (чинник А)          | Передпосівна обробка насіння мікроелементами (чинник В) | Позакореневе підживлення мікродобривами (чинник С)                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Без інокуляції ( $A_1$ )                                               | Контроль (без обробки) ( $B_1$ )                        | ( $C_1$ ) Без підживлення                                                                                                                                         |
|                                                                        |                                                         | ( $C_2$ ) Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння (BBCH* 13–15))                                                                              |
|                                                                        |                                                         | ( $C_3$ ) Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації (BBCH 53–55))                                                                             |
|                                                                        |                                                         | ( $C_4$ ) Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння (BBCH 13–15)) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації (BBCH 53–55)) |
|                                                                        | Оракул насіння (1 л/т) ( $B_2$ )                        | ( $C_1$ ) Без підживлення                                                                                                                                         |
|                                                                        |                                                         | ( $C_2$ ) Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння (BBCH* 13–15))                                                                              |
|                                                                        |                                                         | ( $C_3$ ) Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації (BBCH 53–55))                                                                             |
|                                                                        |                                                         | ( $C_4$ ) Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння (BBCH 13–15)) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації (BBCH 53–55)) |
| Інокуляція Андерізі-р (багатокомпонентний інокулянт (2 л/т)) ( $A_2$ ) | Контроль (без обробки) ( $B_1$ )                        | ( $C_1$ ) Без підживлення                                                                                                                                         |
|                                                                        |                                                         | ( $C_2$ ) Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння (BBCH* 13–15))                                                                              |
|                                                                        |                                                         | ( $C_3$ ) Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації (BBCH 53–55))                                                                             |
|                                                                        |                                                         | ( $C_4$ ) Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння (BBCH 13–15)) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації (BBCH 53–55)) |
|                                                                        | Оракул насіння (1 л/т) ( $B_2$ )                        | ( $C_1$ ) Без підживлення                                                                                                                                         |
|                                                                        |                                                         | ( $C_2$ ) Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння (BBCH* 13–15))                                                                              |
|                                                                        |                                                         | ( $C_3$ ) Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації (BBCH 53–55))                                                                             |
|                                                                        |                                                         | ( $C_4$ ) Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння (BBCH 13–15)) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації (BBCH 53–55)) |

\* – фаза розвитку сочевиці за шкалою Задокса (див. Додаток В).

Сівбу проводили у другій декаді квітня звичайним рядковим способом. Норма висіву 2,1–2,2 млн. схожих насінин на 1 га при глибині заробки насіння – 4–5 см. Після сівби застосовували коткування.

У дослідженнях використано районований сорт сочевиці Лінза [109, 110, 244, 245]. Країна виведення сорту: Україна. Напрямок використання: зерновий. Якість: цінний. Група стиглості: середньостиглий. Продуктивність: до 2,0–2,3 т/га. Вегетаційний період рослин сорту – 75–85 діб. Ураження аскохітозом – 1 бал, кореневими гнилями – 2. Стійкість до вилягання та обсіпання – 7–8 балів за 9-ти бальною шкалою. Тривалість розварюваності зерна та смак звареного зерна оцінено по 5 балів. Сім'ядольний листочок у рослин сорту зеленувато-жовтий. Урожайність зерна за стандартної вологості – 1,55–2,15 т/га. Вміст протеїну – до 27 %. Збір білка – 0,42–0,48 т/га. Рослина під час цвітіння середньої висоти, пряма, без антоціанового забарвлення, середньою інтенсивністю галуження, середніми показниками часу цвітіння та досягання. Листок має середню кількість листочків. Листочки середні за розміром, оберненояйцевидної форми, зеленого кольору середньої інтенсивності. Суцвіття з трьома квітками на вузлі. Квітка середнього розміру. Парус білого кольору з наявними фіолетовими смугами на ньому та відсутніми фіолетовими смугами на веслах. Біб перед збиральною стиглістю середньої інтенсивності забарвлення, має два або три насінних зачатки. У фазі повної стиглості колір бобу – жовтий, має середні показники довжини та ширини. Форма верхівки бобу – від усіченої до гострої завдовжки 17–18 мм і завширшки 9–10 мм. У бобі міститься одна або дві насінини. Рослини прямостоячі, добре кущаться, заввишки 50–64 см.

Сухе насіння – широке, з еліптичним поздовжнім розрізом. Маса 1000 насінин – 60–70 г. Рік реєстрації: 2008.

Характеристика основних груп використаних у дослідженнях препаратів представлена нижче.

*Андеріз-р* – біопрепарат для інокуляції. Складається з двох компонентів. Компонент 1: життєздатні клітини бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, *Mezorhizobium ciceri*, *Sinorhizobium* sp., які мають унікальну симбіотичну спорідненість до бобових культур; активні метаболіти мікроорганізмів (вітаміни, фітогормони тощо); компоненти поживного середовища (джерела живлення мікроорганізмів); загальне число життєздатних клітин –  $2,5 \times 10^9$  КУО/г. Компонент 2: фосформобілізуючі гриби *Penicillium bilai*.

*Оракул насіння* – це унікальне комплексне мікродобриво, розроблене компанією «Долина» спеціально для обробки насіння польових, овочевих, декоративних культур, квітів, лучних та газонних трав. Рідке хімічно чисте, висококонцентроване мікродобриво. Має у своєму складі усі необхідні макро- та мікроелементи для повного забезпечення живлення рослин на первинних етапах життєдіяльності (проростання та сходи). Вміст д.р. (г/л): азот  $\text{NH}_4$  20; фосфор  $\text{P}_2\text{O}_5$  44; калій  $\text{K}_2\text{O}$  54; сірка  $\text{SO}_3$  23; залізо Fe 15; мідь Cu 5,4; цинк Zn 5,4; бор B 1,8; марганець Mn 15; кобальт Co 0,1; молібден Mo 0,4.

*Ярило Активний старт PRO* – стимулятор проростання та розвитку кореневої системи. Спеціальне добриво призначене для позакореневого внесення та обробки посівного матеріалу. Всі складові добрива відповідають фізіологічним потребам більшості культур та здатні задовольнити потреби сходів у період, коли коренева система ще не здатна у повній мірі забезпечити повноцінне живлення. В складі продукту поряд з основними макро- і мікроелементами є амінокислоти та фітогормони. Вміст д.р.: N – 60;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 160;  $\text{K}_2\text{O}$  – 60;  $\text{SO}_3$  – 4,4; Fe – 1,4\*; Mn – 0,5\*; B – 0,3; Zn – 0,7\*; Cu – 0,5\*; Mo – 0,05 (\* елемент в желейній формі EDTA). Переваги і властивості продукту: сприяє отриманню дружніх і вирівняних сходів; захищає насіння від провокаційних опадів; забезпечує формування міцної кореневої системи; активує ріст і розвиток вегетаційних органів; підвищує стійкість рослин до стресових умов та

хвороб; містить збалансовану комбінацію макро- та мікроелементів; не містить домішок і фітотоксичних сполук. У регламентованих нормах препарат сумісний з більшістю фунгіцидних та інсектицидних протруйників. За позакореневого застосування спільно із агрохімікатами необхідно перевіряти препарат на сумісність. Уникати сумісного застосування з кальцій-, магнійвмісними добривами.

*Авангард Комплекс Бобові* – комплексне концентроване легкодоступне бобовим культурам добриво, яке містить збалансоване співвідношення макро-, мезо- та мікроелементів. Застосовується для позакореневого підживлення сої, гороху, квасолі, люцерни, конюшини, люпину, нуту, сочевиці та для передпосівної обробки їх посівного матеріалу, забезпечує активування обмінних процесів на клітинному рівні бобових культур. Забезпечує: підвищення польової схожості та енергії проростання насіння, сприяє розвитку добре розвинутої кореневої системи; проявляє фунгіцидні властивості, підвищує імунітет культур, забезпечує антистресовий і стимулюючий вплив; забезпечує потреби культур у біологічно активних елементах мінерального живлення, які виносяться врожаєм; поліпшує фіксацію атмосферного азоту бульбочковими бактеріями; активує поглинання головних елементів мінерального живлення (N, P, K) кореневою системою на 10-15%; підвищує на 10–15% врожайність бобових культур, поліпшує її товарність і якість. Сумісний з більшістю водорозчинних добрив та засобів захисту рослин. Хімічний склад: N 50 г/л; K<sub>2</sub>O 10 г/л MgO 40 г/л, SO<sub>3</sub> 98 г/л, B 5 г/л; Fe 8 г/л; Mn 6 г/л; Cu 3 г/л; Zn 9 г/л; Mo 0.5 г/л; Co 0.5 г/л.

Спосіб, час обробок, обмеження: 3–5 трійчастих листків, II підживлення – у фазі початку-повної бутонізації, III підживлення – за наливу нижніх бобиків. Норма витрати 1,5–2 л/га.

Під час проведення експериментальних досліджень проводили наступні обліки та спостереження:

Фенологічні спостереження проводили відповідно до методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур [246–248].

Для характеристики гідротермічних умов періоду досліджень та оцінки впливу погодних умов на ріст і розвиток сочевиці використовували коефіцієнт посушливості М.В. Бова [249], коефіцієнт зволоження М.М. Іванова, випаровуваність М.М. Іванова [249], гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянінова [249, 250] за формулами 2.1–2.4:

$$K_n = \frac{10 \times (W + X)}{\sum t}, \quad (2.1)$$

де:  $K_n$  – коефіцієнт посушливості М. В. Бова

$W$  – запаси вологи у метровому шарі ґрунту на дату визначення, мм;

$X$  – сума опадів, що випали між періодами визначення, мм;

$\sum t$  – сума температур від дати переходу через 0 °С весною до дати визначення.

Коефіцієнт посушливості М.В. Бова дає досить ефективну оцінку ґрунтового зволоження рослин:  $K_n > 1,5$  – посухи немає;  $K_n = 1,5$  – цей день вважається початком посухи. Для першої половини вегетаційного періоду для розрахунків рекомендується використовувати не всі запаси вологи метрового шару, а тільки 2/3 цих запасів, тому що корені рослин ще слаборозвинені [251].

$$E = 0,18 \times (25 + t)^2 \times (1 - 0,01 * a), \quad (2.2)$$

де:  $E$  – випаровуваність рослин для річного періоду, мм;

$t$  – середня температура повітря за аналізований період °С;

$a$  – середня за аналізований період вологість повітря, %.

$$K_{зв} = \frac{P}{E}, \quad (2.3)$$

де:  $K_{зв}$  – коефіцієнт зволоження М.М. Іванова

$P$  – сума опадів за аналізований період, мм;

$E$  – випаровуваність за аналізований період, мм.

$$ГТК = \frac{\sum R}{0,1 \times \sum t_{>10}}, \quad (2.4)$$

де: ГТК – гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова;

$\Sigma R$  – сума опадів за період з активними температурами (вище 10 °C), мм;

$\Sigma t$  – сума активних температур, °C.

Ранжування значень ГТК: > 1,6 – надмірна вологість, 1,3–1,6 – вологі умови, 1,0–1,3 – слабо посушливі умови, 0,7–1,0 – посушливі умови, 0,4–0,7 – дуже посушливі умови [251].

Густоту рослин обліковували в два етапи: на час формування повних сходів і перед збиранням. Визначення проводили на площі 0,25 м<sup>2</sup> на 3-х фіксованих майданчиках на I і IV повтореннях кожного з варіантів досліду.

Польову схожість насіння та виживаність рослин визначали за загальноприйнятими методиками [252].

Вивчення полеглості посівів за різних варіантів досліджень проводили за методикою Л.Г. Раменського із встановленням відповідного балу стійкості до полягання за 9-ти бальною шкалою [253].

Облистківність рослин (%) визначали на певну фенологічну фазу як відношення маси листків до загальної біомаси рослин із 1 м<sup>2</sup> дослідної площі у кожному повторенні [254].

Площу листової поверхні рослин визначали у облікову фазу рослин сочевиці об'ємним методом запропонованим А.С. Образцовим [255].

Фотосинтетичний потенціал посіву (ФП) визначали за формулою 2.6:

$$\Phi\Pi = \int_0^T L(t)dt \cong L(0) * T, \quad (2.6)$$

де: ФП – фотосинтетичний потенціал посіву, тис. м<sup>2</sup>/га\*днів,

$L(t)$  – зміна листового індексу в часі, тис. м<sup>2</sup>/га,

$L(0)$  – середній за вегетацію індекс листової поверхні, тис. м<sup>2</sup>/га,

$T$  – тривалість періоду, діб.

При міжфазних вимірах за формулою 2.6.1:

$$\Phi\Pi = \frac{(L_1 + L_2) * T_1 + \dots + (L_n + L_{n+1}) * T_n}{2} \quad (2.6.1)$$

Чисту продуктивність фотосинтезу (г/м<sup>2</sup> за добу) розраховували згідно рівняння за формулою 2.7:

$$\text{ЧПФ} = \frac{2 * (B_2 - B_1)}{(L_1 + L_2) * T}, \quad (2.7)$$

де: ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м<sup>2</sup>\*добу;

B<sub>1</sub> – суха маса врожаю в попередній фазі, г;

B<sub>2</sub> – суха маса врожаю в наступній фазі, г;

L<sub>1</sub> – площа листків в попередній фазі, м<sup>2</sup>;

L<sub>2</sub> – площа листків в наступній фазі, м<sup>2</sup>;

T – тривалість, діб.

Хлорофіли екстрагували 96 % етиловим спиртом з визначенням оптичних властивостей витяжки на спектроколориметрі КФК-3 із розрахунком за Вінтерманс де Мотс [256].

Хлорофільний індекс (ХлІ) листків визначали за Тарчевським [257] як добуток загальної маси листків із пагона, вмісту хлорофілу в них та кількості рослин на 1 м<sup>2</sup>.

Надземну масу сирії речовини встановлювали зважуванням на електронних вагах на 10 типових рослинах рендомізовано взятих із кожної повторності.

Для визначення основних показників індукції флуоресценції хлорофілу використано портативний флуориметр «Флоратест» [258]. Загальна тривалість вимірювання – 4 хвилини, функціональний період вимірювання 3 хвилини. Листові пластинки для вимірювання брались на фазу формування бобів (ВВСН 65–68) з ідентичних ярусів у кожній серії варіантів дослідів у кількості 25 для кожного повторення. Заміри робились у середній частині листка. Вимірювання проводилось після адаптації листка до темряви на протязі 10 хвилин в 4-кратній повторності для кожного варіанту в 90 точках з інтервалом часу від 3 мкс до 300 с з послідовним розрахунком відносних одиниць впродовж 3 хв з реєстрацією змін флуоресценції хлорофілу.

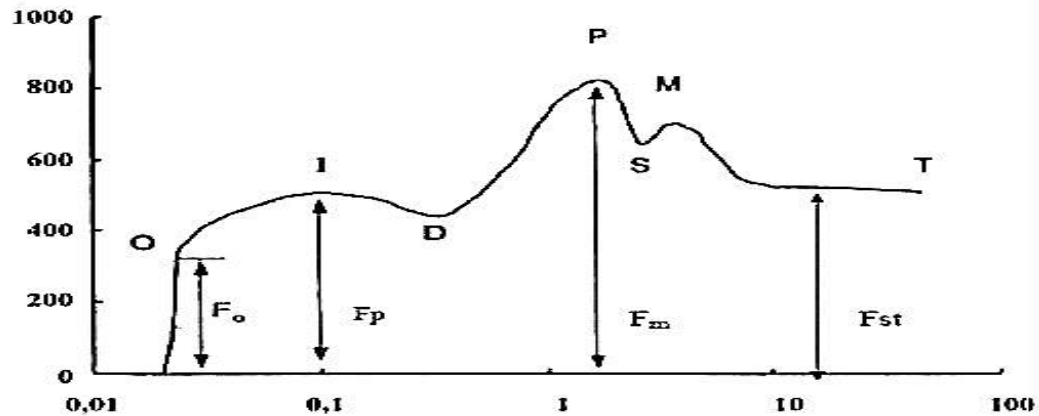
Основою вимірювань були показники кривої індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) у відносних одиницях еталона флуоресценції (ефект Каутського) (Рис. 2.2) з обліком базових показників кривої [259, 260], такі як:

F<sub>0</sub> – мінімальна флуоресценція (рівень О в номенклатурі О-I-D-P-T кривої)

$F_{pl}$  – значення індукції флуоресценції ‘плато’ (рівень I в номенклатурі O-I-D-P-T кривої);

$F_m$  – максимальна флуоресценція (P в номенклатурі O-I-D-P-T кривої);

$F_{st}$  – інтенсивність флуоресценції в стаціонарному стані (рівень T в номенклатурі O-I-D-P-T).



**Рисунок 2.2 – Типова крива індукції флуоресценції хлорофілу (крива Каутського) (по вертикальній осі – інтенсивність флуоресценції (відносні одиниці), по горизонтальній осі – час (с)) [259].**

Додатково розраховувались індикаторні показники кривої ІФХ відповідно до стандартизованого протоколу аналізу кривої ІФХ [259]:

– наростання флуоресценції за формулою 2.8:

$$dF_{pl} = F_{pl} - F_0 \quad (2.8)$$

– максимальна змінна флуоресценція за формулою 2.9:

$$F_v = F_m - F_0 \quad (2.9)$$

– показник впливу екзогенних та ендогенних чинників на відносну кількість неактивних реакційних центрів за формулою 2.10:

$$\frac{dF_{pl}}{F_v} \quad (2.10)$$

– фотохімічна ефективність (EP) за формулою 2.11:

$$EP = \frac{F_v}{F_m} \quad (2.11)$$

– фотохімічне гасіння ( $Q_{ue}$ ) за формулою 2.12:



$$Q_{ue} = \frac{F_0}{F_v} \quad (2.12)$$

– водний потенціал листків ( $L_{wp}$ ) за формулою 2.13:

$$L_{wp} = \frac{F_m}{F_0} \quad (2.13)$$

– індексу життєздатності рослин (за формулою 2.14):

$$RF_d = \frac{F_m - F_{st}}{F_{st}} \quad (2.14)$$

– індикаторний показник ендогенних (стресових) чинників за формулою 2.15:

$$K_{ef} = \frac{F_{st}}{F_m} \quad (2.15)$$

– величина фотохімічного гасіння флуоресценції за формулою 2.16:

$$QP = \frac{F_m - F_{st}}{F_m - F_0} \quad (2.16)$$

– показник ефективності первинних реакцій фотосинтезу за формулою 2.17:

$$K_{prp} = \frac{F_v}{F_0} \quad (2.17)$$

– коефіцієнт спаду флуоресценції за формулою 2.18:

$$K_{fd} = \frac{F_m}{F_{st}} \quad (2.18)$$

– відносна зміна флуоресценції в час  $t$  за формулою 2.19:

$$V_t = \frac{F_{st} - F_0}{F_m - F_0} \quad (2.19)$$

Визначення особливостей віталітетних взаємовідносин в агрофітоценозі сочевиці залежно від досліджуваних варіантів досліду проводили відповідно до

методики Ю.А. Злобіна [261] з розрахунком коефіцієнта віталітету за формулою 2.20:

$$IVC = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{X_i}, \quad (2.20)$$

де: IVC – індекс віталітету агрофітоценозу;

N – загальна кількість ознак, що визначається в агрофітоценозі;

$x_i$  – значення  $i$ -тої ознаки в агрофітоценозі з певним параметрами технології вирощування;

$X_i$  – середнє значення  $i$ -тої ознаки для всіх агрофітоценозів в інтервалі параметрів технологій вирощування, що вивчаються.

Для порівняння параметрів використано відносну величину порівняння (%) за формулою 2.21 [262]:

$$k_{\text{comparison}} = \frac{k_1}{k_2} \times 100 \quad (2.21)$$

де  $k_1$  – показник першого досліджуваного об'єкта,  $k_2$  – показник другого досліджуваного об'єкта.

Елементи структури врожаю сочевиці визначали шляхом аналізу пробних снопів сформованих з 25 рослин за такими показниками: кількість бобів з однієї рослини, кількість насінин з однієї рослини, маса 1000 насінин [246–248].

Стійкість до вилягання визначали за 9-ти бальною шкалою відповідно до методики застосованої при проведенні сортової експертизи [247].

Вміст загального азоту і сирого протеїну у відсотках до сухої речовини на основі встановлення загального азоту за К'ельдаєм (ДСТУ ISO 5983:2003). Визначення сирого клітковини базувалося на методиці Гоннеберга – Штоммана – ГОСТ 13496.2-91 [263]. Визначення вмісту крохмалю проводили за допомогою поляриметра А (виробник CARL ZEISSJENA, Німеччина) із точністю 0,1% згідно з вимогами ДСТУ 46.045:2003 [263].

Кількість та сиру масу бульбочок на рослинах сочевиці визначали відповідно до методики В.В. Волкогона [264].

Симбіотичну діяльність рослин сочевиці оцінювали за методикою Г.С. Посипанова [265, 266] з калькуляцією загального (ЗСП) та активного (АСП) симбіотичного потенціалу, кількість біологічно фіксованого азоту.

ЗСП (індивідуальний вираз для рослини, г добу/рослину) визначали за формулою 2.21:

$$ЗСП = \frac{M_1 + M_2}{2} \times T \quad (2.21)$$

де:  $M_1$  та  $M_2$  – показники маси бульбочок на початок та кінець облікового періоду, г/рослину;

$T$  – період між двома обліками, що відповідає настанню фенологічної фази рослин, діб.

АСП (індивідуальний вираз для рослини, г добу/рослину) визначали за формулою 2.22:

$$АСП = \frac{M_1 + M_2}{2} \times T \quad (2.22)$$

де:  $M_1$  та  $M_2$  – показники маси активних бульбочок на початок та кінець облікового періоду, г/рослину (кг/га);

$T$  – період між двома обліками, що відповідає настанню фенологічної фази рослин, діб.

Питому активність симбіозу (г N/г бульбочок за добу/рослину) визначали за формулою 2.23:

$$ПАС = \frac{N_1 - N_2}{АСП_1 - АСП_2} \quad (2.23)$$

де:  $N_1$  та  $N_2$  – максимальне використання азоту за окремі періоди, або вегетацію рослин, г добу/кг;

$АСП_1$  та  $АСП_2$  – показники активного симбіотичного потенціалу, кг діб/га.

Тривалість загального симбіозу визначали як період від початку утворення бульбочок до їх повного лізису, а період функціонування клубочків з леггемоглобіном – тривалістю активного симбіозу [265].

На основі розрахованих значень активного симбіотичного потенціалу та питомої активності симбіозу визначали кількість фіксованого посівами сочевиці азоту відповідно до прийнятої методики [266].

Вміст сухої речовини визначали висушуванням у термостаті до постійної маси при температурі + 105 °С, згідно ДСТУ ISO 6496-2005 [263].

Облік врожаю сочевиці проводили у фазі повної стиглості методом поділянкового обмолоту і зважування з коректуванням на стандартну вологість та чистоту. [246–248].

Визначення фізичних показників зерна – маса 1000 зерен за ДСТУ 2240-93 [267].

Економічна ефективність елементів технології визначали відповідно до стандартизованих показників базового економічного аналізу із кінцевою калькуляцією рівня рентабельності даного варіанту на основі технологічних карт вирощування сочевиці у досліді.

Енергетичну оцінку проводили з огляду на загальноприйняту методику [268] з розрахунком коефіцієнту енергетичної ефективності.

Оцінку технологій вирощування сочевиці на конкурентоспроможність проводили відповідно до базових рекомендацій [269].

Статистичну обробку результатів польових і лабораторних досліджень проводили з використанням дисперсійного, кореляційного, регресійного та кластерного методів аналізу з використанням прикладних комп'ютерних програм Statistica 6.0, R statistaca, MS Office Excel у відповідності до загальноприйнятих методик кожного з видів аналізу [270].

### **Висновки до розділу 2:**

1. Гідротермічні умови протягом років досліджень (2019–2021 рр.) характеризувались певним відхиленнями від середніх багаторічних показників, але були в цілому сприятливими для росту, розвитку рослин сочевиці та максимальної реалізації її біологічного потенціалу.

2. Ґрунтово-кліматичні умови Лісостепу правобережного є сприятливими для вирощування такої культури як сочевиця. Польовий дослід проводився на основі базової технології вирощування загальноприйнятої для умов Лісостепу

правобережного, за дотримання якої включені фактори експериментального характеру.

3. У дослідженні застосовано широке коло стандартних, пробованих та рекомендованих методик, що дозволило отримати достовірні багаторівневі дані польових досліджень, спостережень та оцінок.

4. Схема багатофакторного досліду та методика їх проведення відповідають робочим гіпотезам. Завданням досліджень передбачено достатню кількість спостережень, обліків та аналізів, які дозволять у повній мірі розкрити вплив досліджуваних чинників на врожайність зерна сочевиці.

### РОЗДІЛ 3.

## ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ, ОБРОБКИ НАСІННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТАМИ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН СОЧЕВИЦІ

### 3.1. Тривалість міжфазних періодів вегетації сочевиці залежно від обробки насіння та позакореневих підживлень

Для отримання високого врожаю сочевиці потрібно врахувати ряд вимог цієї культури. Можливе прогнозування та підвищення врожаю шляхом спостережень та обліків за ростом і розвитком рослин під впливом різних чинників упродовж вегетаційного періоду [42].

У сочевиці виділяють такі фенологічні фази: сходи, стеблуння, бутонізація, цвітіння, утворення бобів та досягання [3, Додаток С, рис. 3.1]. Також у сочевиці, як і в інших бобових виділяють три періоди розвитку [71].

*Перший період* – від сівби до появи сходів. Його тривалість значною мірою визначається погодними умовами. Основні лімітуючі фактори для цього періоду – достатня вологозабезпеченість та відповідна сума активних температур. Основні біологічні оптимуми для цього періоду – сума середньодобових температур 120–127 °С, на фоні середньодобової температури в оптимальному значенні на рівні +5 °С до +10 °С. При значенні показника на рівні +3...+5 °С вказаний період у сочевиці може тривати до 20 діб, а за умови підвищення її значення до 9–10 °С скорочувався – 12–15 діб. При цьому, ще один важливий чинник – строки сівби. Зміщення строків сівби на більш ранній період – укорочує його тривалість за відповідних погодних згадуваних вище умов [81, 92, 114].

*Другий період* – від появи сходів до цвітіння. Для цього періоду, крім відповідних параметрів зволоження та температураного режиму, важливим є оптимізація умов живлення рослин та дотримання оптимальних умов фотоперіодизму, оскільки сочевиця належить до рослин довгого світлового

дня. Поєднання вказаних факторів може істотно впливати на тривалість другого періоду фенорозвитку.



*Рисунок 3.3. – Сочевиця сорту Лінза на фенологічну фазу (послідовно зліва-направо і зверху-вниз: стеблуння; бутонізації-початку цвітіння; цвітіння; формування бобів; досягання (налив) бобів, початок фізіологічної стиглості, фізіологічна стиглість, повна стиглість, 2019–2021 рр.*

*Третій період* – від цвітіння до досягання (період плодоформування). Для цього періоду температура є визначальним фактором. Відмічається загальне подовження цього періоду за зниження температури. Так, за температури 19 °C період триває 30–31 добу, за 18 °C – 33–34 доби, за 17 °C – 33–35 діб, а вже за 16 °C – до 39–40 діб [4, 114].

Крім того, відмічається [261], що тривалість періоду від сівби до сходів і від сходів до цвітіння сочевиці, головним чином залежить від температури повітря, а тривалість періоду «цвітіння – досягання» корелює з температурою повітря і сумою опадів. Інтенсивність та дружність появи сходів сочевиці значною мірою визначається вологістю та температурою ґрунту [180]. При цьому відмічається [4, 119], що під впливом погодних умов тривалість вегетаційного періоду та фаз росту і розвитку сочевиці більшою мірою (до 88 %) залежить від зміни метеорологічних факторів і меншою (12 %) – від зміни параметрів агротехнічних прийомів.

Наведені вище висновки і узагальнення знайшли своє підтвердження у результатах вивчення особливостей фенологічного розвитку сорту сочевиці Лінза, залежно від досліджуваних чинників досліду (табл. 3.1). Нами встановлена істотність різниці загальної тривалості вегетації сочевиці як з огляду на застосовані варіанти досліду, так і з огляду на гідротермічні умови у роки досліджень. Так, тривалість вегетаційного періоду була максимальною у 2019 році із середнім значенням по досліді вцілому 80 діб, а мінімальною у 2021 році – 73 доби. Тобто граничні межі вегетації за період 2019–2021 рр. різнились на 7 діб. Це підтверджується результатами встановлення частки впливу чинників досліду у системі багатофакторного дисперсійного аналізу де на частку гідротермічних умов року вегетації сочевиці припало понад 50 % та 3,7 % у варіантах взаємодії з іншими чинниками системи факторів досліду (рис. 3.2). Слід також відмітити і певну специфіку вираженості ролі погодних умов у формуванні загальної тривалості вегетації сочевиці. Дисперсійний аналіз у розрізі років спостережень (рис. 3.2) засвідчив частку їх впливу у загальній дисперсійній схемі досліду на рівні 50,19 %.



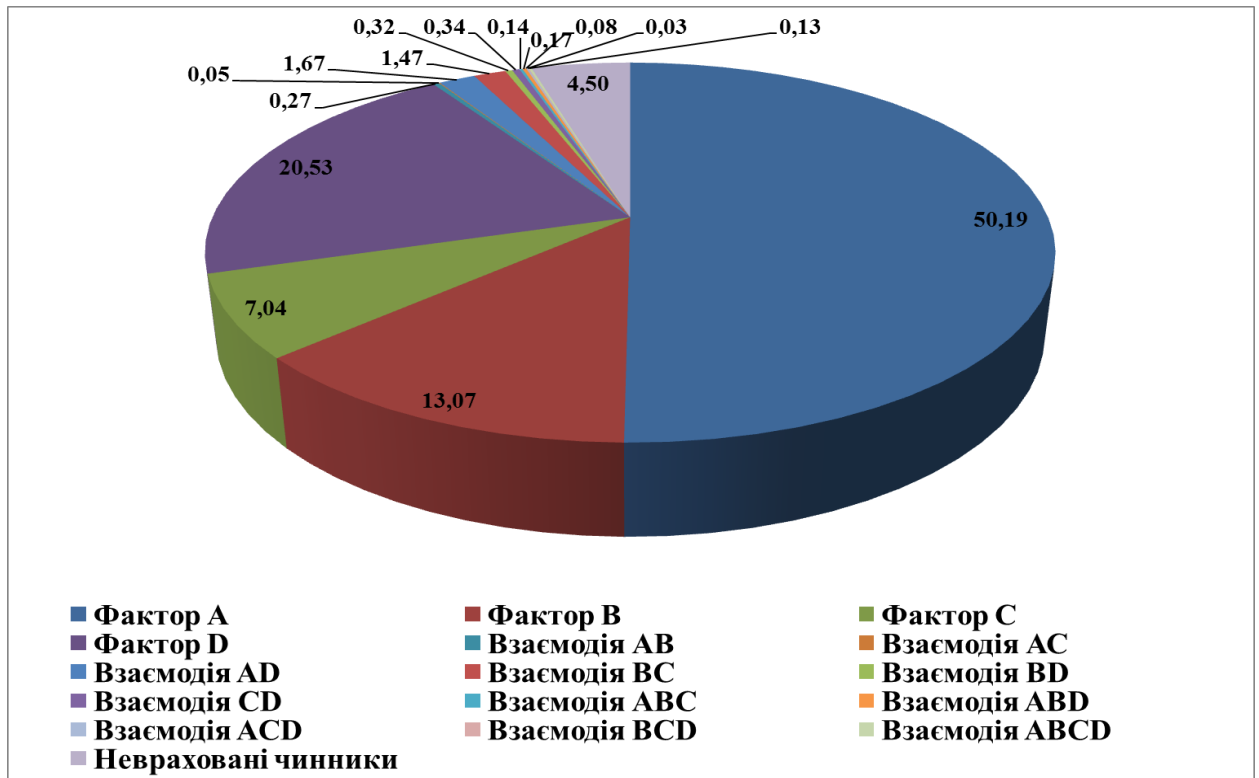
Таблиця 3.1

**Тривалість вегетаційного періоду сочевиці залежно від  
комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів,  
діб, 2019–2021 рр. (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція<br>(чинник А)           | Обробка<br>насіння<br>(чинник В) | Позакореневе підживлення<br>(чинник С)                    | Роки |      |      | Середнє |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|------|------|------|---------|
|                                    |                                  |                                                           | 2019 | 2020 | 2021 |         |
| Без<br>інокуляції                  | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 75   | 72   | 70   | 72±2,5* |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 76   | 73   | 71   | 73±2,5  |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 79   | 75   | 73   | 76±3,1  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 81   | 77   | 74   | 77±3,5  |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 75   | 73   | 71   | 73±2,0  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 78   | 75   | 72   | 75±3,0  |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 82   | 77   | 74   | 78±4,0  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 84   | 79   | 75   | 79±4,5  |
| Інокуляція<br>Андеріс-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 77   | 75   | 72   | 75±2,5  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 79   | 77   | 73   | 76±3,1  |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 82   | 79   | 74   | 78±4,0  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 85   | 81   | 75   | 80±5,0  |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 78   | 77   | 74   | 76±2,1  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 80   | 78   | 74   | 77±3,1  |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 84   | 82   | 76   | 81±4,2  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 86   | 84   | 77   | 82±4,7  |
| НІР <sub>05</sub> , діб            |                                  |                                                           |      |      |      |         |
| А                                  |                                  |                                                           | 0,62 | 0,47 | 0,59 |         |
| В                                  |                                  |                                                           | 0,62 | 0,47 | 0,59 |         |
| С                                  |                                  |                                                           | 0,88 | 0,66 | 0,83 |         |
| АВ                                 |                                  |                                                           | 0,88 | 0,66 | 0,83 |         |
| АС                                 |                                  |                                                           | 1,24 | 0,94 | 1,17 |         |
| ВС                                 |                                  |                                                           | 1,24 | 0,94 | 1,17 |         |
| АВС                                |                                  |                                                           | 1,75 | 1,33 | 1,66 |         |

Примітка: \* – стандартне відхилення.

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.



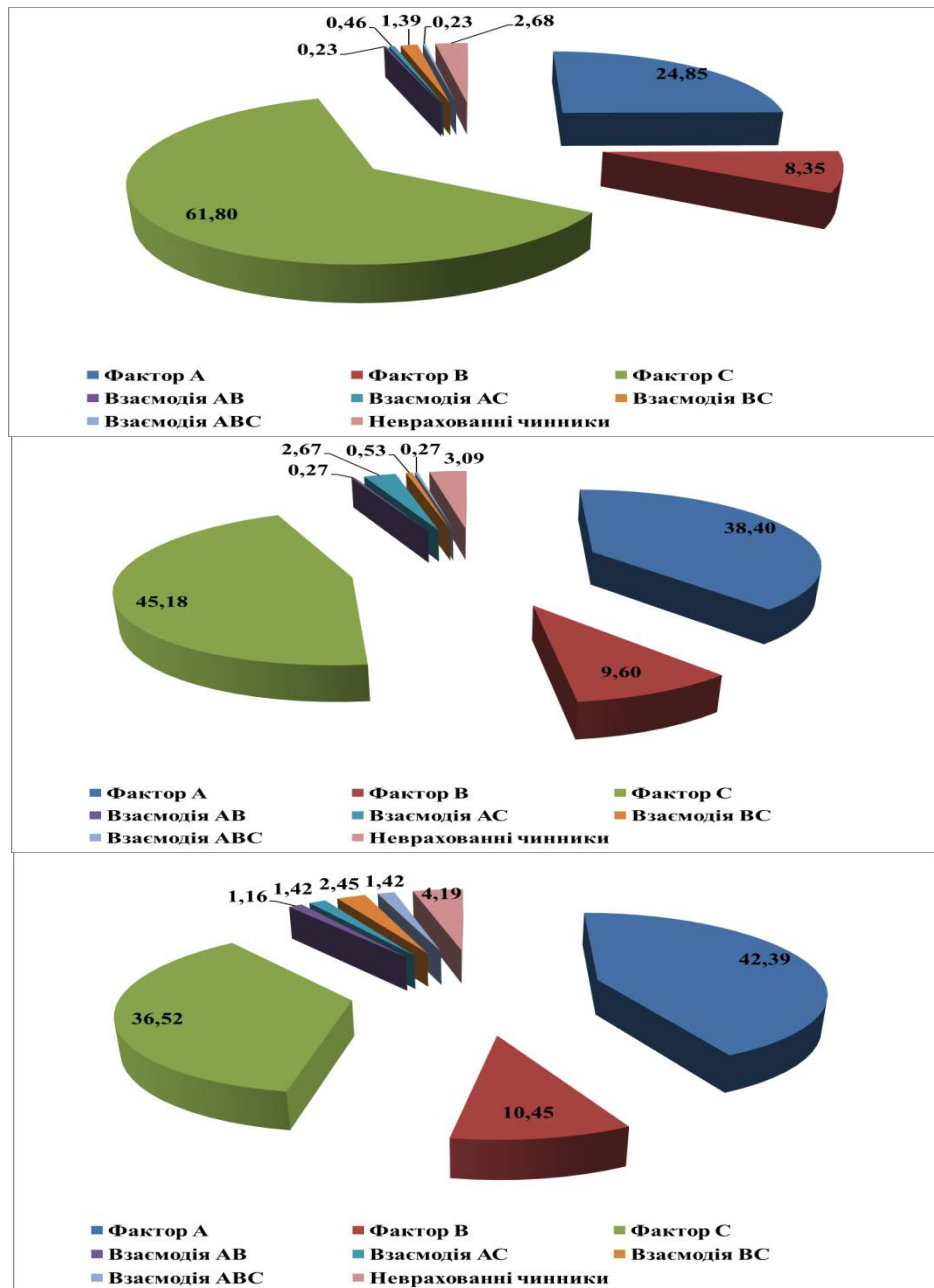
Зміст факторів: А – погодні умови у рік вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення.

**Рисунок 3.2 – Частка факторів (%) у формуванні тривалості вегетаційного періоду сочевиці (2019–2021 рр.)**

Це підтверджує ряд висновків щодо особливостей формування вегетації сочевиці [5, 24, 56, 97] з позиції посилення детермінації за кліматичними параметрами у роки із вищими показниками стресовості за співвідношенням суми опадів та середньодобової температури. При цьому відмічається [81, 115, 271, 272], що для сочевиці оптимальність у цьому плані стосується не лише співвідношення кількості опадів та середньодобової температури, а тривалістю періоду без опадів на фоні високих середньодобових температур. З цієї позиції, погодні умови 2021 року вегетації сочевиці у досліді слід охарактеризувати як найбільш стресові для її фенологічно-ростових процесів. Це підтверджується зростанням частки чинника погодних умов у діапазоні 2019–2021 рр. та узгоджується із аналізом погодних умов у роки проведення досліджень (табл. 2.3).

Фактори поставлені на вивчення у досліді мали також виражений вплив на загальну тривалість вегетації сочевиці. Так поступова оптимізація живлення сочевиці на основі послідовного комбінування інокуляції, обробки насіння мікроелементами та максимальної кратності позакореневих підживлень сприяла загальному подовженню вегетації рослин сочевиці на 10 діб у співставленні до контрольного варіанту без застосування вказаних чинників. Враховуючи послідовну і сталу тенденцію до загального подовження вегетації сочевиці за зростання рівня застосування елементів оптимізації живлення її слід віднести до культур з вираженою позитивною реакцією на застосування як інокуляції, так і додаткового мікроелементного живлення. Це підтверджується висновками інших вчених [92, 93, 273] та даними результатів дисперсійного аналізу у системі 3-х факторної схеми (рис. 3.3) усереднена частка впливу на формування показника для чинника інокуляція насіння склала 35,21 %, для чинника передпосівна обробка насіння 9,47 %, а для чинника позакореневих підживлень – 47,83 %. При цьому слід відмітити важливу особливість такого впливу. За загального зростання відміченої стресовості років досліджень істотно змінюється характер співвідношень такого впливу. Так, у співставленні 2019 року з параметрами найбільш сприятливими для фенологічно-ростових процесів рослин сочевиці та 2021 року, як найбільш стресового встановлено зростання частки впливу на формування тривалості вегетації сочевиці в 1,7 рази, частки обробки насіння в 1,25 рази за одночасного зменшення частки впливу системи позакореневих підживлень в 1,7 рази. Такий характер взаємодії головних чинників вказує на певну лімітованість ефективності застосування позакореневих підживлень за загального стресового стану рослин, зумовлений погодніми умовами у період від бутонізації до утворення бобів, відмічену у розділі 2 дисертації. З цих умов зростає оптимізуюча роль саме інокуляції та застосування обробки насіння мікроелементами та

стимулюючими речовинами. За оптимізації погодних умов процеси мають виражений зворотній характер.



Зміст факторів: А – інокуляція; В – обробка насіння; С – підживлення.

Рисунок 3.3 – Частка факторів (%) досліду у формуванні тривалості вегетаційного періоду сочевиці (послідовно 2019, 2020, 2021 роки)

Це ж підтверджується у ряді проведених досліджень [32, 91, 151, 273], а також результатами обліку тривалості вегетації у розрізі варіантів досліду (табл. 3.1). Так, у співставленні варіантів без інокуляції та з інокуляцією

загальна тривалість вегетації вища на 2-4 доби залежно від року досліджень. Приріст від застосування позакореневих підживлень був максимальним для всіх варіантів підготовки насіння за внесення комбінованого варіанту Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові відповідно у фазу початку стеблуння та на початку бутонізації відповідно до схеми дослідів – 1–4 доби. Такий характер свідчить про позитивну дію вказаних засобів на ростові процеси рослин сочевиці, що і визначає загальне подовження тривалості вегетаційного періоду у варіантах дослідів.

Ці висновки підтверджуються і результатами кластерного аналізу за методом попарної середньої (рис. 3.4). Представлені дані дають підстави визначити технологічну близькість за ефектом впливу на загальну тривалість вегетації сочевиці для варіантів одноразового застосування позакореневих підживлень як на фоні інокуляції, так і без неї, а також детермінувати як найбільш ефективні варіанти комбінованого застосування двох позакореневих підживлень як на фоні інокуляції, так і без неї. На це вказують результати співставлення евклідових відстаней при попарному порівнянні варіантів.



*Зміст факторів: A – інокуляція; B – обробка насіння; C – підживлення.*

**Рисунок 3.4 – Кластерна система співставлення комбінацій варіантів дослідів за методом зваженої попарної середньої (у системі 2019–2021 рр.)**

При цьому варіанти без інокуляції та без обробки насіння формують за кластерною дендрограмою істотно відмінну групу варіантів за системи інокуляції та передпосівної обробки насіння. Виключення з інтродукції варіантів відмічено лише для варіантів подвійного застосування мікродобрив у позакореневе підживлення.

Для деталізації ефекту впливу застосованих чинників досліду на фенологічний розвиток сочевиці було проаналізовано формування тривалості міжфазних періодів її вегетації (табл. 3.2). Період сівба-сходи був властивим на середніх умовах оптимальності розвитку сочевиці [3, 51] і мав незначне коливання в одну добу і не мало чинникової складової впливу. Характер формування подальших міжфазних періодів мав істотні відмінності у розрізів досліджуваних варіантів. Так тривалість міжфазного періоду сходи-стеблування була на 1 добу меншою на варіантах застосування інокуляції насіння. Що підтверджує роль інокуляції з позиції оптимізації азотного живлення та прискорення диференціації фенологічного розвитку на ранніх етапах вегетації підтвердженої у ряді досліджень [81, 275, 276]. Прямоформує дія позакореневих підживлень у варіанті застосування мікродобрива Ярило активний старт PRO відмічена на феностадії міжфазного періоду цвітіння-утворення бобів з подовженням у підсумку його тривалості на 1 добу з послідуєчою сталою тенденцією до подовження наступних періодів також на одну добу. Застосування мікродобрива Авангард Комплекс Бобові відповідно до схеми досліду у більш пізнішу фазу розвитку сочевиці забезпечило виражений ефект до подовження вегетації сочевиці на 1 добу вже на стадії цвітіння. Така різниця у дії обох мікродобрив, на нашу думку, пояснюється критичністю тих періодів для росту і розвитку сочевиці в які було внесено мікродобрива. Враховуючи наростання інтенсивності живлення саме у період бутонізації-формування бобів – застосування позакореневого підживлення у наближені до цього періоду забезпечує істотніший ефект впливу, ніж аналогічне застосування на ранніх етапах вегетації.

Таблиця 3.2

**Тривалість міжфазних періодів вегетації сочевиці залежно від  
комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, діб  
(середнє за 2019–2021 рр.)**

(передпосівний фон удобрення для всіх варіантів N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)

| Інокуляція<br>(чинник А)              | Обробка<br>насіння<br>(чинник В) | Позакореневе підживлення<br>(чинник С)                    | Сівба-<br>сходи* | Сходи-<br>стеблування | Стеблування<br>—<br>бутонізація | Бутонізація-<br>цвітіння | Цвітіння-<br>утворення<br>бобів | Утворення<br>бобів-<br>достигання |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Без<br>інокуляції                     | Контроль<br>(без обробки)        | Без підживлення                                           | 11               | 12                    | 17                              | 8                        | 15                              | 20                                |
|                                       |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 11               | 12                    | 18                              | 8                        | 15                              | 20                                |
|                                       |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 11               | 12                    | 18                              | 9                        | 16                              | 21                                |
|                                       |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 11               | 12                    | 18                              | 9                        | 16                              | 22                                |
|                                       | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 10               | 12                    | 18                              | 8                        | 15                              | 20                                |
|                                       |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 10               | 12                    | 18                              | 8                        | 16                              | 21                                |
|                                       |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 10               | 12                    | 19                              | 9                        | 16                              | 22                                |
|                                       |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 10               | 12                    | 19                              | 9                        | 17                              | 22                                |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т)   | Контроль<br>(без обробки)        | Без підживлення                                           | 10               | 11                    | 18                              | 9                        | 16                              | 21                                |
|                                       |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 10               | 11                    | 18                              | 9                        | 16                              | 22                                |
|                                       |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 10               | 11                    | 19                              | 9                        | 17                              | 22                                |
|                                       |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 10               | 11                    | 19                              | 10                       | 17                              | 23                                |
|                                       | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 10               | 11                    | 18                              | 9                        | 17                              | 21                                |
|                                       |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 10               | 11                    | 18                              | 9                        | 17                              | 22                                |
|                                       |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 10               | 11                    | 19                              | 10                       | 18                              | 23                                |
|                                       |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 10               | 11                    | 20                              | 10                       | 18                              | 23                                |
| H <sub>IP</sub> <sub>05</sub> , діб А |                                  |                                                           | 0,22             | 0,19                  | 0,31                            | 0,18                     | 0,31                            | 0,31                              |
| В                                     |                                  |                                                           | 0,18             | 0,16                  | 0,25                            | 0,14                     | 0,25                            | 0,26                              |
| С                                     |                                  |                                                           | 0,18             | 0,16                  | 0,25                            | 0,14                     | 0,25                            | 0,26                              |
| D                                     |                                  |                                                           | 0,26             | 0,22                  | 0,36                            | 0,20                     | 0,36                            | 0,36                              |
| AB                                    |                                  |                                                           | 0,32             | 0,27                  | 0,44                            | 0,25                     | 0,44                            | 0,44                              |
| AC                                    |                                  |                                                           | 0,32             | 0,27                  | 0,44                            | 0,25                     | 0,44                            | 0,44                              |
| AD                                    |                                  |                                                           | 0,45             | 0,38                  | 0,62                            | 0,35                     | 0,62                            | 0,63                              |
| BC                                    |                                  |                                                           | 0,26             | 0,22                  | 0,36                            | 0,20                     | 0,36                            | 0,36                              |
| BC                                    |                                  |                                                           | 0,37             | 0,31                  | 0,51                            | 0,29                     | 0,50                            | 0,51                              |
| BD                                    |                                  |                                                           | 0,37             | 0,31                  | 0,51                            | 0,29                     | 0,50                            | 0,51                              |
| CD                                    |                                  |                                                           | 0,45             | 0,38                  | 0,62                            | 0,35                     | 0,62                            | 0,63                              |
| ABCD                                  |                                  |                                                           | 0,63             | 0,54                  | 0,88                            | 0,50                     | 0,87                            | 0,89                              |

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

\* – фенологічна періодизація відповідно до Додатку С.

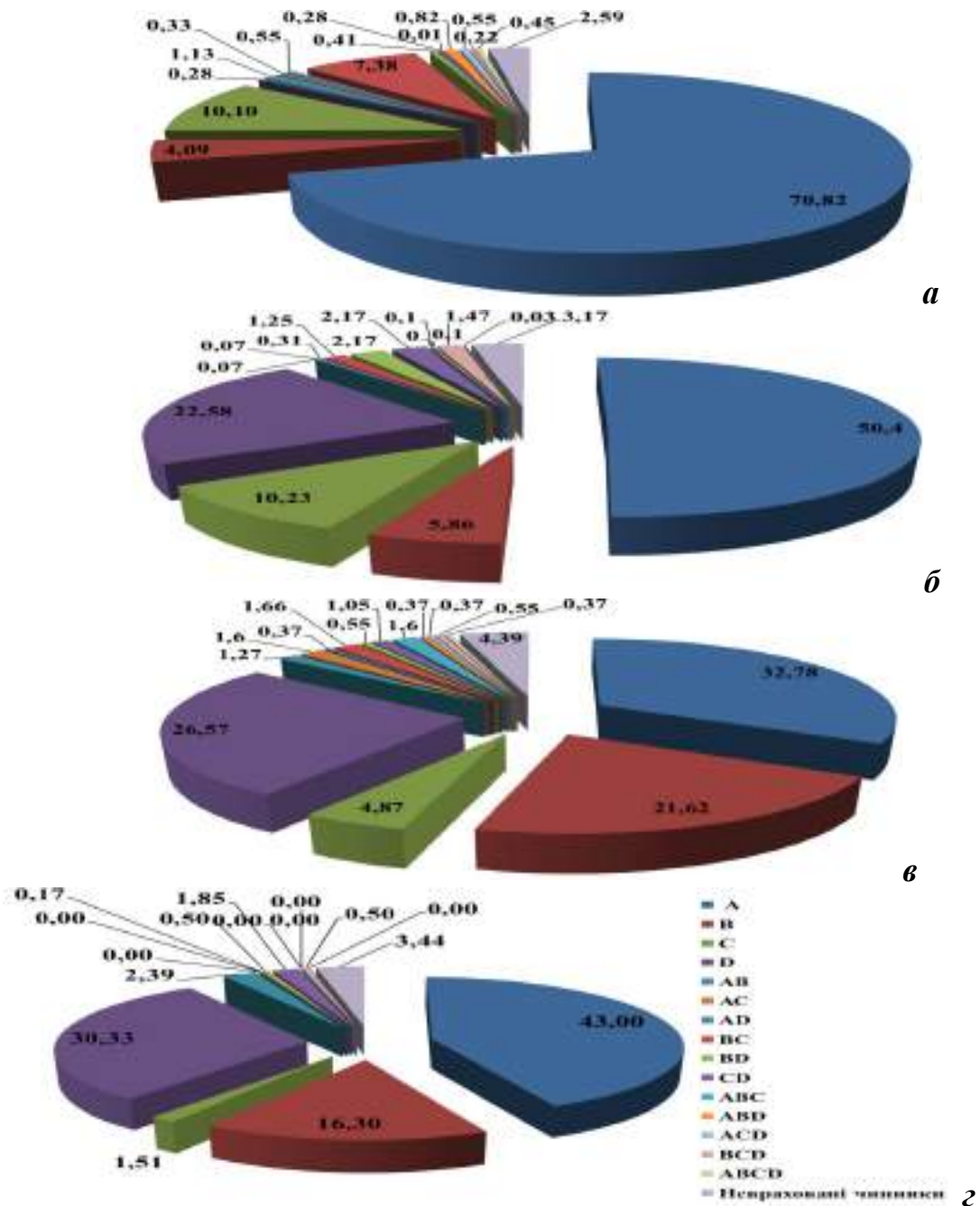
Проте, ранні позакореневі підживлення сприяють оптимізації органогенезу та формуванню закладення продуктивної архітектури рослин сочевиці. Це у підсумку зміщує зростання загальної тривалості окремих міжфазних періодів на більш пізніші стадії. Такі висновки узгоджуються із висновками цілого ряду досліджень [5, 44, 51, 81, 103, 117, 125, 183, 277, 278]. Таким чином, для посилення позитивної дії на пролонгацію тривалості продуктивно формуючого періоду рослин сочевиці важливим є поєднання застосування позакореневих підживлень на ранніх та більш пізніх феностадіях розвитку сочевиці до закладення плодоеlementів.

Вказані вище висновки підтверджуються результатами встановлення частки впливу факторів досліду на підставі багатфакторного дисперсійного аналізу (Додатки Д.1–Д.7) (рис. 3.5).

Так, відмічено динамічний розвиток частки впливу у системі досліджуваних варіантів. Для міжфазного періоду сівба-сходи частки погодних умов складала у багаторічному вимірі 70,82 %, що на 20,42 % є вищим ніж для міжфазного періоду стеблуння-бутонізація на 38,04 % вищим ніж для міжфазного періоду цвітіння-утворення бобів та на 27,82 % вище, ніж для періоду утворення бобів-достигання. Максимальна роль чинника інокуляції насіння (21.62 %) відмічена на міжфазний період цвітіння – утворення бобів, який для сочевиці фізіологічно відповідає періоду активної симбіотичної азотфіксації [51, 102, 108]. Чинник обробки насіння мікродобривами мав максимальне значення впливу на рівні 10-11 % у період від фази сходів до фази стеблуння із істотним зниженням до 1,51 % на фазу достигання бобів. Дія мікродобрив у формуванні тривалості окремих міжфазних періодів вегетації мала сталий наростаючий ефект впливу від 22,58 % на фазу стеблуння-бутонізації до 30,33 % на міжфазний період утворення бобів-достигання. Такий характер формування впливу чинників досліду підтверджує зроблені нами раніше висновки щодо результативності



елементів оптимізації живлення сочевиці щодо впливу на фенологічний її розвиток.



Зміст факторів: A – умови року вегетації; B – інокуляція; C – обробка насіння; D – підживлення.

Рисунок 3.5 – Частка факторів (%) у формуванні тривалості окремих міжфазних періодів вегетації сочевиці залежно від поєднання чинників досліджу, 2019–2021 рр. (відповідно позиції: а – сівба–сходи; б – стеблуння-бутонізація; в – цвітіння-утворення бобів; г – утворення бобів-достигання)

Підтверджується вагома роль погодних умов у вираженості феностадійного розвитку рослин сочевиці і на основі зведеного кореляційно-регресійного аналізу результати якого представлено у таблиці 3.3. та рис. 3.6.

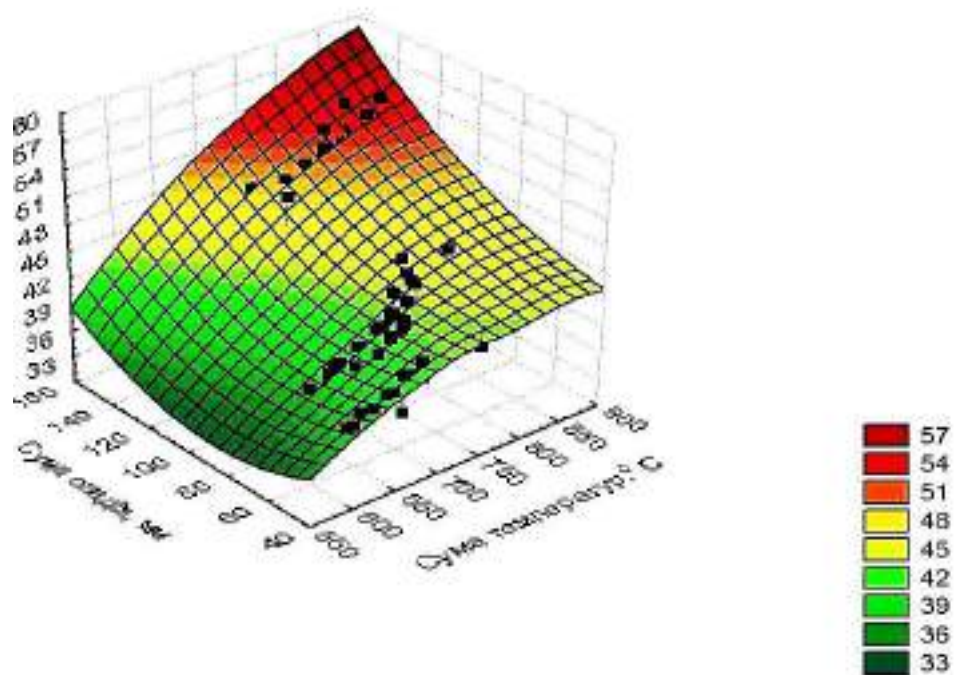
Таблиця 3.3

**Кореляційна залежність тривалості міжфазних періодів вегетації сочевиці від погодних умов, 2019–2021 рр. (для  $n = 48$ )**

| Парні коефіцієнти кореляції (r) для об'єднаної групи варіантів | За період                       |                 |                               |         |                       |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------|-----------------------|
|                                                                | середньо-добова температура, °C | сума опадів, мм | відносна вологість повітря, % | ГТК     | коефіцієнт зволоження |
|                                                                | Сходи – цвітіння                |                 |                               |         |                       |
|                                                                | -0,908**                        | 0,933**         | 0,763**                       | 0,898** | 0,933**               |
|                                                                | Сходи – утворення бобів         |                 |                               |         |                       |
|                                                                | -0,684**                        | 0,881**         | 0,954**                       | 0,809** | 0,907**               |
|                                                                | Сходи – фізіологічна стиглість  |                 |                               |         |                       |
|                                                                | -0,505*                         | 0,891**         | 0,728**                       | 0,815** | 0,883**               |

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження

Примітки: 1.\* – достовірно на 5 % рівні значущості; 2.\*\* – достовірно на 1 % рівні значущості.



**Рисунок 3.6 – Реакційна поверхня тривалості (вісь Z) періодів сходи – бутонізація (перший ряд даних), сходи – цвітіння (другий ряд даних) та сходи – утворення бобів (третій ряд даних) сочевиці залежно від кількості опадів і суми температур за період, 2019–2021 рр.**

На підставі представлених даних скорочення тривалості як окремих міжфазних періодів, так і вегетації сочевиці в цілому із високою достовірністю слід очікувати за зниження кількості опадів у період від сходів до початку бутонізації на фоні інтенсивного наростання середньодобових температур. Максимальне подовження вегетування за нашими даними буде відмічено за поєднання оптимальної динаміки наростання середньодобової температури на фоні зростання кількості опадів за відмічений міжфазний період. На це вказують результати парної кореляції між базовими погодними параметрами та тривалістю окремих міжфазних періодів росту і розвитку сочевиці – прямі із сумою опадів, відносною вологістю повітря та коефіцієнтами, які визначають співвідношення між ґрунтовим та атмосферним зволоження впродовж відповідного періоду вегетації та обернені за показниками середньодобової температури. При цьому поступове зниження істотності зв'язку за значенням коефіцієнтів кореляції у середньому на 16,5 % у співставленні міжфазних періодів сходи-цвітіння та цвітіння-фізіологічна стиглість свідчать за даними П.А. Генкеля [278] про середній рівень посухостійкості сочевиці з можливістю до мобілізації стресостійких ресурсів у другій половині вегетації сочевиці. Разом з тим, відмічається, що сочевиця відноситься до вологолюбних рослин, особливо до фази цвітіння. В той же час за посухо- і жаростійкістю вона перевершує горох [69, 90, 91, 167]. Ці дані підтверджують також інші автори, але скорочуючи цей період від початку росту – при набряканні насіння та його проростанні [151]. Надалі потреба сочевиці у волозі знижується. Щодо посухостійкості, то рослини за фазами вегетації реагують по-різному: до цвітіння – погано, цей період є критичним; в період цвітіння-достигання – краще і дає хороший врожай зерна високої якості; в період наливу-достигання – велика кількість вологи в ґрунті впливає негативно [22, 23]. Для проростання сочевиця потребує води 100-120% від ваги насіння. З розвитком кореневої системи рослини використовують вологу з нижніх шарів ґрунту

краще, ніж злакові, і потреба у воді зменшується. Але часті суховії в період цвітіння і формування зерна завдають великої шкоди рослинам сочевиці. Дослідженнями було встановлено, що великонасінна тарілкова сочевиця більше потерпає від суховіїв, ніж дрібнонасінна. В посушливі роки вона дуже знижує врожай і товарну якість насіння. Разом з тим сочевиця має здатність після випадання дощів у другій половині вегетації утворювати вторинне цвітіння і плодоношення. При надмірній кількості вологи під час цвітіння і наливу зерна вегетаційний період сочевиці затягується, рослини дуже уражуються іржею, розвивають велику зелену масу, урожай зерна і його якість різко знижуються [44]. За експериментальними даними 150-200 мм продуктивних опадів за вегетаційний період сочевиці цілком достатньо для створення доброго врожаю високої якості [166]. Вказані висновки підтверджуються як кореляційним, так і проведеним регресійним аналізом (рис. 3.6, табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Регресійні моделі залежності тривалості міжфазних періодів  
вегетації сочевиці від кліматичних чинників  
(в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (n = 48))**

| Тривалість міжфазного періоду (Y), діб | Рівняння регресії                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сходи – цвітіння                       | $Y = 84,711 - 3,509 X_1 + 0,079 X_2$ ( $R_{\text{мн}} = 0,995, R^2_{\text{adj}} = 0,980, p = 0,0020 \dots 0,0044^*$ )<br>$Y = 100,93 - 4,005 X_1 + 0,169 X_2 - 7,096 X_3$ ( $R_{\text{мн}} = 0,996, R^2_{\text{adj}} = 0,964, p = 0,0015 \dots 0,0081^*$ ) |
| Сходи – утворення бобів                | $Y = -47,935 + 5,056 X_1 + 0,234 X_2$ ( $R_{\text{мн}} = 0,994, R^2_{\text{adj}} = 0,979, p = 0,001 \dots 0,04^*$ )<br>$Y = -33,074 - 4,108 X_1 + 0,085 X_2 + 8,750 X_3$ ( $R_{\text{мн}} = 0,996, R^2_{\text{adj}} = 0,970, p = 0,036 \dots 0,041^*$ )    |
| Сходи – фізіологічна стиглість         | $Y = -18,884 + 4,17 X_1 + 0,071 X_2$ ( $R_{\text{мн}} = 0,979, R^2_{\text{adj}} = 0,916, p = 0,029 \dots 0,038^*$ )<br>$Y = -17,561 + 4,108 X_1 + 0,061 X_2 + 1,021 X_3$ ( $R_{\text{мн}} = 0,928, R^2_{\text{adj}} = 0,833, p = 0,022 \dots 0,046^*$ )    |

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження

Примітки: кліматичні чинники за відповідний міжфазний період вегетації  $X_1$  – середньодобова температура повітря, °C;  $X_2$  – сума опадів, мм;  $X_3$  – коефіцієнт зволоження;  $R_{\text{мн}}$  – коефіцієнт множинної кореляції,  $R^2_{\text{adj}}$  – скоректований коефіцієнт детермінації, \* – інтервал p-level для коефіцієнтів рівняння.

На підставі отриманих нами даних фенологічний розвиток сочевиці в зоні досліджень є критично залежним від співвідношення опадів та середньодобової температури. До фази бутонізації для оптимізації ростових процесів для рослин сочевиці важливим є помірні середньодобові температури на рівні 17–19 °C на фоні рівномірного помірного зволоження на рівні 100–120 мм. У більш пізніші фази вегетації стресостійкість рослин сочевиці фізіологічно зростає з підвищенням рівня температур до рівня 18–22 °C за оптимального зволоження на рівні 50–80 мм. Середня достатність зволоження до фази утворення бобів за нашими результатами відповідає рівню 200–230 мм. Крім того, застосування інокуляції, комплексної обробки мікродобривами як насіння, так і рослин позакоренево сприяє підвищенню стресостійкості рослин. Це підтверджується даними рисунка 3.5 із визначеним зниженням частки погодніх умов та зростання частки інокуляції і позакоренових підживлень у системі формування тривалості вегетації та коремих її міжфазних періодів у досліді. Слід також відмітити, що застосування у досліді комплексного варіанту інокуляції, обробки насіння та двох позакоренових підживлень дозволяє суттєво подовжити генеративний період розвитку рослин сочевиці до 5–7 діб залежно від року досліджень. Враховуючи, що для сочевиці цей фактор є визначальним у реалізації її врожайного потенціалу [181, 275] такий спосіб її вирощування з огляду на встановлену фенологію є доцільним в зоні досліджень.

### **3.2. Польова схожість та виживаність рослин сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень**

Густота посівів відіграє надзвичайно важливу роль у формуванні кінцевої продуктивності рослин. Адже на початку вегетації рослини сочевиці ростуть відносно повільно і зріджені посіви ще в більшій мірі піддаються негативному впливу бур'янів в боротьбі за вільні ніші агроценозу [51, 280]. Водночас з тим надмірно загущені посіви теж не варто використовувати, так

як в них різко підсилюється конкурентна боротьба між культурними рослинами за фактори живлення: вологу, мікро- та макроелементи в ґрунті, фотосинтетично активну сонячну радіацію [281]. Разом з тим відмічається, що на фоні несприятливих умов вегетації та із фізіологічної точки зору доволі багато рослин сочевиці відмирає впродовж вегетаційного періоду незалежно від інтенсивності технології вирощування [282, 283]. Цьому сприяють не тільки вплив несприятливих умов вирощування, а й шкідники та хвороби. Адже для використання на сочевиці практично немає зареєстрованих препаратів захисту від бур'янів, шкідників та хвороб [284].

На підставі вказаних тверджень важливою є оцінка впливу будь-яких досліджуваних варіантів вирощування сочевиці на формування густоти її стояння та збереженість впродовж вегетації. Отримані в ході обліків густот результати (табл. 3.5) засвідчили істотність впливу на даний показник поставлених на вивчення чинників досліджу. Враховуючи достатній рівень зволоження як атмосферного, так і ґрунтового у всі роки досліджень польова схожість насіння сочевиці була досить високою на рівні 91-94 %. Відмічена позитивна дія як обробки насіння мікродобрином Оракул насіння, так і застосування інокуляції препаратом Андеріс-р щодо зростання польової схожості. Так у середньому у співставленні до варіанту без застосування вказаних препаратів приріст польової схожості насіння при застосуванні Оракулу насіння склав 2,5 %, а у варіанті інокуляції 1,1 %. У комбінованому поєднанні інокуляції і обробки насіння Оракул насіння середній приріст польової схожості за період досліджень склав 2,2 % до варіанту без застосування вказаних препаратів. Такий вплив, на нашу думку, пояснюється загальним ефектом поверхневої стимуляції та допосівної активізації внутрішніх фізіологічних процесів у насінні сочевиці у технологічному процесі його інокуляції та обробки насіння мікродобрином та заявленої дії препарату Оракул насіння щодо стимуляції енергії роростання насіння на 3–8 %.

Таблиця 3.5

**Показники густоти рослин сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт./м<sup>2</sup>, (середнє за 2019–2021 рр.) (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція<br>(чинник В)               | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Позакореневе<br>підживлення (чинник D)                    | Кількість<br>рослин на дату             |                                      | Польова<br>схожість<br>насіння, % | Збере-<br>женість<br>рослин,<br>% |
|----------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                        |                                  |                                                           | повних<br>сходів,<br>шт./м <sup>2</sup> | збира-<br>ння,<br>шт./м <sup>2</sup> |                                   |                                   |
| Без<br>інокуляції                      | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 191,7                                   | 154,5                                | 91,3                              | 80,6                              |
|                                        |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 193,0                                   | 157,7                                | 91,9                              | 81,7                              |
|                                        |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 193,0                                   | 157,6                                | 91,9                              | 81,7                              |
|                                        |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 191,7                                   | 161,7                                | 91,3                              | 84,3                              |
|                                        | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 197,0                                   | 155,4                                | 93,8                              | 78,9                              |
|                                        |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 198,2                                   | 159,5                                | 94,4                              | 80,5                              |
|                                        |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 197,0                                   | 160,3                                | 93,8                              | 81,4                              |
|                                        |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 198,2                                   | 161,8                                | 94,4                              | 81,6                              |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т)    | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 194,3                                   | 162,6                                | 92,5                              | 83,7                              |
|                                        |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 193,0                                   | 161,4                                | 91,9                              | 83,6                              |
|                                        |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 194,3                                   | 164,6                                | 92,5                              | 84,7                              |
|                                        |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 194,3                                   | 166,7                                | 92,5                              | 85,8                              |
|                                        | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 197,0                                   | 164,6                                | 93,8                              | 83,6                              |
|                                        |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 198,2                                   | 165,3                                | 94,4                              | 83,4                              |
|                                        |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 197,0                                   | 167,7                                | 93,8                              | 85,1                              |
|                                        |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 195,5                                   | 169,9                                | 93,1                              | 86,9                              |
| H <sub>IP</sub> 05, шт./м <sup>2</sup> |                                  |                                                           |                                         |                                      |                                   |                                   |
| A                                      |                                  |                                                           | 0,46                                    | 0,53                                 |                                   |                                   |
| B                                      |                                  |                                                           | 0,38                                    | 0,43                                 |                                   |                                   |
| C                                      |                                  |                                                           | 0,38                                    | 0,43                                 |                                   |                                   |
| D                                      |                                  |                                                           | 0,54                                    | 0,61                                 |                                   |                                   |
| AB                                     |                                  |                                                           | 0,66                                    | 0,75                                 |                                   |                                   |
| AC                                     |                                  |                                                           | 0,66                                    | 0,75                                 |                                   |                                   |
| AD                                     |                                  |                                                           | 0,93                                    | 1,06                                 |                                   |                                   |
| BC                                     |                                  |                                                           | 0,54                                    | 0,61                                 |                                   |                                   |
| BC                                     |                                  |                                                           | 0,76                                    | 0,86                                 |                                   |                                   |
| BD                                     |                                  |                                                           | 0,76                                    | 0,86                                 |                                   |                                   |
| CD                                     |                                  |                                                           | 0,93                                    | 1,06                                 |                                   |                                   |
| ABCD                                   |                                  |                                                           | 1,31                                    | 1,50                                 |                                   |                                   |

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.  
Чинник A – річні умови вегетації.

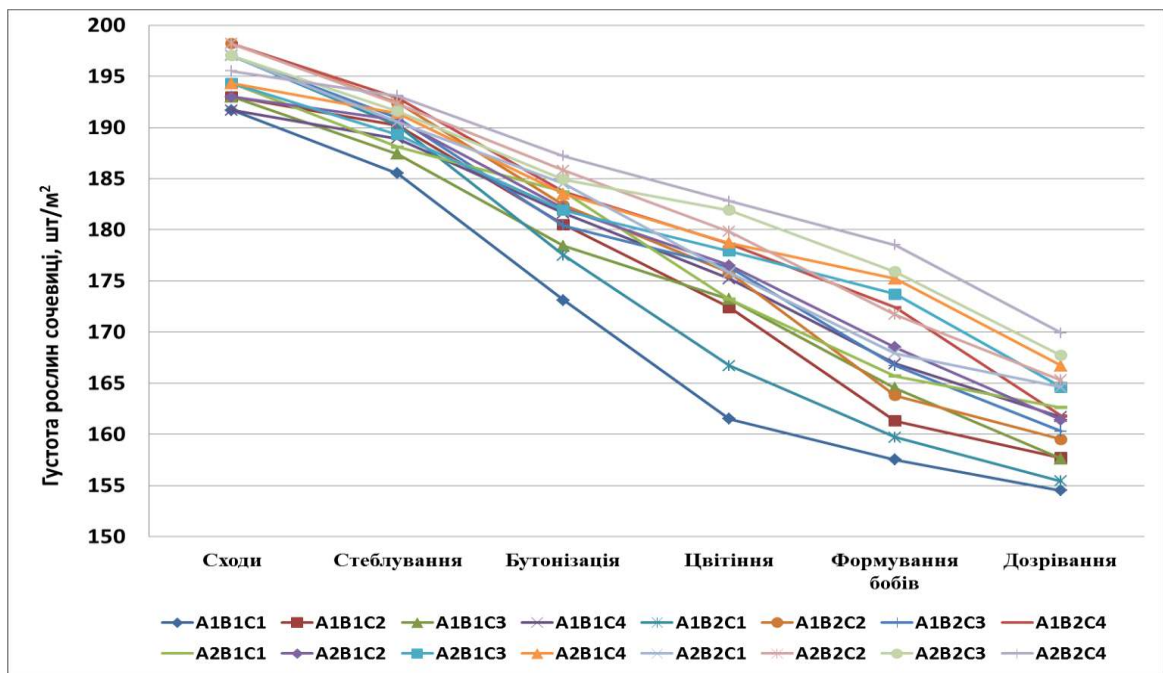
У підсумку сформований агроценоз сочевиці на фазу сходів мав вказані відмінності у початковій густоті стояння на рівні 191–198 рослин/м<sup>2</sup>.

Проведені обліки перед збиранням рослин сочевиці засвідчили істотне зниження у межах 17–20 % чисельності рослин на одиниці площі, що підтверджує наведені думки щодо динаміки чисельності рослин сочевиці впродовж вегетації та причин що її зумовлюють. Враховуючи, що для сочевиці в умовах Лісостепу Правобережного оптимальна густота стояння перед збиранням знаходиться в інтервалі 145–175 рослин/м<sup>2</sup> застосовані варіанти технології дозволили сформувати ценоз з достатнім рівнем фотосинтетичної щільності. Проте, рівень збереженості рослин різнився для різних варіантів. Мінімальною була збереженість рослин сочевиці у варіанті де не застосовувались додаткові заходи оптимізації живлення рослин сочевиці із кінцевою густотою 154 рослини/м<sup>2</sup> за збереженості рослин на рівні 80,6 %. Максимальна збереженість рослин була відмічена у варіанті технологічного максимуму застосування заходів оптимізації живлення за середньобогаторічної густоти стояння на рівні майже 170 рослин/м<sup>2</sup> за збереженості рослин на рівні 86,9 %, що на 6,3 % вище ніж на контролі. Приріст варіантів без інокуляції до варіантів з інокуляцією склав у середньому за період досліджень 3,3 %. Аналогічний показник у співставленні обробленого та необробленого насіння препаратом Оракул насіння був позитивним до контрольного варіанту лише у варіанті його застосування у комплексі з інокулянтом і склав 2,7 %. Слід зауважити, що застосування Оракул насіння на фазу сходів забезпечувало загальний відсоток польової схожості. Проте у подальшому його дія мала обмежений фенологічний характер, що було підтверджено у попередньому досліді. У підсумку до густоти стояння на період сходів загальна збереженість була нижчою, ніж у контрольному варіанті не дивлячись на вище значення густоти стояння на період збирання.

Різнорідний характер впливу мало і застосування мікродобрив у підживлення. Нами встановлено, що стадійно раніше застосування



позакореневого підживлення при забезпеченні загального підвищення рівня збереженості рослин на 2-3 % у співставлені до контролю поступається ефекту такого впливу за внесення мікродобрива у більш пізнішу фенологічну фазу. Ефект тривалості позитивної дії щодо ефективності підживлення сочевиці відмічений у ряді досліджень [25, 285, 286]. З цієї позиції для максимальної збереженості рослин термін застосування мікродобрив слід суміщувати із періодом максимальної критичності росту і розвитку, який у сочевиці припадає на період бутонізації-цвітіння [81]. У підсумку динаміка густоти стояння рослин (рис. 3.7) мала граничну обмежену площу реакції з максимумом у варіанті максимального поєднання заходів оптимізації живлення рослин сочевиці, а мінімальну – відповідно без їх застосування.

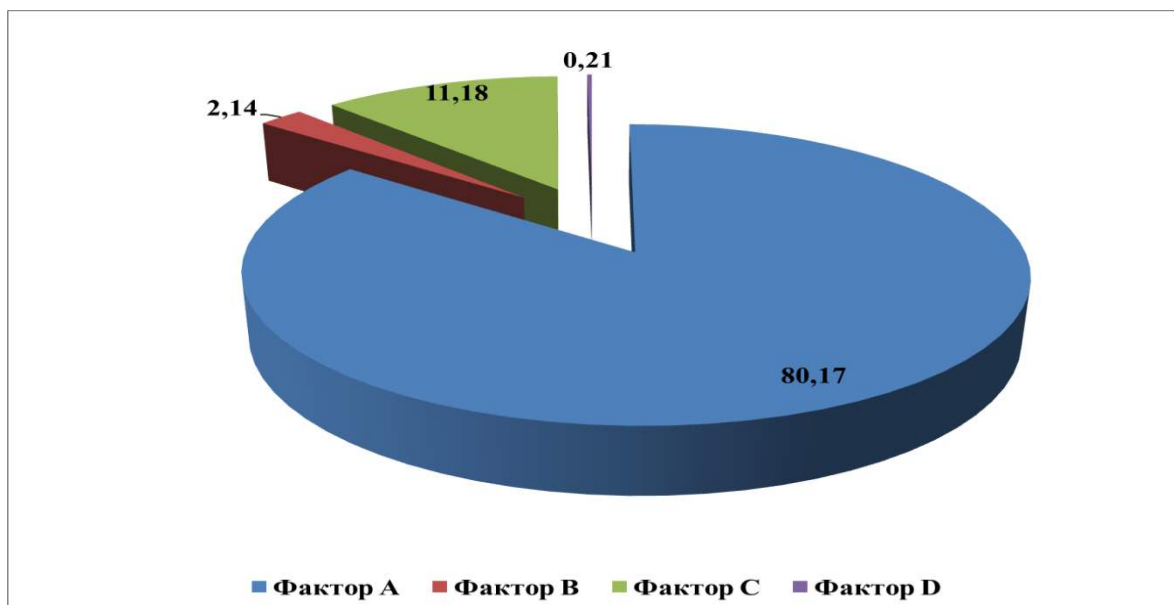


Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

**Рисунок 3.7 – Динаміка густоти стояння рослин сочевиці залежно від варіантів поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт/м<sup>2</sup> (середнє за 2019–2021 рр.) ( $A_{1-2}$ ,  $B_{1-2}$ ,  $C_{1-4}$  – загальна комбінаторика варіантів досліджу)**

Встановлено для цілого ряду зернобобових культур, що величина польової схожості їх насіння та динамічні процеси збереженості у ході

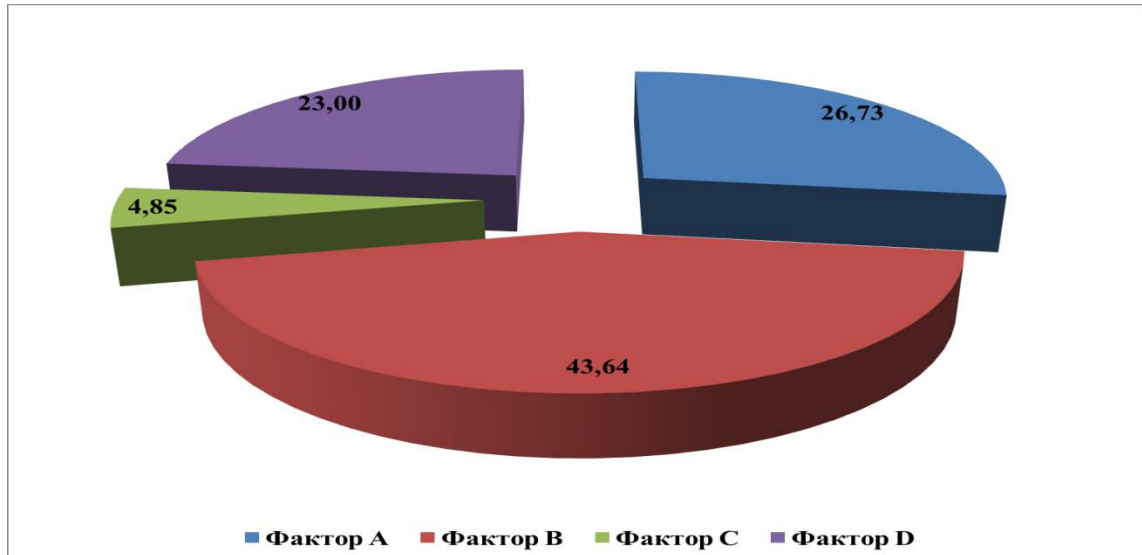
достигання залежать від базових показників погодних умов [287, 288]. Подібні висновки знайшли своє підтвердження і в наших дослідженнях у системі факторного аналізу дисперсійної схеми багаторічного співставлення отриманих результатів. На вплив формування показника польової схожості насіння домінуючий вплив мали погодні умови в період сівба-сходи (середньобагаторічна частка впливу 80,17 %) та обробка насіння мікродобрином Оракул насіння – 11,18 % (рис. 3.8, додаток Е.1–Е.2). Такий розподіл підтверджує наші висновки щодо стимулюючої дії на енергію проростання даного мікродобрива, що узгоджується з результатами інших досліджень [289].



*Зміст факторів: А – умови року вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення.*

**Рисунок 3.8 – Частка факторів (%) у формуванні польової схожості насіння сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр. (головні чинники системи досліджу)**

Стосовно показника збереженості рослин, то дієве співвідношення факторів досліджу змінюється і за значної частки впливу погодних умов за період сходи-достигання рослин сочевиці на рівні 26,73 % (рис. 3.9) домінування належить фактору інокуляції насіння 43,64 % при високому значенні частки фінансних позакоренових підживлень – 23,0 %



*Зміст факторів: А – умови року вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення.*

**Рисунок 3.9 – Частка факторів (%) у формуванні збереженості рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.**

Таким чином, застосування інокуляції та системи позакоренових підживлень за вирощування сочевиці дозволяє більш як у три рази скоротити результуючий вплив погодних умов на збереженість рослин сочевиці до періоду їх збирання.

Роль погодних умов у формуванні відповідних густот сочевиці за співвідношенням польової схожості та збереженості рослин було додатково оцінено у регресійних моделях залежностей результати яких за ситемою співставлення роки-варіанти-повторення представлено у табл. 3.6 та на рис. 3.9–3.10.

**Регресійні моделі залежності параметрів схожості та збереженості  
рослин сочевиці від кліматичних чинників  
(в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. ( $n = 48$ ))**

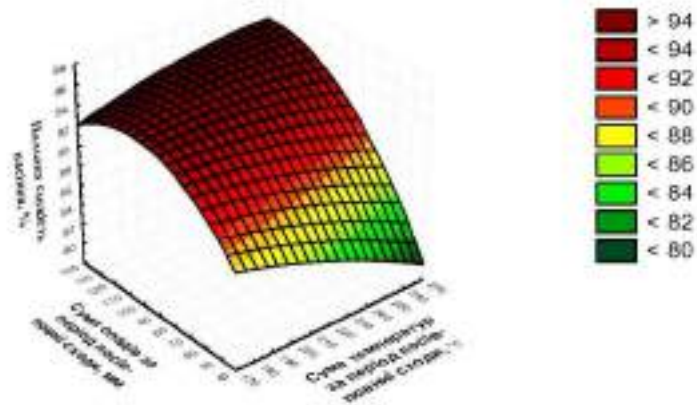
| Результуючі показники (Z) | Рівняння регресії                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Польова схожість, %       | $Z = 84,3996 + 0,0052X_1 + 0,1544Y_1 - 0,0003X_1^2 + 0,0011 X_1Y_1 - 0,0017Y_1^2$<br>$(R_{\text{мн}} = 0,890, R^2_{\text{adj}} = 0,792, p = 0,0000...0,0012^*)$<br>$Z = 86,1318 + 0,2106X_1 - 1,0174X_2 - 0,0018X_1^2 + 0,0173 X_1X_2 - 0,0239 X_2^2$<br>$(R_{\text{мн}} = 0,889, R^2_{\text{adj}} = 0,790, p = 0,000000...0,000008)$<br>$Z = 100,000 - 0,012X_1 + 0,069X_2 - 7,096X_3$ ( $R_{\text{мн}} = 0,996, R^2_{\text{adj}} = 0,964, p = 0,0012...0,0061^*$ )<br>$Z = 101,5397 - 7,8761X_2 + 14,4369X_4 + 0,4812X_2^2 - 0,5952X_2X_4 - 0,7044 X_4^2$<br>$(R_{\text{мн}} = 0,900, R^2_{\text{adj}} = 0,801, p = 0,000005...0,000011)$ |
| Збереженість рослин, %    | $Z = -349,8151 + 0,5906X_1 + 0,0917Y_1 - 0,0002X_1^2 + 4,371E - 5 X_1Y_1 - 0,0005Y_1^2$ ( $R_{\text{мн}} = 0,774, R^2_{\text{adj}} = 0,579, p = 0,0001...0,0004$ )<br>$Z = -256,4167 + 1,3346X_1 + 18,7039X_2 - 0,0003 X_1^2 - 0,064X_1X_2 - 0,063 X_2^2$ ( $R_{\text{мн}} = 0,674, R^2_{\text{adj}} = 0,429, p = 0,0008...0,0014$ )<br>$Z = 105,074 - 0,108X_1 + 0,085X_2 + 8,750X_3$ ( $R_{\text{мн}} = 0,796, R^2_{\text{adj}} = 0,608, p = 0,0046...0,0071$ )<br>$Z = -445,8905 + 34,2913X_2 + 256,8484X_4 - 0,5051 X_2^2 - 9,0056 X_2X_4 - 27,3624X_4^2$<br>$(R_{\text{мн}} = 0,656, R^2_{\text{adj}} = 0,418, p = 0,0028...0,0017)$   |

*Джерело: сформовано автором за результатами дослідження*

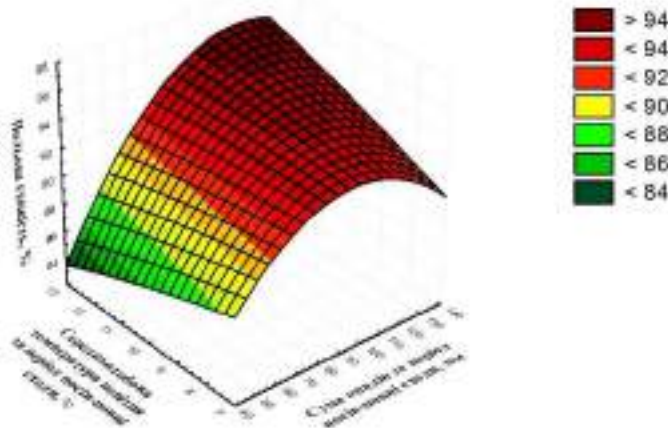
*Примітки: кліматичні чинники за відповідний міжфазний період вегетації  $X_1$  – сума температур повітря за період,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $Y_1$  – сума опадів, мм;  $X_2$  – середньодобова температура повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $X_3$  – коефіцієнт зволоження;  $X_4$  – ГТК;  $R_{\text{мн}}$  – коефіцієнт множинної кореляції,  $R^2_{\text{adj}}$  – скоректований коефіцієнт детермінації, \* – інтервал  $p$ -level для коефіцієнтів рівняння.*

Відповідно до представлених моделей польова схожість насіння сочевиці усереднено у розрізі варіантів досліду має істотну та достовірну тенденцію до зростання за зростання середньодобової температури за період сівба-сходи на фоні зростання кількості опадів до рівня з огляду на екстремуми реакційної поверхні на рівні 80–120 мм із середньодобовою температурою на період сівба–сходи на рівні 13–15  $^{\circ}\text{C}$  при ГТК 1,2–1,5. Такі параметри відповідно до середньобаторічних кліматичних даних [240] відповідають середині другої – початку третьої декади квітня.

$$\text{Польова схожість (\%)} = 84,3996 + 0,0052 \cdot x + 0,1544 \cdot y - 0,0003 \cdot x \cdot x + 0,0011 \cdot x \cdot y - 0,0017 \cdot y \cdot y$$



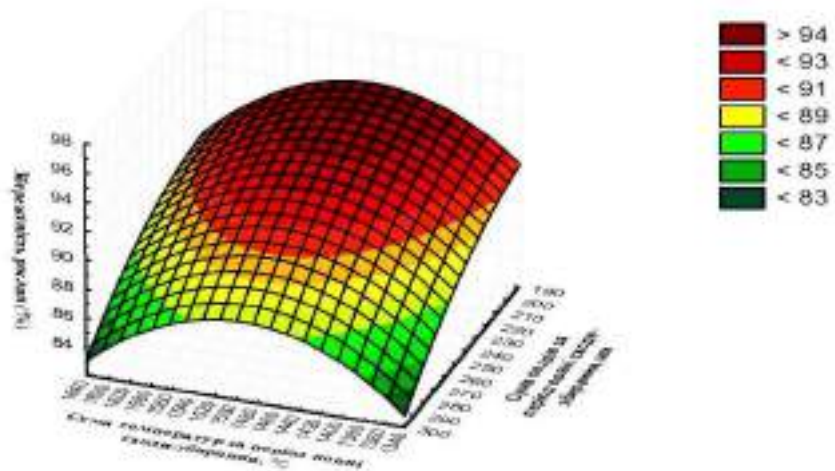
$$\text{Польова схожість (\%)} = 86,1318 + 0,2106 \cdot x - 1,0174 \cdot y - 0,0018 \cdot x \cdot x + 0,0173 \cdot x \cdot y - 0,0239 \cdot y \cdot y$$



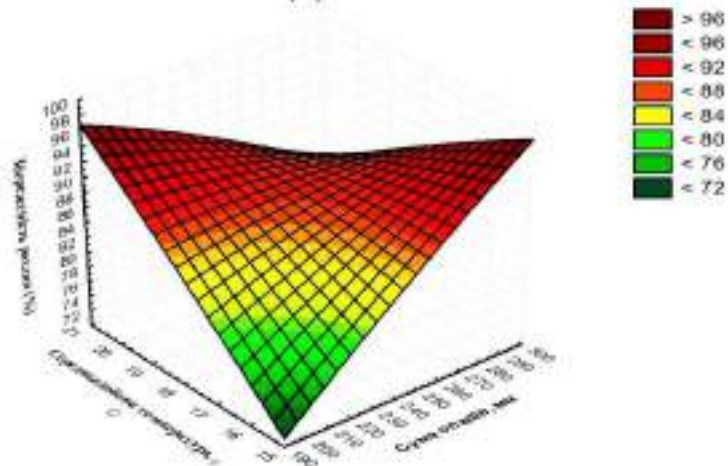
**Рисунок 3.9 – Реакційні поверхні залежності польової схожості сочевиці залежно від кліматичних чинників за період посів–повні сходи (у єдиному масиві даних за період 2019–2021 рр.)**

Збереженість рослин сочевиці у тій же системі регресійного аналізу буде достовірно вищою за умови середньодобових температур на рівні 17–20 °C за суми опадів за період сход-достигання на рівні 190–250 мм із рівнем ГТК в інтервалі 1,3–1,5. Низькі або ж високі температури за рівня зволоження понад 250 мм за період сход-достигання зумовлюватимуть істотне зниження збереженості в силу як розвитку захворювань, так і по причині загушення та вилягання рослин. Вказані висновки узгоджуються із монографічними публікаціями щодо адаптивної біології та фізіології сочевиці [81, 275].

$$\text{Збереженість рослин (\%)} = -349,8151 + 0,5906 \cdot x + 0,0917 \cdot y - 0,0002 \cdot x^2 + 4,371E-5 \cdot x \cdot y - 0,0005 \cdot y^2$$



$$\text{Збереженість рослин (\%)} = -256,4167 + 1,3346 \cdot x + 18,7039 \cdot y - 0,0003 \cdot x^2 - 0,064 \cdot x \cdot y - 0,063 \cdot y^2$$



$$\text{Збереженість рослин (\%)} = -445,8905 + 34,2913 \cdot x + 256,8484 \cdot y - 0,5051 \cdot x^2 - 9,0056 \cdot x \cdot y - 27,3624 \cdot y^2$$

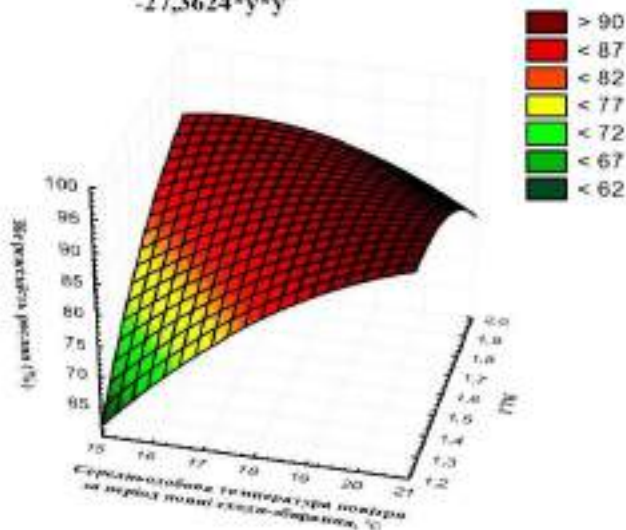


Рисунок 3.10 – Реакційні поверхні залежності збереженості рослин сочевиці залежно від кліматичних чинників за період посів–збирання (у єдиному масиві даних за період 2019–2021 рр.)



### **3.3. Динаміка ростових процесів сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень**

Ріст є важливим аспектом аналізу ефективності будь-яких агротехнологічних прийомів. За динамікою приростів як лінійного, так і радіального характеру можна оцінювати рівень оптимізації досліджуваних елементів технологій.

Для сочевиці ростові процеси якої мають понижений динамічний характер [81] з огляду на інтервал архітектоники її сортів та з огляду на ботанічні її особливості оцінки лінійного та вагового приросту є свідченням вираженої направленості технології, ніж для культур, які формують інтенсивну надземну масу [290].

Відомо, що сочевиця до появи на рослинах перших бутонів росте повільно, потім темпи її до кінця цвітіння збільшуються, а потім знову знижуються. У всіх фазах розвитку сочевиця росте значно повільніше гороху, середньодобові прирости її у висоту в два-три рази менші. У зв'язку з низькорослістю і повільними темпами росту сочевиця легко пригнічується бур'янами [291].

Вказані особливості динаміки ростових процесів зумовлюють чутливість реакції зміни лінійних розмірів сочевиці на такі чинники як удобрення, підживлення, застосування стимуляторів росту та інші додаткові фактори, які впливають на типовий морфогенез рослин [292, 293].

З огляду на глобальні зміни клімату, аридизацію погодних умов на фоні особливостей динамічного розвитку сочевиці важливим у розробці адаптивних технологій її вирощування раціональна і продумана система удобрення, яка базувалася б на комплексному використанні можливих чинників управління її продукційними процесами [294, 295].

Багаторічні дослідження у різних регіонах [275] свідчать про позитивну реакцію сочевиці на застосування як інокуляції так і додаткового варіанту удобрення у варіантах застосування мікродобрив. Вказані висновки знайшли

своє підтвердження і у наших дослідженнях. Так, динаміка лінійного росту стебла (табл. 3.7) мала істотні відмінності у системі застосованих варіантів оптимізації живлення рослин сочевиці. Вже на стадії сходів, відповідно до встановленої позитивної дії стимуляції насіння зернобобових культур у процесі застосування бактеризації та супутньої обробки мікроелементами [296, 297] висота рослин у варіанті без інокуляції але із обробкою насіння мікродобрином Оракул насіння була на 0,3–0,4 см вищою, ніж на варіанті без його застосування. На варіантах з інокуляцією висота рослин на фазу сходів була у середньому на 1 см вищою у варіанті без застосування Оракул насіння та на 1,1–1,3 см вищою за поєднання інокуляції та обробки насіння вказаним мікродобрином. Подібна позитивна динаміка відмічена і в подальші фенологічні фази росту і розвитку. Прирости висоти стебла відмічались включно до фази досягання, що підтверджує узагальнення В.І. Січкаря [290] щодо пролонгованих ростових процесів рослин сочевиці за її вирощування у помірних широтах.

Максимальна висота стебла у середньому за період досліджень була встановлена на фазу досягання у варіанті без інокуляції за поєднання передпосівної обробки насіння мікродобрином Оракул насіння та двохразового застосування позакореневих підживлень у комбінації Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові – на рівні 52,2 см із приростом до контролю без застосування додаткових заходів живлення 16,1 см (44,1 %). У варіанті із інокуляцією найбільш продуктивним було відмічено аналогічний варіант із приростом до того ж контролю на рівні 19,8 см (54,8 %). У варіантах одинарного застосування мікродобрив у підживлення встановлено різну пролонгованість позитивного впливу на ріст стебла, що цілком узгоджується із строками їх застосування. У підсумку підживлення сочевиці у більш пізні феностадії забезпечило формування істотно вищих рослин на фенологічну фазу досягання із різницею 3,2–3,9 см для варіанту



без інокуляції та 2,0–4,0 см для варіанту із інокуляцією. При цьому вищі прирости відмічено на фоні застосування Оракул насіння.

Таблиця 3.7

**Висота рослин сочевиці залежно від комбінованого поєднання  
інокуляції та застосування мікроелементів, см  
(середнє за 2019–2021 рр.) (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

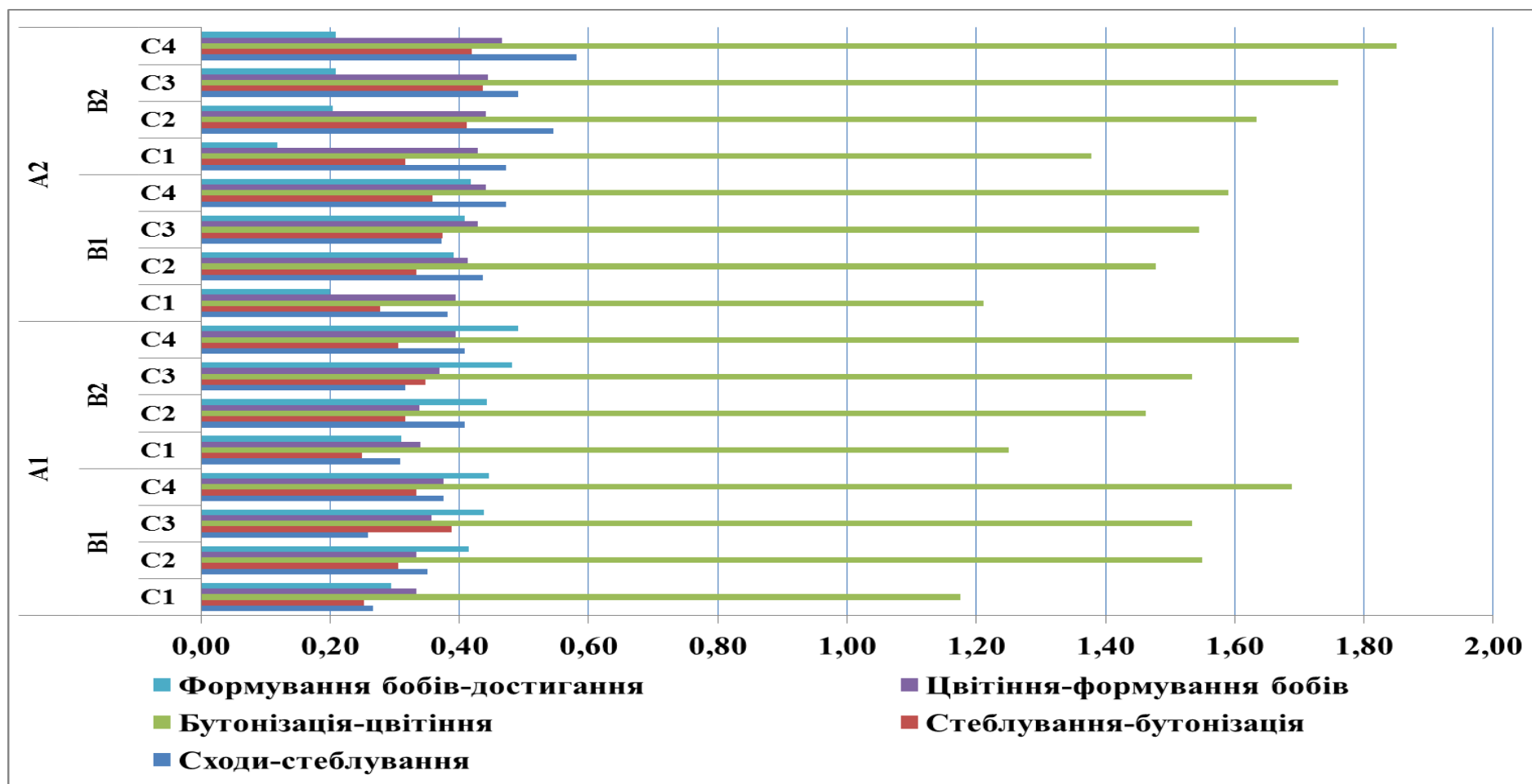
| Інокуляція<br>(чинник В)            | Обробка<br>насіння<br>(чинник<br>С) | Позакореневе підживлення<br>(чинник D)                 | Сходи | Стеблю-<br>вання | Бутонізація | Цвітіння | Форму-<br>вання бобів | Достигання |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|------------------|-------------|----------|-----------------------|------------|
| Без<br>інокуляції                   | Контроль<br>(без<br>обробки)        | Без підживлення                                        | 8,3   | 11,5             | 15,8        | 25,2     | 30,2                  | 36,1       |
|                                     |                                     | Ярило активний старт PRO                               | 8,5   | 12,7             | 18,2        | 30,6     | 35,6                  | 43,9       |
|                                     |                                     | Авангард Комплекс Бобові                               | 8,3   | 11,4             | 18,4        | 32,2     | 37,9                  | 47,1       |
|                                     |                                     | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 8,2   | 12,7             | 18,7        | 33,9     | 39,9                  | 49,7       |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)        | Без підживлення                                        | 8,6   | 12,3             | 16,8        | 26,8     | 31,9                  | 38,1       |
|                                     |                                     | Ярило активний старт PRO                               | 8,5   | 13,4             | 19,1        | 30,8     | 36,2                  | 45,5       |
|                                     |                                     | Авангард Комплекс Бобові                               | 8,7   | 12,5             | 19,1        | 32,9     | 38,8                  | 49,4       |
|                                     |                                     | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 8,7   | 13,6             | 19,4        | 34,7     | 41,4                  | 52,2       |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)        | Без підживлення                                        | 9,2   | 13,4             | 18,4        | 29,3     | 35,6                  | 39,1       |
|                                     |                                     | Ярило активний старт PRO                               | 9,4   | 14,2             | 20,2        | 33,5     | 40,1                  | 48,7       |
|                                     |                                     | Авангард Комплекс Бобові                               | 9,3   | 13,4             | 20,5        | 34,4     | 41,7                  | 50,7       |
|                                     |                                     | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 9,2   | 14,4             | 21,2        | 37,1     | 44,6                  | 54,2       |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)        | Без підживлення                                        | 9,6   | 14,8             | 20,5        | 32,9     | 40,2                  | 42,7       |
|                                     |                                     | Ярило активний старт PRO                               | 9,5   | 15,5             | 22,9        | 37,6     | 45,1                  | 49,6       |
|                                     |                                     | Авангард Комплекс Бобові                               | 9,5   | 14,9             | 23,2        | 40,8     | 48,8                  | 53,6       |
|                                     |                                     | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 9,4   | 15,8             | 24,2        | 42,7     | 51,1                  | 55,9       |
| HIP <sub>05</sub> , см              |                                     |                                                        |       |                  |             |          |                       |            |
| A                                   |                                     |                                                        | 0,10  | 0,15             | 0,26        | 0,41     | 0,21                  | 0,55       |
| B                                   |                                     |                                                        | 0,08  | 0,13             | 0,21        | 0,34     | 0,17                  | 0,45       |
| C                                   |                                     |                                                        | 0,08  | 0,13             | 0,21        | 0,34     | 0,17                  | 0,45       |
| D                                   |                                     |                                                        | 0,12  | 0,18             | 0,30        | 0,48     | 0,24                  | 0,63       |
| AB                                  |                                     |                                                        | 0,14  | 0,22             | 0,37        | 0,58     | 0,29                  | 0,77       |
| AC                                  |                                     |                                                        | 0,14  | 0,22             | 0,37        | 0,58     | 0,29                  | 0,77       |
| AD                                  |                                     |                                                        | 0,20  | 0,31             | 0,52        | 0,82     | 0,41                  | 1,09       |
| BC                                  |                                     |                                                        | 0,12  | 0,18             | 0,30        | 0,48     | 0,24                  | 0,63       |
| BD                                  |                                     |                                                        | 0,16  | 0,25             | 0,43        | 0,67     | 0,34                  | 0,89       |
| CD                                  |                                     |                                                        | 0,16  | 0,25             | 0,43        | 0,67     | 0,34                  | 0,89       |
| ABC                                 |                                     |                                                        | 0,20  | 0,31             | 0,52        | 0,82     | 0,41                  | 1,09       |
| ABD                                 |                                     |                                                        | 0,28  | 0,44             | 0,74        | 1,16     | 0,58                  | 1,55       |
| ACD                                 |                                     |                                                        | 0,28  | 0,44             | 0,74        | 1,16     | 0,58                  | 1,55       |
| BCD                                 |                                     |                                                        | 0,23  | 0,36             | 0,60        | 0,95     | 0,48                  | 1,26       |
| ABCD                                |                                     |                                                        | 0,40  | 0,62             | 1,04        | 1,65     | 0,82                  | 2,19       |

Чинник A – річні умови вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

Таким чином, позитивність застосування двохранового внесення мікродобрив у підживлення гарантує за вирощування сочевиці збереження інтенсивності ростових процесів стебла, що з огляду на позитивну кореляцію між довжиною стебла та кількістю закладених плодоеlementів [275, 290, 298–300] сприятиме формуванню продуктивного морфотипу рослин з поєднанням лінійної тропачії стебла із відповідною концентрацією бобів.

Слід також зауважити, що виходячи із характеристики вегетативних ознак сорту Лінза [109] висота стебла у роки досліджень була рівною, або ж наближалась до заявленого по результатах сортовипробувань значень. Це вказує на достатню зволоженість періоду вегетації культури та гармонізується із даними таблиці 2.3 та висновками зробленими у попередніх підрозділах щодо оптимальних гідротермічних режимів початкового росту сочевиці у зоні досліджень.

Відмічається [81, 290], що темпи лінійного росту сочевиці є різними залежно від міжфазних періодів її росту та розвитку. Вид демонструє поступове наростання темпів лінійного росту від фази бутонізації до фази утворення бобів з послідуочим уповільненням цих процесів. Це підтверджено і нашими результатами (рис. 3.11). Максимальні темпи приросту стебла було відмічено за міжфазний період бутонізація-цвітіння у інтервалі від 1,18 до 1,85 см/добу. Мінімальні прирости обліковувались у два міжфазних періоди сходи-стеблуння – 0,27–0,58 см/добу та у міжфазний період формування бобів досягання – 0,21–0,49 см/добу. Характер приростів відрізнявся у межах чинників досліду. Так для усередненого співставлення інокульованого і неінокульованого варіантів темпи приросту стебла останнього були вищими на 39,5 % для міжфазного періоду сходу-стеблуння, на 17,1 % для міжфазного періоду стеблуння-бутонізація, на 4,6 % для міжфазного періоду бутонізація-цвітіння, на 21,9 % для міжфазного періоду цвітіння-формування бобів. Разом з тим вказані темпи приросту були для цього ж співставлення на 34,9 % меншими.



Зміст факторів:  $A_1$  – без інкуляції;  $A_2$  – з інкуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові

Рисунок 3.11 – Динаміка середньодобових приростів стебла рослин сочевиці залежно від варіантів поєднання інкуляції та застосування мікроелементів, см/добу (середнє за 2019–2021 рр.) ( $A_{1-2}$ ,  $B_{1-2}$ ,  $C_{1-4}$  – загальна комбінаторика варіантів дослідів)

Тобто проведення інокуляції насіння за рахунок послідувочої оптимізації азотного живлення у рамках симбіотичної азотфіксації сприяє істотній активізації ростових процесів рослин сочевиці. Зниження ж темпів приросту на фазі досягання зумовлюється зміщенням феностадії активного росту рослин сочевиці у варіантах інокуляції на період до формування і наливу бобів. Це, на нашу думку, є позитивним чинником, оскільки дозволяє змістити акцент загального лінійного росту на процес плодоутворення та наливу сформованого зерна за рахунок переорієнтації синтезованих пластичних речовин.

Позитивний вплив на динаміку ростових процесів встановлено і у випадку застосування обробки насіння мікродобривом Оракул насіння. Так його застосування у поєднанні з інокуляцією дозволило додатково підвищити темпи лінійних приростів стебла на 10,4 % за міжфазний період сходистеблуння, на 22,8 % за період стеблуння-бутонізація, на 13,7 % за період бутонізація-цвітіння, на 3,2 % за період цвітіння-утворення бобів та на 9,0 % знизити темпи лінійного росту на стадії наливу і досягання зерна.

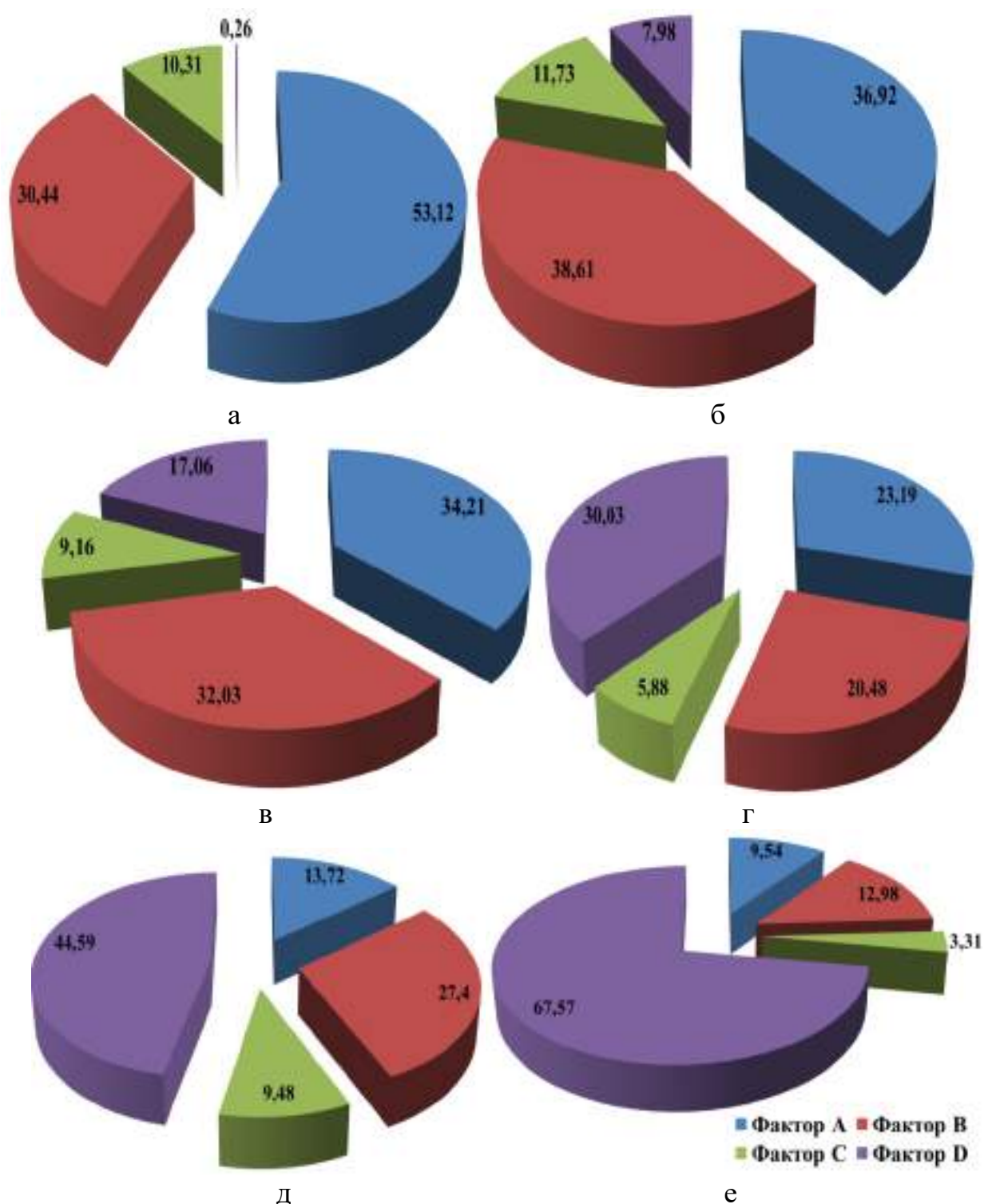
Що стосується ролі позакореневих підживлень у формуванні динаміки лінійного росту стебла то стадійно пізніше застосування мікродобрива забезпечило формування істотно вищих темпів росту стебла в інтервалі від 3,7 до 6,8 % залежно від варіанту досліду. Нами відмічено поступово зростаюча роль позакореневих підживлень. Особливо у варіанті бінарного застосування мікродобрива на початку ростових процесів та на початку пікового інтервалу їх інтенсивності у період від фази формування бобів до фази досягання. Ми пов'язуємо такий характер з дією мікродобрив за такого застосування на асиміляційну діяльність рослин, забезпечення пролонгації життєдіяльності та функціонування асиміляційної їх поверхні тощо.

Слід також зауважити, що враховуючи темпи лінійних приростів стебла, на фоні окресленої раніше збереженості рослин на одиниці площі за умов достатньої або ж надмірної зволоженості прогнозовано у варіанті

максимального повного застосування заходів оптимізації живлення рослин сочевиці може формуватись загроза вилягання посівів.

Зроблені нами висновки наглядно підтверджуються результатами дисперсійного аналізу з огляду на частку чинників досліду у формуванні результуючого показника висоти рослин на відповідні фенологічні фази росту і розвитку сочевиці (рис. 3.12, додатки Ж.1–Ж.6). Так на фазу сходів у розрізі головних факторів схеми досліду на частку умов року вегетації припадає 53,12 % результуючого впливу, на частку інокуляції 30,44 %, на частку обробки насіння мікродобривами 10,31 % і на частку застосування мікродобрив у підживлення 0,26 %. Представлені дані демонструють послідовне зростання частки мікродобрив у підживлення по вегетації за поступового зниження частки інших факторів. За цих умов серед чинників власне схеми досліду частка фактора інокуляції насіння є переважаючою серед інших аж до фенологічної фази бутонізації із зниженням до мінімального свого значення на фазу досягання. При цьому відмічено стале зниження частки погодних умов (фактор А) поступово у ході досягнення фенологічної фази досягання. Таким чином, застосовані чинники оптимізації живлення рослин сочевиці виступають по своїй суті фізіологічними коректорами стресостійкості рослин забезпечуючи формування більш розвиненої лінійної архітекτονіки рослин за підвищення адаптивного потенціалу рослини і зниження рівня залежності вказаних процесів від умов довкілля.

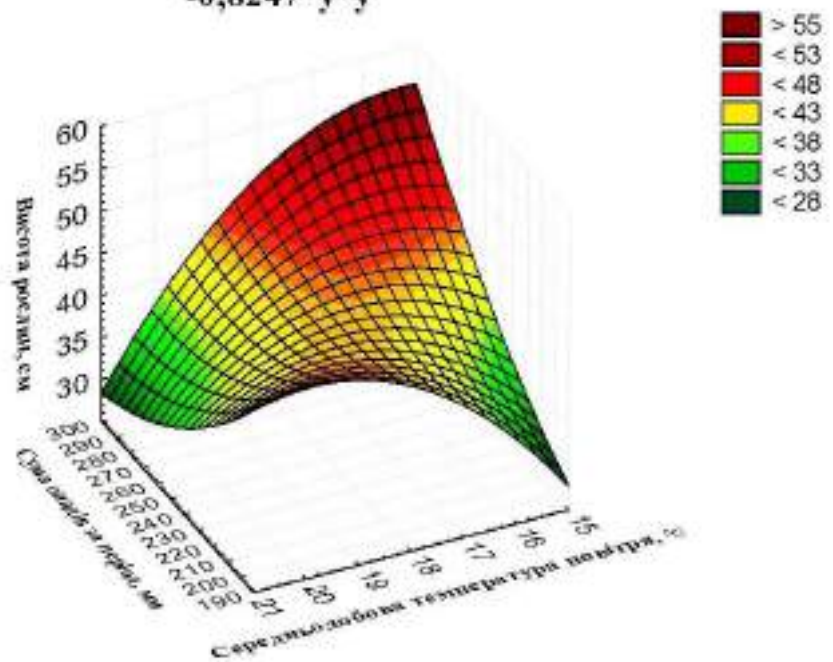
Подібні висновки зроблені в аналогічних дослідженнях як безпосередньо на сочевиці, так і на інших зернобобових культурах [81, 92, 140, 149, 173, 301, 302]. Встановлена істотна залежність, особливо у міжфазний період сходи-бутонізація висоти стебла від погодних умов у період вегетації дозволила нам провести регресійний аналіз залежності цього показника від базових показників гідротермічного режиму за період вегетації культури (рис. 3.13, табл. 3.8).



Зміст факторів: А – умови року вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення.

Рисунок 3.12 – Частка факторів (%) у формуванні висоти рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр. (відповідно позиції: а – на фазу сходів; б – на фазу стеблуння; в – на фазу бутонізації; г – цвітіння; д – формування бобів, е – досягання)

$$\text{Висота рослин (см)} = -465,6875 + 0,7903 \cdot x + 45,9625 \cdot y + 0,001 \cdot x \cdot x - 0,0692 \cdot x \cdot y - 0,8247 \cdot y \cdot y$$



$$\text{Висота рослин (см)} = -515,745 + 45,9699 \cdot x + 175,9021 \cdot y - 1,0003 \cdot x \cdot x - 6,0184 \cdot x \cdot y - 19,3108 \cdot y \cdot y$$

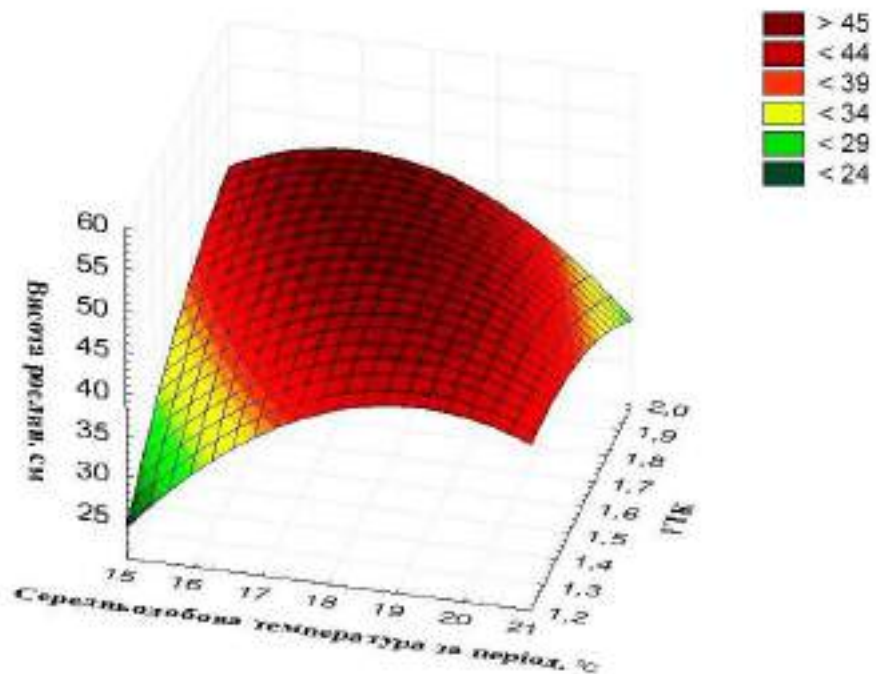


Рисунок 3.13 – Реакційні поверхні залежності висоти рослин сочевиці на фазу досягання бобів залежно від кліматичних чинників за період посів-досягання (у єдиному масиві даних за період 2019–2021 рр.)

Таблиця 3.8

**Залежність висоти рослин сочевиці  
від погодних умов, (в моделі сорт – роки – варіанти (n = 48))**

| Показники                                                   | Середньодобова температура, °C                                                                                                                                                                                                                                                                    | Сума опадів, мм (X <sub>4</sub> ) | Відносна вологість повітря, % (X <sub>1</sub> ) | ГТК (X <sub>3</sub> ) | Коефіцієнт зволоження (X <sub>2</sub> ) |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|
| За період сходи – цвітіння                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |                                                 |                       |                                         |
| Парний коефіцієнт кореляції (r)                             | -0,528**                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,644**                           | 0,632**                                         | 0,709**               | 0,723**                                 |
| За період сходи – досягання                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |                                                 |                       |                                         |
| Парний коефіцієнт кореляції (r)                             | -0,417*                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0,522**                           | 0,572**                                         | 0,592**               | 0,609**                                 |
| Множинна кореляція<br>Висота рослин у фазу цвітіння (Y), см | $Y = -97,612 + 2,529 X_1 - 18,455 X_2 (R_{mn} = 0,893, R^2_{adj} = 0,719, p = 0,0018...0,0063^*)$ $Y = -101,377 + 0,639 X_1 - 20,332 X_3 (R_{mn} = 0,823, R^2_{adj} = 0,637, p = 0,015...0,041^*)$ $Y = -98,781 - 0,480 X_4 - 0,339 X_1 (R_{mn} = 0,797, R^2_{adj} = 0,618, p = 0,004...0,014^*)$ |                                   |                                                 |                       |                                         |

Примітки: 1. \*\* – достовірно на 1 % рівні значущості; 2.  $R_{mn}$  – коефіцієнт множинної кореляції,  $R^2_{adj}$  – скоректований коефіцієнт детермінації, \* – інтервал p-level для коефіцієнтів рівняння.

На підставі отриманих даних можна стверджувати що оптимізації ростових процесів на фоні визначених варіантів застосування інокуляції та мікродобрив сприяє відповідний температурний режим та зволоження, а сама залежність з огляду на застосовані засоби хімізації має тенденцію до зниження. На це вказують кореляційні залежності за міжфазні періоди сходи-цвітіння та сходи-досягання. Так, обернений характер залежності висоти стебла за значенням парного коефіцієнту кореляції на 26,6 % нижчий у співставлені відмічених періодів. Прямий характер залежності між сумою опадів на 23,4 % нижчий. Аналогічні значення прямих залежностей за показниками ГТК та коефіцієнту зволоження на 19,8 та 18,7 % є нижчими за цілий проміжок вегетації, ніж за період від сходів до цвітіння. Таким чином, інокуляція і система позакоренових підживлень підвищує прогнозованість та керованість агроценозу сочевиці у напрямку оптимізації ростових процесів та



підвищення рівня продуктивності рослин. Це позитивно гармонізує з результатами представленими на рисунку 3.12 та підтверджується коефіцієнтами у рівнянні множинної кореляції залежності висоти рослин від базових гідротермічних показників на фазу цвітіння, що відповідає максимальному впливу погодних умов у вираженості значень залежностей за період сходи-цвітіння).

На підставі визначених регресій та з оцінки їх реакційної поверхні (рис. 3.13) потенційно максимальна висота рослин сочевиці за збереження динаміки показників у системі головних чинників досліду (інокуляція, обробка насіння, підживлення) буде відмічена у варіанті застосування інокуляції, передпосівного обробітку насіння мікродобривом Оракул насіння та двохразового застосування мікродобрив у підживлення в комбінації Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові за таких режимів погодних умов за період посів-достигання: середньодобова температура в інтервалі 16–19 °С, сума опадів 250-290 мм при мінімальному значенні ГТК на рівні від 1,4.

Важливим для зернобобових культур, в оцінці їх придатності до механізованого збирання, є визначення такого параметру як висота прикріплення нижнього бобу [291]. Для сочевиці ця ознака є також важливою, оскільки забезпечує формування рослин з компактним розміщенням плодоеlementів, що гарантує як зниження втрат при збирання врожаю, так і запобігає розвитку хвороб боба у процесі достигання насіння за рахунок більш високого положення бобу по відношенню до потенційно небезпечних для інфікування та розвитку хвороб нижніх ярусів стеблестою культури [290]. При цьому вказується [81, 219, 303, 304], що ознака «висота прикріплення нижнього бобу» залежить від двох складових. По-перше, від довжини рослини до нижнього плодоносного бобу, що, в свою чергу, тісно пов'язана з довжиною всього стебла. По-друге, від форми куща: чим компактніший кущ, тим вище знаходяться боби над поверхнею ґрунту. Тому

потрібно надавати перевагу зразкам із компактною або стоячою формою куща. Аналіз формування цієї ознаки у розрізі варіантів досліду засвідчив позитивний вплив на його зростання за послідовного збільшення заходів оптимізації живлення рослин сочевиці (табл. 3.9, додаток И.1). Так мінімальна висота прикріплення нижнього бобу 26,6 см, що відповідає інтервалу значень цієї ознаки й властива сорту сочевиці Лінза [109, 110], відмічено у варіанті абсолютного контролю за повної відсутності застосування інокуляції та мікродобрив. Застосування позакореневих підживлень як за одинарного внесення, так і за комбінованого внесення на фоні без інокуляції та обробки насіння забезпечило зростання показника відповідно на 2,3 см та 1,1 см у середньому за період досліджень. При цьому встановлено, що застосування мікродобрива Ярило активний старт PRO у фазу початку стеблуння забезпечує істотно вище його значення як у даному варіанті, так і в інших варіантах досліду. Максимальне ж значення у варіанті без інокуляції та обробки насіння мікродобривом встановлено у варіанті комбінованого застосування мікродобрив у підживлення. Тобто спостерігається синергічна роль позакореневих підживлень у варіанті подвійного їх застосування. Інокуляція позитивно вплинула на величину ознаки підсиливши загальні прирости від мікродобрив у середньому на 8,3 %, а обробка насіння мікродобривом – на 3,9 % відповідно у співставленні до варіанту без їх застосування. Максимальна висота розміщення нижнього бобу, у логічному підсумку, на рівні 34,5 см (приріст до вже згаданого контрольного варіанту 29,7 %) облікована на варіанті поєднання інокуляції, обробки насіння мікродобривом Оракул насіння та застосування двох мікродобрив у позакореневе підживлення в єдиному технологічному циклі. При цьому вищі прирости за рахунок застосування мікродобрива Ярило активний старт PRO за істотно ранішого фенологічного розвитку рослин пояснюється на нашу думку морфогенезом самого стебла у сочевиці.

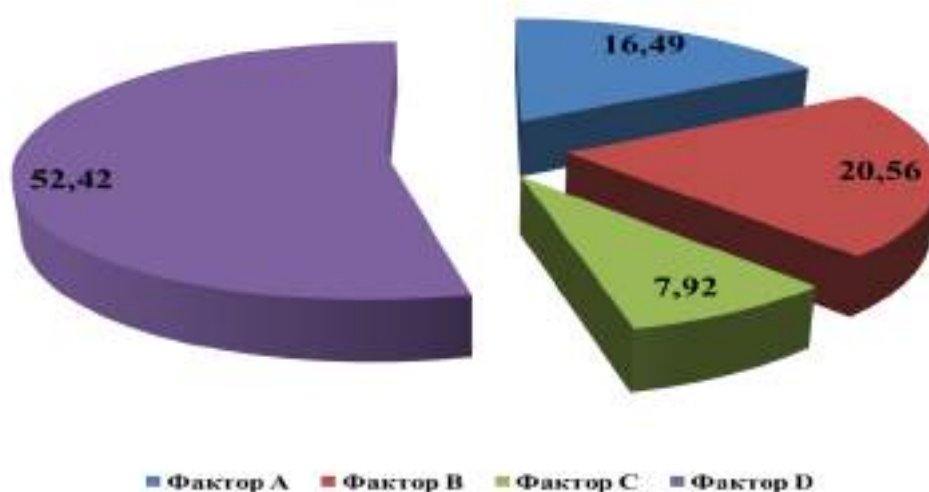
Таблиця 3.9

**Технологічні параметри стебла сочевиці залежно від комбінованого  
поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, см  
(середнє за 2019–2021 рр.) (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Іноку-<br>ляція<br>(чинник<br>В)   | Обробка<br>насіння<br>(чинник<br>С) | Позакореневе підживлення<br>(чинник D)                 | Висота<br>прикріплення<br>нижніх бобів,<br>см | Кількість<br>галужень<br>стебла,<br>шт./роsl |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Без<br>інокуляції                  | Контроль<br>(без<br>обробки)        | Без підживлення                                        | 26,6                                          | 4,02                                         |
|                                    |                                     | Ярило активний старт PRO                               | 28,9                                          | 4,06                                         |
|                                    |                                     | Авангард Комплекс Бобові                               | 27,7                                          | 4,10                                         |
|                                    |                                     | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 30,8                                          | 4,13                                         |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)        | Без підживлення                                        | 27,2                                          | 4,04                                         |
|                                    |                                     | Ярило активний старт PRO                               | 29,5                                          | 4,10                                         |
|                                    |                                     | Авангард Комплекс Бобові                               | 28,4                                          | 4,14                                         |
|                                    |                                     | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 31,7                                          | 4,16                                         |
| Інокуляція<br>Андеріс-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)        | Без підживлення                                        | 28,4                                          | 4,10                                         |
|                                    |                                     | Ярило активний старт PRO                               | 30,3                                          | 4,14                                         |
|                                    |                                     | Авангард Комплекс Бобові                               | 28,7                                          | 4,16                                         |
|                                    |                                     | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 32,8                                          | 4,20                                         |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)        | Без підживлення                                        | 29,5                                          | 4,12                                         |
|                                    |                                     | Ярило активний старт PRO                               | 32,4                                          | 4,16                                         |
|                                    |                                     | Авангард Комплекс Бобові                               | 31,1                                          | 4,20                                         |
|                                    |                                     | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 34,5                                          | 4,24                                         |
| HIP <sub>05</sub> , см (шт.)       |                                     |                                                        |                                               |                                              |
| A                                  |                                     |                                                        | 0,34                                          | 0,023                                        |
| B                                  |                                     |                                                        | 0,28                                          | 0,019                                        |
| C                                  |                                     |                                                        | 0,28                                          | 0,019                                        |
| D                                  |                                     |                                                        | 0,39                                          | 0,026                                        |
| AB                                 |                                     |                                                        | 0,48                                          | 0,032                                        |
| AC                                 |                                     |                                                        | 0,48                                          | 0,032                                        |
| AD                                 |                                     |                                                        | 0,68                                          | 0,046                                        |
| BC                                 |                                     |                                                        | 0,39                                          | 0,026                                        |
| BD                                 |                                     |                                                        | 0,56                                          | 0,037                                        |
| CD                                 |                                     |                                                        | 0,56                                          | 0,037                                        |
| ABC                                |                                     |                                                        | 0,68                                          | 0,046                                        |
| ABD                                |                                     |                                                        | 0,96                                          | 0,065                                        |
| ACD                                |                                     |                                                        | 0,96                                          | 0,065                                        |
| BCD                                |                                     |                                                        | 0,79                                          | 0,053                                        |
| ABCD                               |                                     |                                                        | 1,36                                          | 0,091                                        |

Чинник A – річні умови вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

Так, за низкою досліджень [8, 97, 290] детермінація закладення плодоеlementів у сочевиці визначається співвідношенням між початковими темпами росту стеблової частини та паралельним процесом диференціації майбутніх плодоеlementів. При стимулюванні першого процесу на ранніх фазах вегетації у сочевиці формування плодоеlementів відбувається на децю вищих ярусах, ніж у варіанті сповільнених темпів росту стеблової частини на цьому етапі органогенезу. Враховуючи значення висоти стебла для фаз стеблуння і бутонізації за різних варіантів застосування позакоренових підживлень (табл. 3.7) слід відмітити підтвердження цьому твердженню у наших дослідженнях, оскільки у варіантів застосування Ярило активний старт PRO висота стебла на 1,6-3,2 см залежно від варіанту на початкові фази була вищою, ніж у варіанті застосування Авангард Комплекс Бобові. З цієї ж позиції можна пояснити і послідовний комплементарний механізм дії двох позакоренових підживлень, які забезпечують як початкові вищі рівні закладення майбутніх плодоеlementів, так і більш істотне стимулювання лінійного росту, що у підсумку забезпечує вище положення нижнього бобу. Таким чином, з позиції оптимізації технологічності агроценозу сочевиці, варіант подвійного позакоренового підживлення формує рослини бажаного морфотипу. Це ж підтверджується і підсумковими результатами дисперсійного аналізу (рис. 3.14) де головними факторами, які визначали величину цієї ознаки у факторній системі досліду були застосування позакоренових підживлень із визначеною часткою впливу на рівні 52,42 % та застосування інокуляції – із часткою впливу 20,56 %. Певний диспаритет між величиною вказаних факторів на нашу думку пояснюється часом прояву позитивного ефекту від застосування інокуляції та її післядії у формі посиленого азотного живлення за рахунок симбіотичної азотфіксації, що забезпечило вищий рівень ростових процесів правда із віддаленим ефектом порівняно із безпосереднім застосуванням позакоренових підживлень вже на феностадії 3-5 листка (варіант застосування Ярило активний старт PRO).



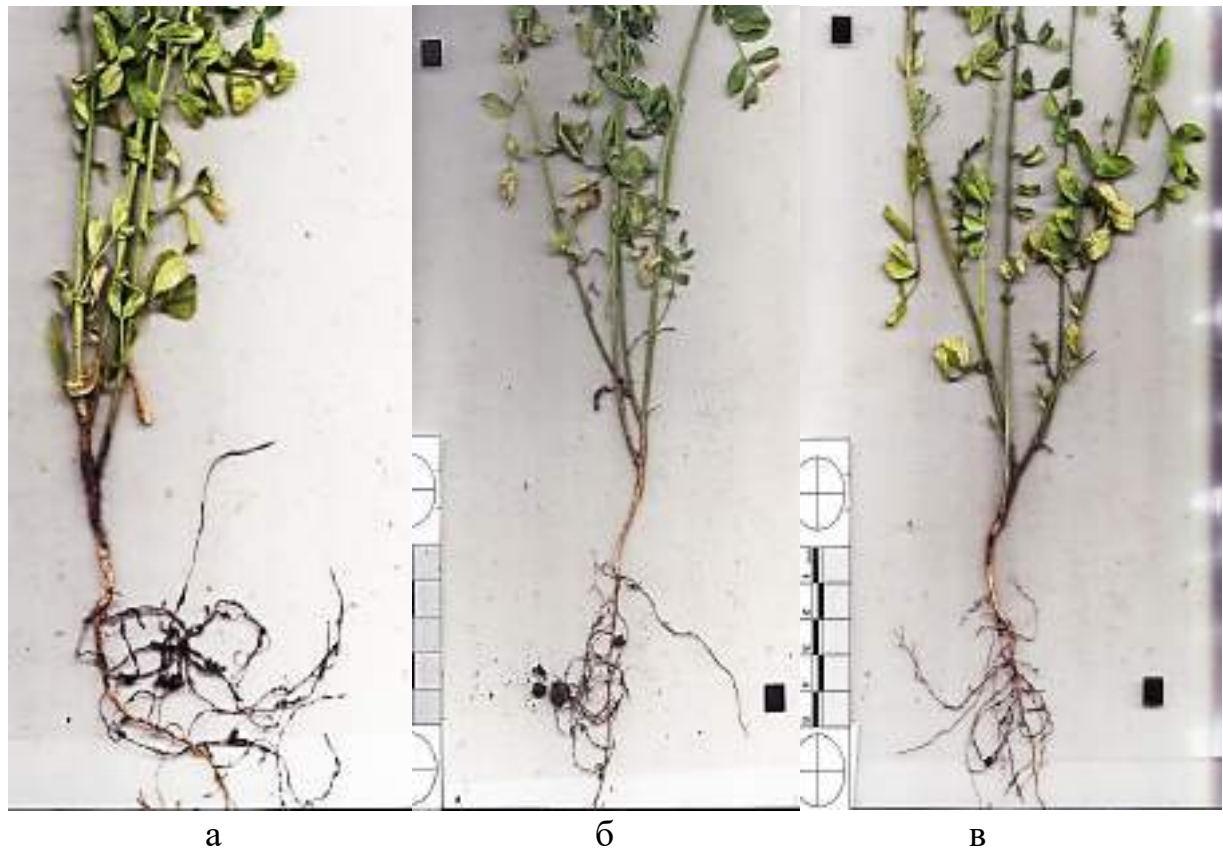
*Зміст факторів: А – умови року вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення.*

**Рисунок 3.14 – Частка факторів (%) у формуванні висоти прикріплення нижніх бобів сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр. (на фазу сходів-достигання бобів)**

Встановлено, що рослини сочевиці мають властивість до галуження стебла. Величина галуження є певною сортоспецифічною ознакою і визначається морфотипом куща сочевиці, її видовим еколого-географічним походженням [41, 174, 180, 290]. Повідомляється що галуження стебла сочевиці відбувається ще на ранніх етапах її вегетації і залежить від ряду технологічних чинників технології її вирощування, зокрема таких як норма висіву, ширина міжрядь та система удобрення [85, 112, 122, 151, 290]. При цьому відмічається, що зростання площі живлення рослин за оптимізації їх додаткового мінерального живлення сприяє інтенсивності галуження сочевиці та формування до 4-6 додаткових стебел [71, 77].

Вказані висновки підтверджено і у наших дослідженнях. Відмічено інтенсивний рівень стеблуння сочевиці в усі роки досліджень із формуванням в цілому по досліді 4,13 стебел на рослину. Застосування

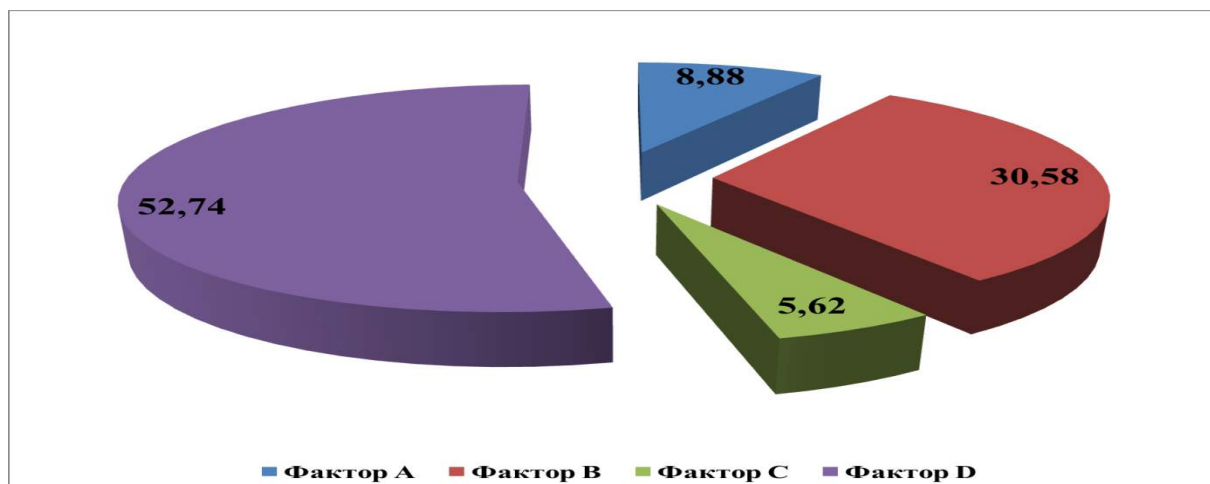
варіантів оптимізації живлення сочевиці позитивно вплинуло на величину ознаки (табл. 3.9, рис. 3.15–3.16).



*Рисунок 3.15 – Характер галуження стебла сочевиці за різних варіантів досліду (варіанти: а – інокуляція без обробки насіння та підживлення); б – інокуляція + підживлення Авангард Комплекс Бобові; в – інокуляція+обробка насіння + комплексне підживлення Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові), 2021 рік.*

У середньому за період досліджень поступове зростання кількості заходів оптимізації живлення сочевиці формувало стійку тенденцію до зростання величини ознаки. При цьому граничний розмах значення кількості стебел у межах 4,02–4,24 вазує на стійку генотипічну детермінацію ознаки, підтверджену зокрема дослідженнями А.И. Помагаєвої [58], И.В. Кондикова [65], В.Н. Гелюха [86]. З іншого боку приріст між контрольним варіантами системи досліду на рівні 5,5 % вказує на можливість посилення ступеня галуження за рахунок застосування системи інокуляції та системи

позакоренових підживлень де у системі факторного впливу частка першого фактора склала 30,58 %, а частка другого 52,74 % відповідно за невисокого значення впливу погодних умов періоду вегетації 8,88 % (що додатково підкреслює генотипічну вираженість ознаки) (рис. 3.16).



*Зміст факторів: А – умови року вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення.*

**Рисунок 3.16 – Частка факторів (%) у формуванні числа галузень стебла сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр. (на фазу сходів досягання бобів).**

Відмічено також комбінуючий ефект зростання кількості стебел за поєднання інокуляції, обробки насіння та двох позакоренових підживлень. Так у співставленні варіантів без інокуляції та з інокуляцією приріст склав 1,65 %, враховуючи загальний приріст на рівні 5,5 % за крайні граничні варіанти схеми дослідів частка приросту за рахунок обробки насіння мікродобривом Оракул насіння та від системи позакоренових підживлень склала, відповідно, 0,93 % та 2,92 %. Слід також зауважити, що інтенсивність морфогенезу стебел, згідно наших оцінок, за оптимізації мінерального живлення є різною з позиції їх облистківності, довжини маси та інших ознак. Це наглядно підтверджує рисунок 3.15 для найбільш стресового 2021 року вегетації. Такий характер впливу забезпечує формування додаткової

вегетативної маси і відповідної архітекτονіки рослин сочевиці, що знайшло своє відображення в оцінці динаміки формування вегетативної маси рослин у розрізі варіантів досліду (табл. 3.10).

Вказується [3, 32, 39], що за характером нагромадження вегетативної маси сочевиця належить до культур із помірною продуктивністю. Основна маса рослини формується у період від цвітіння до початку достигання зерна [48, 54]. Разом із тим сочевиця позитивно реагує збільшенням загальної біомаси на застосування додаткового мінерального живлення як у формі безпосереднього внесення мінеральних добрив, так і застосування різних варіантів позакореневих підживлень [69, 71, 87, 290]. Отримані нами результати підтверджують вказані узагальнення. Динамічно максимальна вегетативна маса рослин сочевиці формується на фенологічну стадію формування бобів із послідуєчим зниженням у період достигання як за рахунок загального зниження вологості листостеблової маси, так і за рахунок відмирання частини асиміляційного апарату. Досліджувані чинники в цілому позитивно впливали на формування вегетативної маси у порівнянні із варіантом за повної відсутності їх застосування. На фазу сходів різниця у масі рослин на одиниці площі мала варіативну складову зумовлену у першу чергу застосуванням мікродобрива Оракул насіння. Так, усереднена різниця приросту за період досліджень до варіанту без застосування такої обробки на неінокульованому фоні склала 2,8 %, а на варіанті на фоні інокуляції – 3,3 %. Це вказує на стимулюючу дію такого варіанту обробки вже на стадії сходів. Дія інокуляції на цій фазі має мінімальний усереднений приріст співставлення двох варіантів з інокуляцією і без на рівні 1,1 %. На нашу думку це пояснюється фізіологічними особливостями продуктивної ініціації інокуляції сочевиці для якої за низкою досліджень [3, 54, 163, 171, 173] відмічено пролонгований характер дії за штучної інокуляції від часу сівби обробленого насіння до початку активної симбіотичної діяльності ризосфери рослин.



Таблиця 3.10

**Динаміка формування вегетативної маси рослин сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів,**

**г/м<sup>2</sup>**

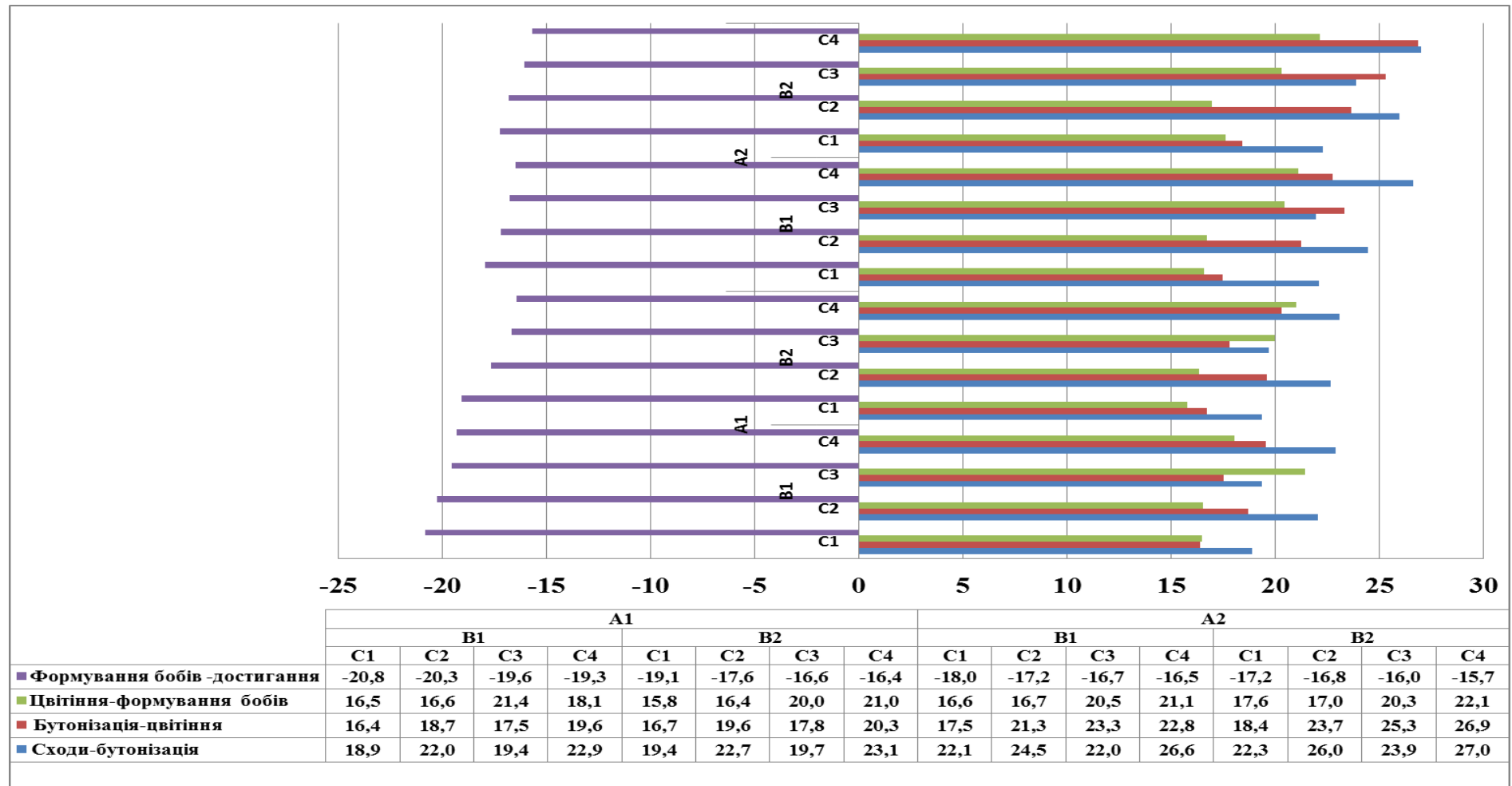
**(середнє за 2019–2021 рр.) (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція<br>(чинник В)             | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Позакореневе підживлення<br>(чинник D)                 | Сходи | Бутонізація | Цвітіння | Форму-<br>вання бобів | Достигання |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------------|----------|-----------------------|------------|
| Без<br>інокуляції                    | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 91,5  | 658,2       | 789,5    | 1037,1                | 621,0      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 94,1  | 755,5       | 905,1    | 1153,4                | 748,3      |
|                                      |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 91,4  | 673,1       | 830,9    | 1173,8                | 763,1      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 93,2  | 782,6       | 958,7    | 1247,9                | 822,8      |
|                                      | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 92,4  | 673,4       | 807,3    | 1044,1                | 663,1      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 94,1  | 774,9       | 931,8    | 1193,7                | 823,1      |
|                                      |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 92,6  | 694,5       | 854,7    | 1174,4                | 808,3      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 92,6  | 808,5       | 991,3    | 1348,9                | 987,3      |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т)  | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 92,4  | 733,6       | 890,8    | 1156,6                | 779,6      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 92,4  | 801,6       | 992,9    | 1260,7                | 883,1      |
|                                      |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 90,7  | 749,7       | 959,7    | 1307,4                | 939,3      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 91,2  | 890,1       | 1117,8   | 1477,2                | 1098,6     |
|                                      | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 91,9  | 738,9       | 904,6    | 1204,3                | 842,8      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 93,2  | 846,8       | 1059,8   | 1348,5                | 979,3      |
|                                      |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 93,3  | 809,8       | 1062,9   | 1428,5                | 1059,4     |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 92,7  | 930,7       | 1199,4   | 1597,8                | 1236,9     |
| HIP <sub>05</sub> , г/м <sup>2</sup> |                                  |                                                        |       |             |          |                       |            |
| A                                    |                                  |                                                        | 0,34  | 4,49        | 8,58     | 11,51                 | 11,55      |
| B                                    |                                  |                                                        | 0,28  | 3,67        | 7,01     | 9,40                  | 9,43       |
| C                                    |                                  |                                                        | 0,28  | 3,67        | 7,01     | 9,40                  | 9,43       |
| D                                    |                                  |                                                        | 0,40  | 5,19        | 9,91     | 13,29                 | 13,33      |
| AB                                   |                                  |                                                        | 0,49  | 6,36        | 12,14    | 16,28                 | 16,33      |
| AC                                   |                                  |                                                        | 0,49  | 6,36        | 12,14    | 16,28                 | 16,33      |
| AD                                   |                                  |                                                        | 0,69  | 8,99        | 17,17    | 23,02                 | 23,09      |
| BC                                   |                                  |                                                        | 0,40  | 5,19        | 9,91     | 13,29                 | 13,33      |
| BD                                   |                                  |                                                        | 0,56  | 7,34        | 14,02    | 18,80                 | 18,85      |
| CD                                   |                                  |                                                        | 0,56  | 7,34        | 14,02    | 18,80                 | 18,85      |
| ABC                                  |                                  |                                                        | 0,69  | 8,99        | 17,17    | 23,02                 | 23,09      |
| ABD                                  |                                  |                                                        | 0,97  | 12,71       | 24,28    | 32,56                 | 32,66      |
| ACD                                  |                                  |                                                        | 0,97  | 12,71       | 24,28    | 32,56                 | 32,66      |
| BCD                                  |                                  |                                                        | 0,79  | 10,38       | 19,82    | 26,58                 | 26,66      |
| ABCD                                 |                                  |                                                        | 1,37  | 17,98       | 34,33    | 46,04                 | 46,18      |

Чинник A – річні умови вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

У послідуєчому до фази бутонізації на всіх варіантах досліду відмічено максимальні прирости вегетативної маси рослин на одиниці площі. Динамічно цей приріст становив (рис. 3.17) у розрізі варіантів від 18,9 до 27,0 г/м<sup>2</sup> на добу. Величина приростів залежала від варіантів поєднання застосування інокуляції та використання мікродобрив. Усереднені прирости на варіантах з інокуляцією були вищими на 15,2 % порівняно з варіантами де цей прийом не застосовувався. Обробка насіння мікродобривом Оракул насіння сприяла підвищенню приростів на 1,2 % на неінокульованому фоні та на 4,3 % на інокульованому у порівнянні з варіантами без такої обробки. Істотні прирости до контролю у варіантах застосування позакореневих підживлень встановлено при поєднанні застосування двох мікродобрив Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові – з приростом за вегетативною масою за даний міжфазний період до варіанту без підживлень 17,7 % на фоні без інокуляції та 21,4 % на фоні із нею. Тобто нами встановлено позитивний ефект взаємодії комбінованого використання позакореневих підживлень. При цьому інокуляція насіння та його обробка мікродобривом забезпечують посилення ростових процесів. Як наслідок на фазу бутонізації максимальна вегетативна маса рослин на 1 м<sup>2</sup> була відмічена у варіанті комплексного використання інокуляції, обробки насіння та проведення двох позакореневих підживлень – у середньому за період досліджень на рівні 930,7 г (приріст 41,4 % до варіанту за повної відсутності заходів оптимізації живлення сочевиці).

Подібні тенденції відмічено і для послідуєчих міжфазних періодів із відповідною зміною інтенсивності ростових процесів. Так, для міжфазного періоду бутонізація-цвітіння загальний інтервал приросту вегетативної маси знаходився в межах від 16,4 до 26,9 г/м<sup>2</sup> на добу із тенденцією зниження інтенсивності на варіантах без застосування інокуляції за меншого зниження показника на варіантах із застосуванням інокуляції. Усереднений приріст показника варіантів без інокуляції за середнього значення 18,3 г/м<sup>2</sup> на добу



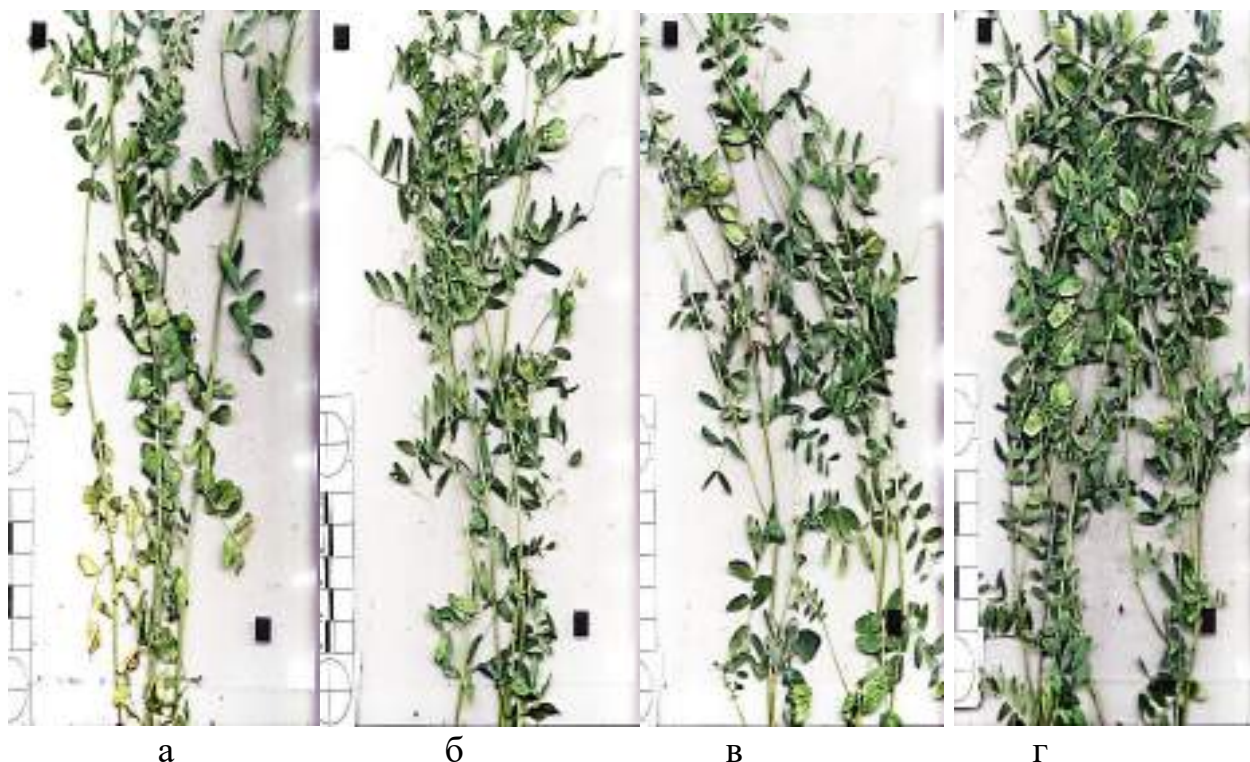
Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

Рисунок 3.17 – Динаміка середньодобових приростів формування вегетативної маси рослин сочевиці залежно від варіантів поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г/м<sup>2</sup> за добу (середнє за 2019–2021 рр.) ( $A_{1-2}$ ,  $B_{1-2}$ ,  $C_{1-4}$  – загальна комбінаторика варіантів дослідів)

до аналогічного на варіантах з інокуляцією ( $22,4 \text{ г/м}^2$  на добу) за період досліджень склав  $22,1 \%$ . Застосування обробки насіння мікродобривом на варіантах з інокуляцією забезпечило вищу інтенсивність ростових процесів за рахунок чого усереднений приріст склав  $23,6 \text{ г/м}^2$  на добу проти  $18,6 \text{ г/м}^2$  на добу за відсутності інокуляції. Варіанти застосування позакореневих підживлень різнились залежно від передпосівної підготовки насіння. У сукупності застосованих варіантів оптимізації живлення сочевиці комбіноване застосування двох мікродобрив у підживлення забезпечило зростання динаміки приросту масу рослин за період бутонізація-цвітіння на рівні  $22,4 \%$ . У варіанті застосування мікродобрива Ярило активний старт PRO цей показник становив  $20,8 \%$ , а у варіанті застосування Авангард Комплекс Бобові –  $21,0 \%$ , відповідно. У варіантах з додатковою обробкою насіння мікродобривом Оракул приріст вегетативної маси склав  $7,4 \%$  у динаміці на це й же міжфазний період.

За міжфазний період цвітіння-формування бобів відмічено зниження інтенсивності ростових процесів на що вказують значення динамічних приростів, які у середньому на  $9,7 \%$  нижчі, ніж для попереднього міжфазного періоду. При цьому за того ж характеру формування показника у межах досліджуваних варіантів різниця між варіантом без інокуляції та застосування інокуляції знизилась до  $4,3 \%$  у співставленні, а різниця між варіантами також порівняння для чинника застосування мікродобрива для обробки насіння склала  $5,3 \%$ . Змінився характер формуючої дії позакореневих підживлень. Застосування Ярило активний старт PRO за цей міжфазний період було менш ефективним із динамікою приросту у середньому по фонових варіантах  $16,7 \text{ г/м}^2$  на добу, а у випадку застосування Авангард Комплекс Бобові –  $20,5 \text{ г/м}^2$  на добу. Тобто пролонгація дії мікродобрива за стадійного раннього внесення послаблювалась за посилення дії мікродобрива застосованого на початку фази бутонізації рослин. Максимальні прирости на цю ж фазу отримано за комбінованого

використання мікродобрив у позакореневе підживлення, що наглядно підтверджується даними рисунка 3.18 для умов 2020 року.



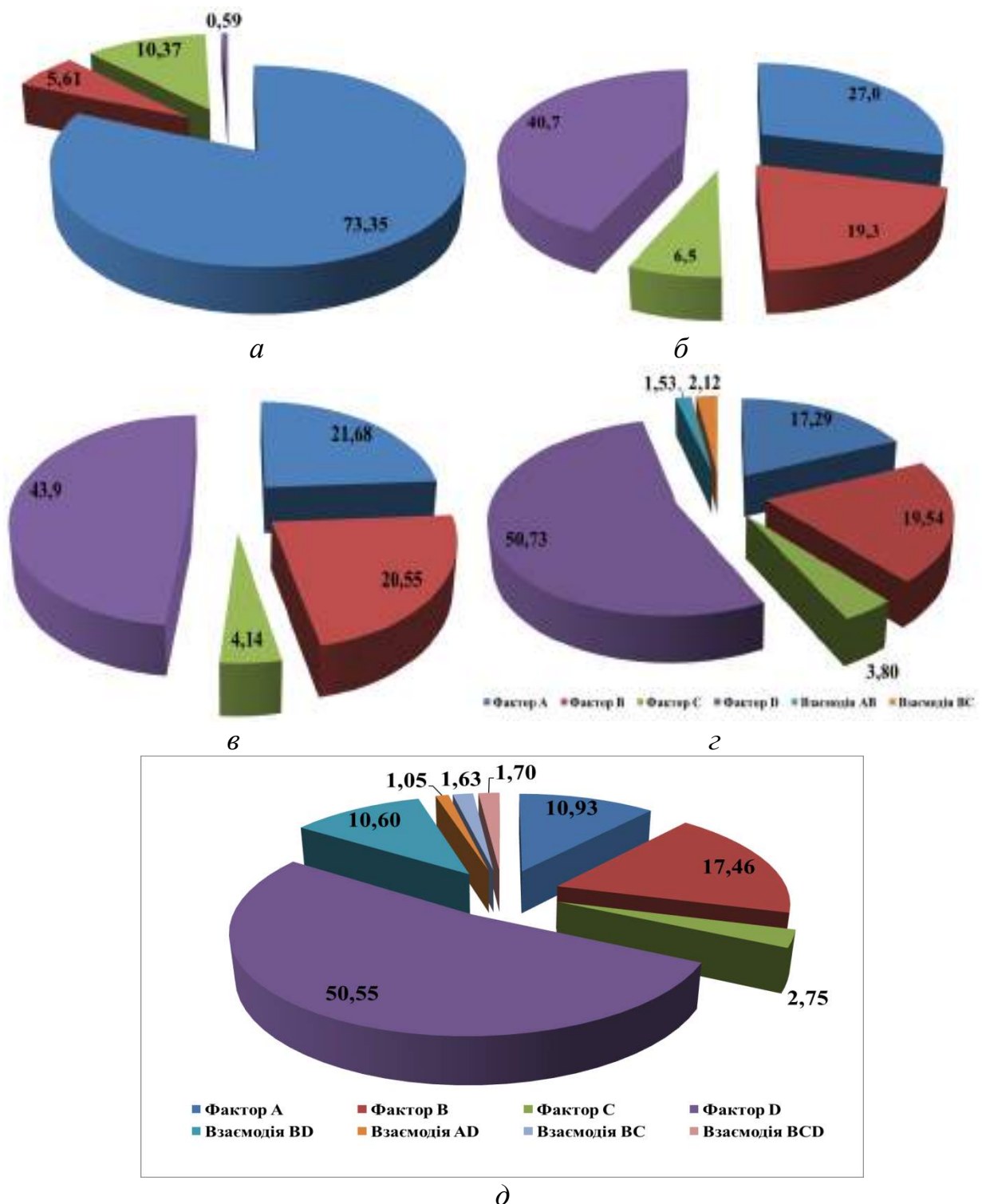
**Рисунок 3.18 – Співставне морфологічне порівняння стану рослин сочевиці на фазу формування бобів (BBCH 69) за різних варіантів удобрення, 2020 рік (для 3 рослин у кожній групі співставлення) (на фоні інокуляції та обробки насіння мікродобривом а – без підживлень; б – підживлення Ярило активний старт PRO; в – підживлення Авангард Комплекс Бобові; г – підживлення Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові)**

У процесі досягання відмічено регрес приростів вегетативної маси рослин інтенсивність якої була максимальною у варіанті без застосування додаткових чинників оптимізації живлення рослин сочевиці, а мінімальне значення за їх повного максимального поєднання. Регрес вегетативної маси пояснюється процесами вологовіддачі листестеблової маси за зниження її вологості та зростання вмісту сухої речовини, інтенсивне зниження облистківності та фізіологічного відмирання частини рослин. При цьому як інокуляція насіння, так і застосування позакореневих підживлень позитивно вплинули на збереженість активного фізіологічного стану та оводненості рослин. Так, на фоні з інокуляцією насіння загальне зниження приросту

склало 16,8 г/м<sup>2</sup> на добу а без застосування інокуляції – 18,7 г/м<sup>2</sup> на добу (різниця 10,5 %). Обробка насіння мікродобривом у середньому скоротила темпи зниження вегетативної маси на 5,8 %, а застосування мікродобрив у підживлення було найбільш ефективним за подвійного їх застосування при зниженні темпів накопичення вегетативної маси на 5,5 % у порівнянні із варіантом застосування мікродобрива Авангард Комплекс Бобові.

Відмічається [54, 71, 81, 124, 290], що вегетативний ріст сочевиці визначається як чинниками застосованої технології, так і комплексом гідротермічного режиму періоду вегетації. Результати дисперсійного аналізу за показниками впливу факторів на значення показника підтвердили ці висновки (рис. 3.19, Додатки К.1–К.5). На підставі такого аналізу встановлено, що частка впливу погодних умов на вегетацію сочевиці у формуванні показника вегетативної маси мала сталу динаміку до зменшення у ході досягання. Так на фазу сходів частка погодних умов у системі багатofакторного дисперсійного аналізу склала 73,35 %, а на фазу досягання 10,93 %. Такий же характер динаміки встановлено для чинника обробки насіння мікродобривом – з 10,37 % на фазу сходів до 2,75 % на фазу досягання. Чинник інокуляції насіння мав відносно сталий характер впливу впродовж феностадій розвитку сочевиці у інтервалі значень від 17,46 до 20,55 % з максимальним значенням на фазу цвітіння. Частка мікродобрив у підживлення була домінуючою у системі чинників і складала 40,7–50,55 % за максимального значення на фазу досягання. Вказаний розподіл факторів у системі варіантів досліду підтверджує наші висновки стосовно особливостей динаміки формування вегетативної маси сочевиці.

Для деталізації характеру взаємодії відповідних параметрів клімату із формуванням вегетативної маси рослин сочевиці застосовано регресійний метод аналізу результати якого відображені на рисунку 3.20. Вказані результати дають нам підстави виділити оптимальні параметри зволоження та температури, які сприяють максимальним ростовим процесам у сочевиці.

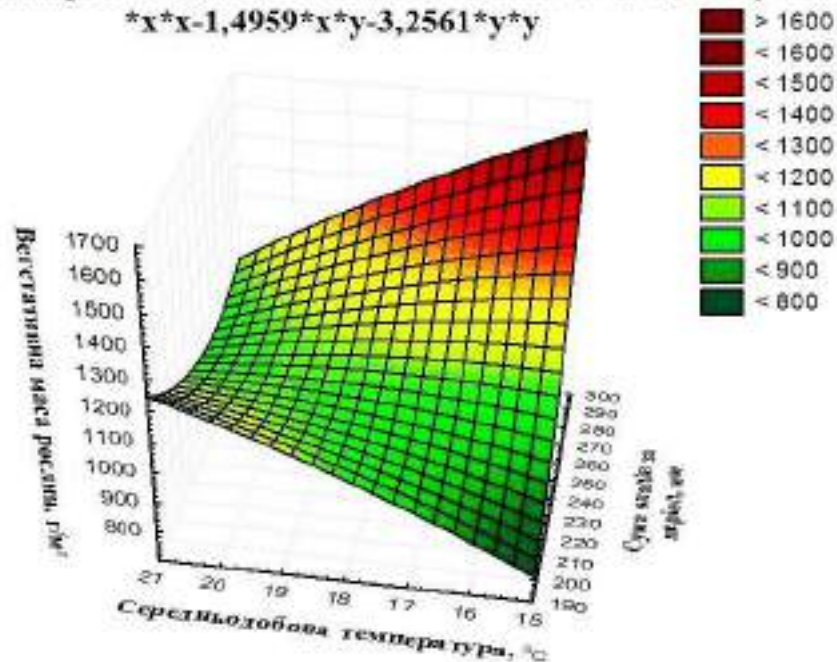


Зміст факторів: А – умови року вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення

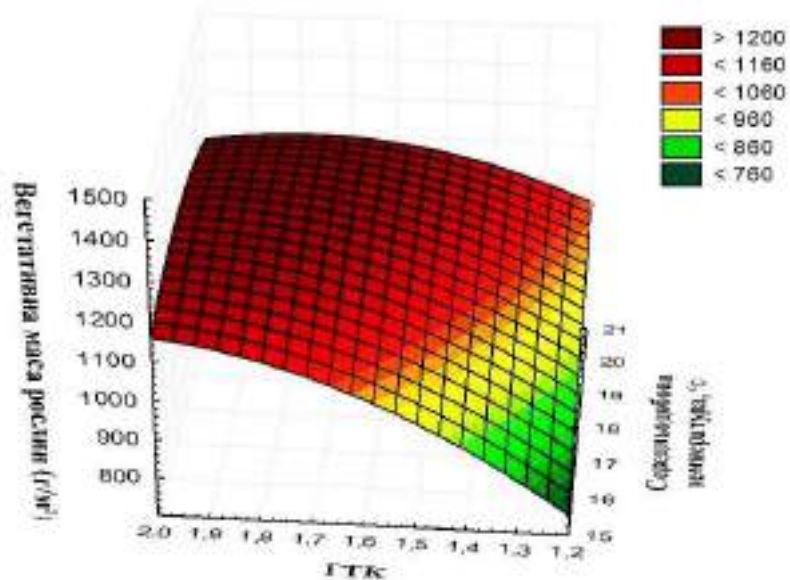
Рисунок 3.19 – Частка факторів (%) у формуванні накопичення вегетативної маси рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживленні, 2019–2021 рр. (відповідно позиції: а – на фазу сходів; б – на фазу бутонізації; в – цвітіння; г – формування бобів, д – досягання)



$$\text{Вегетативна маса рослин (г/м}^2\text{)} = -4623,7034 + 8,8876 \cdot x + 477,8902 \cdot y + 0,0429 \cdot x \cdot x - 1,4959 \cdot x \cdot y - 3,2561 \cdot y \cdot y$$



$$\text{Вегетативна маса рослин (г/м}^2\text{)} = -4744,5765 + 346,479 \cdot x + 2866,6655 \cdot y - 6,3085 \cdot x \cdot x - 58,6318 \cdot x \cdot y - 461,7935 \cdot y \cdot y$$



*Рисунок 3.20* – Реакційні поверхні залежності накопичення вегетативної маси рослин сочевиці на фазу формування бобів залежно від кліматичних чинників за період посів-формування бобів (у єдиному масиві даних за період 2019–2021 рр.)

На підставі встановлених регресійних залежностей у форматі реакційної поверхні формуванню вегетативної маси сочевиці сприяє достатнє



зволоження за помірного діапазону середньодобових температур. Прогнозований екстремум вегетативної маси рослин сочевиці на одиниці площі буде очікуваний за період сходи-формування бобів за суми опадів 250-300 мм при середньодобовій температурі в діапазані 15-18 °С. При цьому кутовий нахил реакційної поверхні у частині 190-220 мм опадів при діапазоні температур 19-21 °С свідчить, з огляду на окремі дослідження [168, 179], про досить високий рівень адаптації сочевиці до посушливих умов та фізіологічну здатність позитивно реагувати на нерівномірне атмосферне зволоження за умови випадання опадів у періоди, які співпадають з критичними для культури по водоспоживанню. Вказані висновки підтверджуються реакційною поверхнею регресійної залежності між вегетативною масою рослин на 1 м<sup>2</sup>, середньодобовою температурою та ГТК за період посів-формування бобів. Параболічний характер градаційної зміни результуючого показника та значна площа максимальної градації вегетативної маси у широкому діапазоні температур та ГТК вказують на вже згадувані адаптаційні властивості рослин сочевиці та можливість отримання високих урожаїв вегетативної маси за меншого атмосферного зволоження з концентрацією його у критичні ростові періоди за широкого діапазону температур. При цьому, позакореневі підживлення та інокуляцію слід розглядати як стрес-коректуючі заходи у технології вирощування сочевиці, які сприяють підвищенню стресостійкості та збереженості достатніх рівнів фотоасиміляції в тому числі і за рахунок пролонгації діяльності асиміляційної поверхні рослин на пізніх феностадіях росту і розвитку рослин сочевиці. Зокрема це чітко прослідковується на рис. 3.18 де на контрольному варіанті без застосування підживлень (позиція а) відмічено зміну забарвлення листків нижніх ярусів, яка ледь помітна на варіанті двохразового підживлення.

Важливим у плані оцінки інтенсивності продуктивної діяльності агроценозу будь-якої культури є дослідження питання нагромадження сухої речовини, яка, враховуючи еталонний перерахунок на варіативність вмісту вологи є бажаним критерієм оцінки ростових процесів [254]. Динаміка формування сухої речовини (табл. 3.11) з огляду на її трансформацію у

перерахунку на відсоток вмісту вологи демонструє подібні особливості та закономірності, що й при оцінці формування вегетативної маси рослин. Звичайно, слід зауважити, що вологість листостеблової маси сочевиці дещо нижча ніж у таких зернобобових культур як горох, соя [137, 191], що забезпечило вищі рівні накопичення сухої речовини вже на ранніх феностадіях її росту та розвитку. Характер накопичення сухої речовини мав також виражений наростаючий характер від фази сходів до фази формування бобів з послідуєчим вже відміченим процесом її зниження з огляду на процеси природнього зниження відсотка живих активних частин рослини.

На фазу формування бобів максимальне накопичення сухої речовини 435,8 г/м<sup>2</sup> (що в 2,1 раза більше, ніж на варіанті їх повної технологічної відсутності) відмічено у варіанті комплексного поєднання інокуляції, обробки насіння мікродобривом та двох позакоренових підживлень. На цю фазу аналіз співвідношення системи варіантів дослідів дозволив визначити такі особливості формування показників у розрізі варіантів дослідів. Співвідношення між варіантом із застосуванням інокуляції та неінокульованого варіанту становило 32,8 % загального приросту показника. Обробка насіння мікродобривом без застосування інокуляції забезпечила додатковий приріст на рівні 10,0 %, а при застосуванні інокуляції – 13,1 %. Загальний ріст показника у варіанті одинарного застосування мікродобрива Ярило активний старт PRO у підживлення склав на фоні без інокуляції 3,7 %, а на фоні з інокуляцією 8,2 %, варіант із застосуванням Авангард Комплекс Бобові, відповідно, 10,8 та 19,9 %. При цьому слід відмітити і поступове зростання істотності відмінностей між варіантами у ході досягнення рослинами стадії досягання (Додатки Л.1–Л.5) та зниження продуктивноформуючої дії за раннього підживлення у варіанті Ярило активний старт PRO та посилення результуючої дії у варіанті Авангард Комплекс Бобові. Вказані висновки підтверджуються результатами динамічного відношення приростів з огляду на тривалість міжфазного періоду (рис. 3.21).

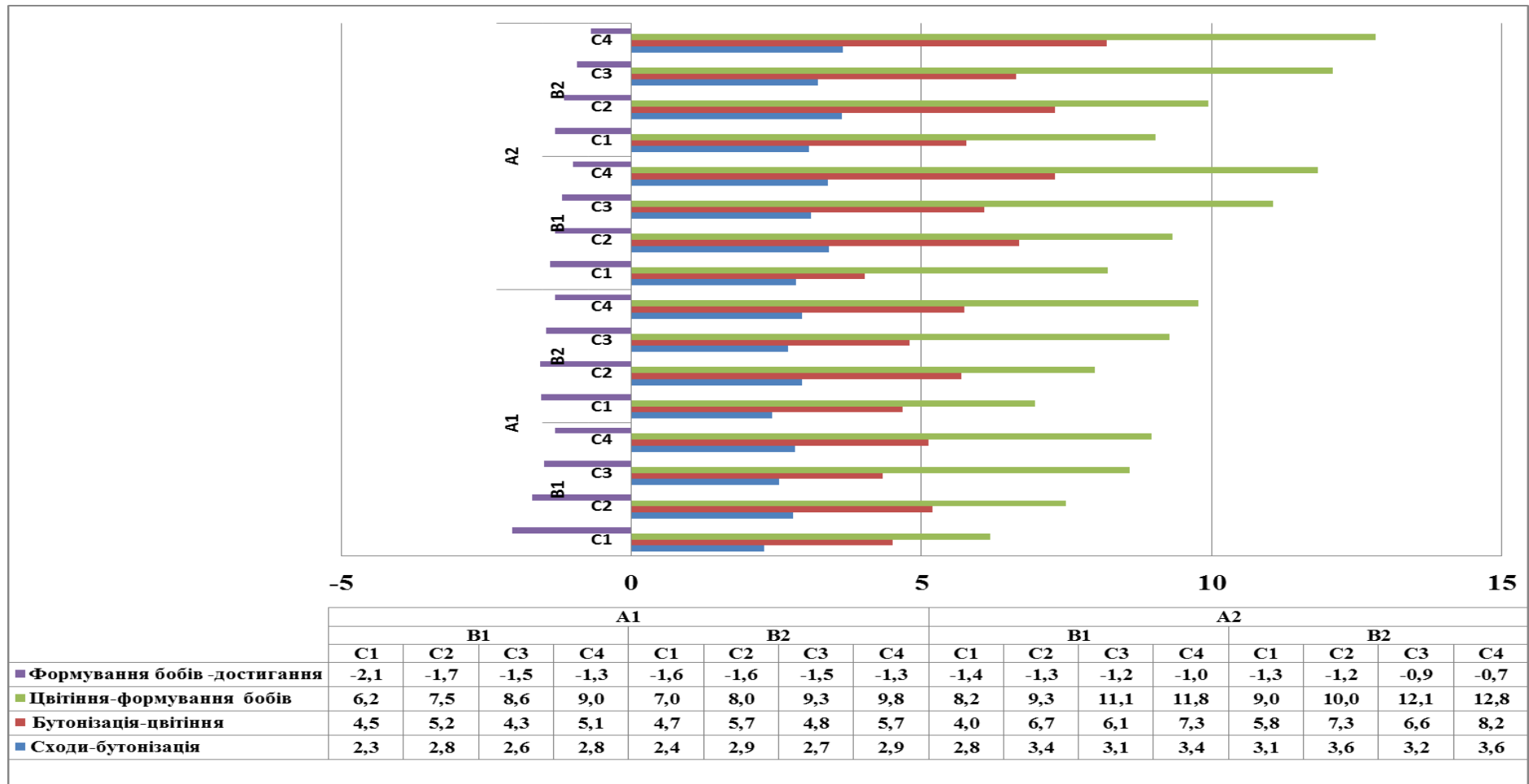
Таблиця 3.11

**Динаміка формування сухої речовини рослин сочевиці залежно від  
комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів,  
г/м<sup>2</sup>**

**(середнє за 2019–2021 рр.) (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція<br>(чинник В)             | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Позакореневе підживлення<br>(чинник D)                 | Сходи | Бутонізація | Цвітіння | Форму-<br>вання бобів | Достигання |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------------|----------|-----------------------|------------|
| Без<br>інокуляції                    | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 10,2  | 76,8        | 112,9    | 205,7                 | 164,7      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 9,9   | 93,5        | 135,1    | 247,6                 | 218,1      |
|                                      |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 9,7   | 86,3        | 125,3    | 262,7                 | 229,7      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 9,9   | 94,7        | 140,8    | 284,3                 | 255,3      |
|                                      | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 9,9   | 82,8        | 120,2    | 224,7                 | 193,7      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 10,1  | 98,4        | 143,9    | 271,7                 | 238,9      |
|                                      |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 9,6   | 93,5        | 136,7    | 285,1                 | 252,7      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 9,7   | 100,8       | 152,5    | 318,8                 | 289,9      |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т)  | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 9,9   | 92,5        | 128,8    | 260,2                 | 230,9      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 9,9   | 108,8       | 168,9    | 318,2                 | 289,5      |
|                                      |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 9,7   | 102,6       | 157,4    | 345,6                 | 316,8      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 10,2  | 111,7       | 184,7    | 385,8                 | 358,6      |
|                                      | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 9,8   | 98,5        | 150,5    | 304,2                 | 276,8      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 9,7   | 114,9       | 180,6    | 349,8                 | 324,3      |
|                                      |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 10,1  | 106,8       | 173,1    | 390,9                 | 369,5      |
|                                      |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 9,7   | 122,8       | 204,8    | 435,8                 | 419,7      |
| HIP <sub>05</sub> , г/м <sup>2</sup> |                                  |                                                        |       |             |          |                       |            |
| A                                    |                                  |                                                        | 0,73  | 5,73        | 2,60     | 2,15                  | 2,07       |
| B                                    |                                  |                                                        | 0,60  | 4,68        | 2,12     | 1,76                  | 1,69       |
| C                                    |                                  |                                                        | 0,60  | 4,68        | 2,12     | 1,76                  | 1,69       |
| D                                    |                                  |                                                        | 0,85  | 6,62        | 3,00     | 2,48                  | 2,39       |
| AB                                   |                                  |                                                        | 1,04  | 8,11        | 3,67     | 3,04                  | 2,93       |
| AC                                   |                                  |                                                        | 1,04  | 8,11        | 3,67     | 3,04                  | 2,93       |
| AD                                   |                                  |                                                        | 1,47  | 11,47       | 5,19     | 4,30                  | 4,14       |
| BC                                   |                                  |                                                        | 0,85  | 6,62        | 3,00     | 2,48                  | 2,39       |
| BD                                   |                                  |                                                        | 1,20  | 9,36        | 4,24     | 3,51                  | 3,38       |
| CD                                   |                                  |                                                        | 1,20  | 9,36        | 4,24     | 3,51                  | 3,38       |
| ABC                                  |                                  |                                                        | 1,47  | 11,47       | 5,19     | 4,30                  | 4,14       |
| ABD                                  |                                  |                                                        | 2,07  | 16,21       | 7,34     | 6,08                  | 5,85       |
| ACD                                  |                                  |                                                        | 2,07  | 16,21       | 7,34     | 6,08                  | 5,85       |
| BCD                                  |                                  |                                                        | 1,69  | 13,24       | 6,00     | 4,97                  | 4,78       |
| ABCD                                 |                                  |                                                        | 2,93  | 22,93       | 10,39    | 8,60                  | 8,28       |

Чинник A – річні умови вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

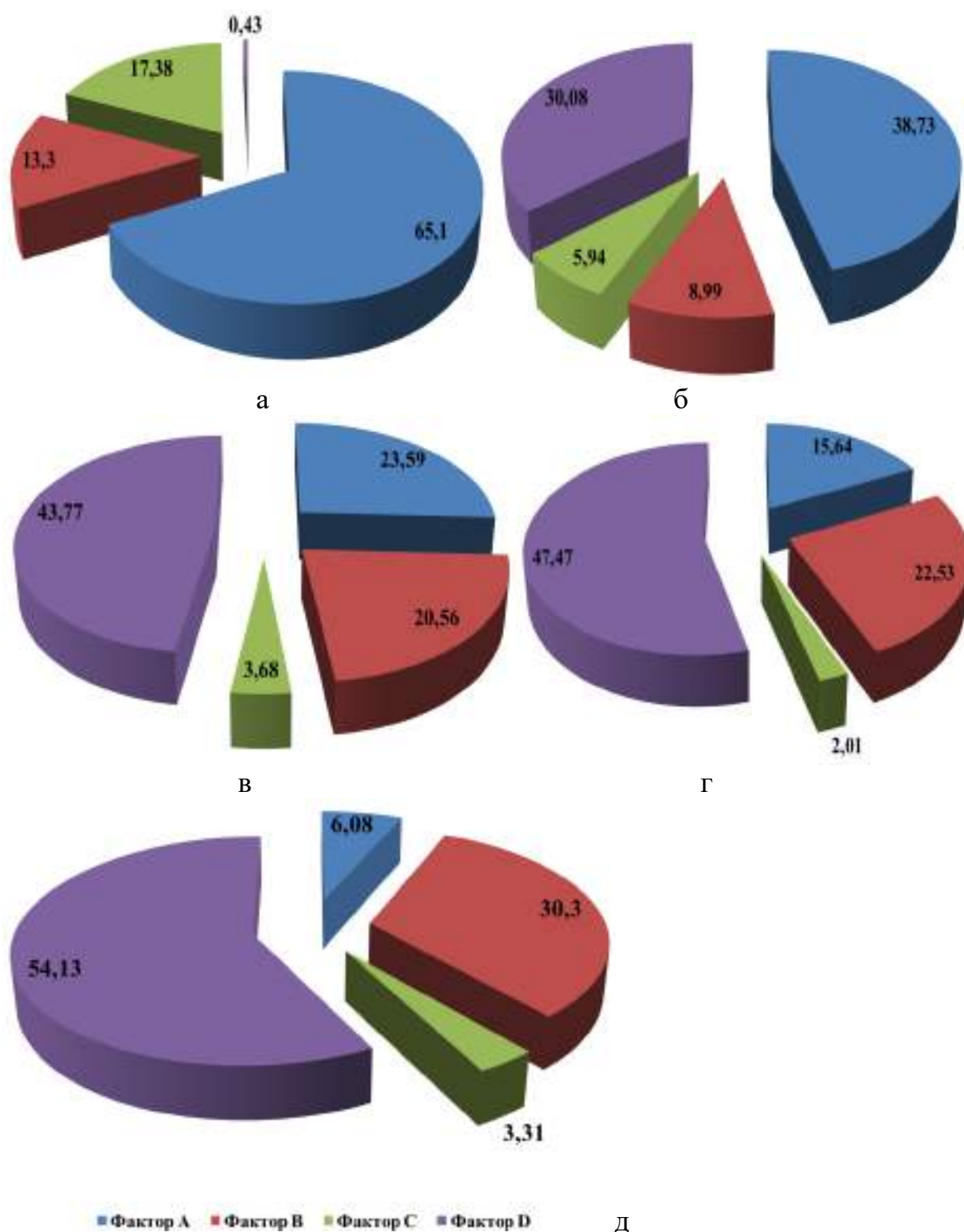


Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

Рисунок 3.21 – Динаміка середньодобових приростів формування сухої речовини сочевиці залежно від варіантів поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г/м<sup>2</sup> за добу (середнє за 2019–2021 рр.) ( $A_{1-2}$ ,  $B_{1-2}$ ,  $C_{1-4}$  – загальна комбінаторика варіантів досліджу)

З огляду на характер формування вмісту води у листостебловій масі сочевиці максимальні прирости накопичення сухої речовини зміщуються на міжфазний період цвітіння-формування бобів на відміну від формування вегетативної маси де максимум аналогічної динаміки припадав на міжфазний період сходи-цвітіння. Це пояснюється високим вмістом води на рівні 85-92 % за цей період, що у переведенні на суху речовину дає істотно менші значення. На міжфазний період цвітіння-формування бобів вміст води істотно знижується до 78-85 %, що у підсумку забезпечує зміщення кількісних показників динамічного співвідношення маса накопичення-тривалість міжфазного періоду. При цьому сам характер приросту сухої речовини аналогічний із даним для динаміки приростів накопичення вегетативної маси, оскільки вони співвідносяться за вмістом води. При цьому слід зауважити, що вміст води у межах варіантів дослідів є меншим у варіантах без застосування підживлень на всіх варіантах фонові обробки насіння як інокулянтом, так і мікродобривом. У підсумку максимальні прирости в інтервалі 3,6–12,8 г/м<sup>2</sup> за добу відмічено у варіанті комбінованого поєднання факторів дослідів, а зниження накопичення сухої речовини у період досягання в силу вже згадуваних процесів пролонгації фізіологічного функціонування асиміляційного апарату та підтримання відповідної фотосинтетичної діяльності було на 8,3–11,7 % нижчим у співставленні до контрольних варіантів без застосування позакорневих підживлень.

Як і у випадку динаміки нагромадження вегетативної маси, так і нагромадження сухої речовини мало виражену річну варіансу, що підтверджується результатами дисперсійної оцінки частки впливу факторів дослідів (рис. 3.22, Додатки Л.1–Л.5), а саме: стале зниження частки погодних умов із 65,1 % на фенологічну фазу сходів до 6,08 на фазу досягання та інтенсивне зростання у ході проходження феностадій вегетації частки впливу чинника позакорневих підживлень від 0,43 % на фазу сходів до 54,13 % на фазу досягання. На відміну від особливостей формування вегетативної маси відмічено сталий динамічний ріст частки фактора інокуляції насіння із 13,3 % на фазу сходів до 30,3 % на фазу досягання.



*Зміст факторів: А – умови року вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення*

**Рисунок 3.22 – Частка факторів (%) у формуванні накопичення сухої речовини рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживленні, 2019–2021 рр. (відповідно позиції: а – на фазу сходів; б – на фазу бутонізації; в – цвітіння; г – формування бобів, д – досягання)**

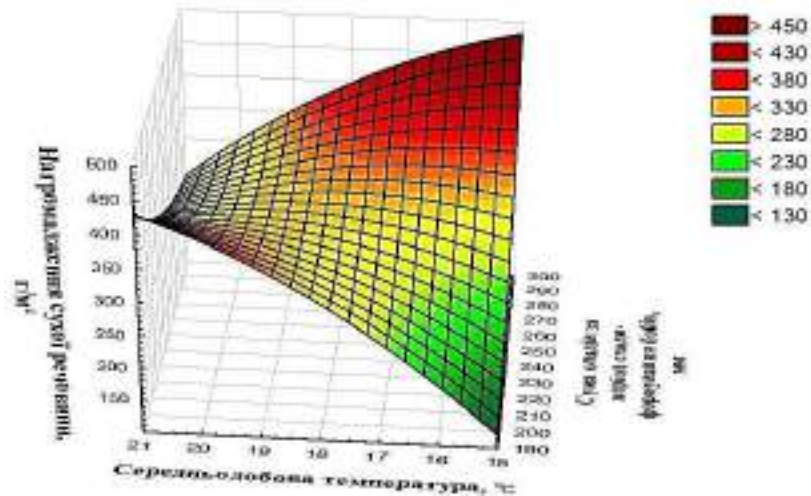
На підставі чого можна зробити висновок що інокуляція за рахунок поліпшення азотного живлення та загальної стимуляції ризосфери рослин у сочевиці є одним із визначальних факторів саме нагромадження сухої речовини сприяючи підвищенню їх потенційній врожайній продуктивності.

Проведений регресійний аналіз підтвердив і щодо нагромадження сухої речовини оптимальні гідротермічні показники вегетації сочевиці за період посів-формування бобів як за показниками середньодобової температури та опадів, так і за їх співвідношенням у виразі ГТК (рис. 3.23). Встановлені і певні особливості таких залежностей за багаторічної системи показників на реакційній поверхні графіка. Так, випуклий характер поверхні з двома мінімумами по діагоналі вказує на підвищенні оводненост тканин рослин сочевиці, зниженні вмісту сухої речовини за зростання ГТК понад 1,7, що на фоні зниження положення графіка за зростання осьового значення середньодобових температур можливе за рахунок інтенсивного зростання кількості опадів. Такі висновки підтверджуються результатами досліджень [146, 151, 175, 197] та співпадають з результатами істотності регресійних рівнянь, які пов'язують вихід сирої маси та сухої речовини з 1 м<sup>2</sup> агроценозу сочевиці на фоні зведеної у загальну систему точок залежності поставлених на вивчення варіантів досліду (табл. 3.12).

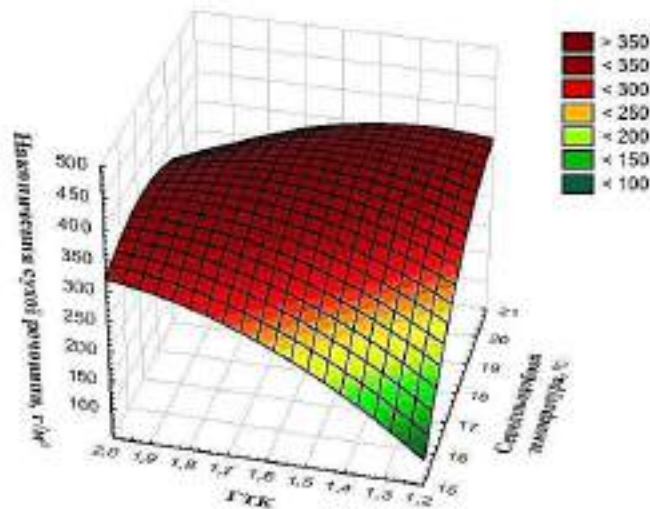
У підсумку можна констатувати, що кліматичні параметри вегетації сочевиці можуть підсилювати, або ж послаблювати ефективність поставлених на вивчення чинників оптимізації її живлення. За нашими даними нагромадження вегетативної маси та сухої речовини для сочевиці у зоні досліджень із істотною та високою мірою достовірності можливе за зниження вологозабезпечення на фоні інтенсивного наростання температур вже при рівневі ГТК менше 1,2, або ж за поєднання кількості опадів у 190-200 мм за період посів-формування бобів на фоні низьких температур 15-16 °С. Тобто, сочевиця краще реагує на поєднання більшої кількості опадів і помірного температурного режиму, або достатнього вологозабезпечення у критичні фази водоспоживання на фоні наростаючих середньодобових

температур. Вказані висновки узгоджуються із даними багаторічного вивчення сочевиці у різних ґрунтово-кліматичних зонах її вирощування [3, 54, 71, 78, 91, 96, 112, 114, 115, 140, 146, 151, 160, 172].

$$\text{Накопичення сухої речовини (г/м}^2\text{)} = -4297,9521 + 10,686 \cdot x + 351,4402 \cdot y + 0,0104 \cdot x \cdot x - 0,8335 \cdot x \cdot y - 3,932 \cdot y \cdot y$$



$$\text{Накопичення сухої речовини (г/м}^2\text{)} = -4858,8302 + 369,2502 \cdot x + 2105,0426 \cdot y - 6,8344 \cdot x \cdot x - 67,1249 \cdot x \cdot y - 254,969 \cdot y \cdot y$$



**Рисунок 3.23 – Реакційні поверхні залежності накопичення сухої речовини рослинами сочевиці на фазу формування бобів залежно від кліматичних чинників за період посів-формування бобів (у єдиному масиві даних за період 2019–2021 рр.)**

Важливим в оцінці накопичення як вегетативної, так і сухої маси на одиниці площі є рівень реалізації індивідуальної продуктивності рослин, оскільки головне завдання варіантів оптимізації живлення узгоджується із



правилом контролю як за загальною продуктивністю площі ценозу, так і за показниками морфогенезу окремих рослин який його формують [261].

Таблиця 3.12

**Регресійні моделі залежності виходу листостеблової маси (т/га) та виходу сухої речовини (т/га) сочевиці від кліматичних чинників на фазу формування бобів (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. ( $n = 48$ ))**

|                                      | Рівняння регресії                                                                                                 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      |                                                                                                                   |
| Вихід сирової маси (Y), т/га         | $Y = 57,111 - 0,230X_1 + 1,743X_2$<br>( $R_{\text{мн}}=0,797, R_{\text{ад}}^2=0,605, p=0,001 \dots 0,028^*$ )     |
|                                      | $Y = -38,281 + 0,635X_3 + 4,285X_2$<br>( $R_{\text{мн}}=0,798, R_{\text{ад}}^2=0,616, p=0,011 \dots 0,021^*$ )    |
|                                      | $Y = -53,287 + 0,979X_3 + 4,438X_4$<br>( $R_{\text{мн}}=0,699, R_{\text{ад}}^2=0,477, p=0,03 \dots 0,042^*$ )     |
|                                      | $Y = -26,004 + 0,648X_3 - 0,284X_5$<br>( $R_{\text{мн}}=0,809, R_{\text{ад}}^2=0,639, p=0,002 \dots 0,006^*$ )    |
|                                      | $Y_1 = -23,464 + 1,418X_5 + 0,0045X_1$<br>( $R_{\text{мн}}=0,882, R_{\text{ад}}^2=0,728, p=0,018 \dots 0,032^*$ ) |
| Вихід сухої речовини ( $Y_1$ ), т/га | $Y_1 = 4,842 - 2,047X_4 + 1,459X_2$ ( $R_{\text{мн}}=0,847, R_{\text{ад}}^2=0,690, p=0,002 \dots 0,005^*$ )       |

Примітки: 1. Значення параметрів за період сходи – формування бобів:  $X_1$  – сума опадів, мм;  $X_2$  – коефіцієнт зволоження;  $X_3$  – середня вологість повітря, %;  $X_4$  – ГТК;  $X_5$  – середньодобова температура повітря, °C; 2.  $R_{\text{мн}}$  – коефіцієнт множинної кореляції,  $R_{\text{ад}}^2$  – скоректований коефіцієнт детермінації, \* – інтервал p-level для коефіцієнтів рівняння.

Вказані вище висновки також узгоджуються зі значенням коефіцієнта віталітету агрофітоценозу (IVC в міжнародній класифікації), запропонованого як ефективний і результативний показник Ю.А. Злобіним [261] при вивченні різних за щільністю ценозів. Він враховує рівень депресії кожної рослини та показує співвідношення між середнім значенням ознаки в конкретному варіанті до середнього значення для всіх варіантів досліджень. Для розрахунку загального IVC використовувалась система показників: висота рослин (см), індивідуальна вага рослин (г), діаметр стебла (мм), висота прикріплення нижнього бобу (см), число галузень (шт.), облистківність рослин (%), площа листків (тис. м<sup>2</sup>/га) тощо (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

**Індекс віталітету (IVC\*) рослин сочевиці залежно від комбінованого  
поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, см  
(середнє за 2019–2021 рр.) (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція<br>(чинник В)            | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Позакореневе<br>підживлення (чинник D)                    | Бутонізація      | Цвітіння         | Форму-<br>вання бобів | Достигання       |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| Без<br>інокуляції                   | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 0,708 ±<br>0,087 | 0,673 ±<br>0,112 | 0,612 ±<br>0,142      | 0,568 ±<br>0,155 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт<br>PRO                               | 0,854 ±<br>0,104 | 0,794 ±<br>0,132 | 0,711 ±<br>0,165      | 0,639 ±<br>0,187 |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс<br>Бобові                               | 0,807 ±<br>0,117 | 0,719 ±<br>0,119 | 0,756 ±<br>0,155      | 0,715 ±<br>0,161 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт<br>PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 0,867 ±<br>0,117 | 0,846 ±<br>0,130 | 0,832 ±<br>0,159      | 0,791 ±<br>0,174 |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 0,732 ±<br>0,101 | 0,691 ±<br>0,115 | 0,677 ±<br>0,149      | 0,623 ±<br>0,151 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт<br>PRO                               | 0,877 ±<br>0,112 | 0,899 ±<br>0,129 | 0,919 ±<br>0,153      | 0,879 ±<br>0,161 |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс<br>Бобові                               | 0,811 ±<br>0,103 | 0,721 ±<br>0,121 | 0,784 ±<br>0,159      | 0,818 ±<br>0,157 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт<br>PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 0,911 ±<br>0,112 | 0,941 ±<br>0,141 | 0,955 ±<br>0,154      | 0,971 ±<br>0,165 |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 0,819 ±<br>0,109 | 0,741 ±<br>0,119 | 0,691 ±<br>0,108      | 0,622 ±<br>0,121 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт<br>PRO                               | 0,918 ±<br>0,108 | 0,843 ±<br>0,129 | 0,854 ±<br>0,129      | 0,861 ±<br>0,147 |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс<br>Бобові                               | 0,836 ±<br>0,112 | 0,847 ±<br>0,134 | 0,858 ±<br>0,147      | 0,879 ±<br>0,117 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт<br>PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 0,904 ±<br>0,151 | 0,925 ±<br>0,131 | 0,959 ±<br>0,119      | 0,976 ±<br>0,124 |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 0,902 ±<br>0,141 | 0,825 ±<br>0,121 | 0,758 ±<br>0,129      | 0,704 ±<br>0,119 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт<br>PRO                               | 1,039 ±<br>0,115 | 1,069 ±<br>0,141 | 1,093 ±<br>0,133      | 1,107 ±<br>0,141 |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс<br>Бобові                               | 0,926 ±<br>0,124 | 0,941 ±<br>0,109 | 1,109 ±<br>0,123      | 1,119 ±<br>0,128 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт<br>PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 1,157 ±<br>0,127 | 1,208 ±<br>0,111 | 1,250 ±<br>0,125      | 1,277 ±<br>0,138 |

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

\* – на фенологічну фазу формування бобів (BBCH 69-70)

Розрахований коефіцієнт IVC дає можливість визначити сприятливість того чи іншого варіанту досліду з позиції забезпечення можливостей до реалізації віталітетної тактики самих рослин у формуванні продуктивної архітекτονіки. Враховуючи, що система досліджень у нашому випадку передбачала формування агроценозу із рівною вихідною щільністю розміщення рослин, даний коефіцієнт у нашому випадку характеризує оптимізацію ростових процесів лінійного та радіального характеру. Представлені результати дають нам підстави стверджувати, що оптимальні ростові процеси забезпечує варіант комбінованого поєднання інокуляції, обробки насіння мікродобривом та двох позакоренових підживлень з показником IVC в інтервалі 1,157–1,277. При цьому у варіантах без інокуляції підвищення IVC відмічалось до фенофази досягання лише у варіантах застосування Авангард Комплекс Бобові або ж варіанту Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові. На фоні застосування інокуляції – у всіх варіантах де було застосовано позакоренові підживлення. Тобто, інтенсивність загального морфогенезу рослин буде максимальною у варіанті системного поєднання всіх чинників поставлених на вивчення у застосуванні до вихідного агроценозу сочевиці. Ці висновки мають наглядне підтвердження на основі співставного порівняння габітусів рослин із різних варіантів (рис. 3.24) для умов 2021 року вегетації.

Разом з тим, відмічається, що важливим аспектом управління продукційним процесом сочевиці є забезпечення оптимальної густоти стояння на одиниці площі, а також використання таких агротехнологічних прийомів, які знижують ризик вилягання посівів до якого сочевиця має певну схильність [3, 54, 197, 200, 290]. Розуміючи, що процес додаткового живлення як за використання мінеральних добрив, так і за використання мікродобрив у підживлення, посилюючи ростові процеси підвищує ризики стеблового вилягання у зернобобових культур [202], нами була проведена оцінка ступеня стеблового вилягання рослин у варіантах досліду відповідно до 9 бальної шкали (табл. 3.14).



**Рисунок 3.24 – Загальний морфологічний габітус рослин сочевиці на фазу формування бобів залежно від застосованих варіантів досліджень, 2021 рік (на фоні застосування інокуляції (Андеріз-р) та обробки насіння мікродобривом (Оракул насіння): а – без підживлень; б – підживлення Авангард Комплекс Бобові; в – підживлення Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові)**

При цьому, стійкість сорту до вилягання визначають за відношенням середньої фактичної висоти рослин до середньої довжини рослин у відсотках і виражають у балах: 9 – 100%; 7 – 70%; 5 – 50%, 3 – 30%; 1 – 20% [247]. Роки досліджень продемонстрували різні значення стійкості рослин до вилягання. Так, найвища стійкість у середньому по варіантах досліду відмічена для умов 2021 року вегетації 8,5 бала, а мінімальна для умов 2019 року вегетації 7,6 бала. Такі результати пояснюються різними значеннями сформованої вегетативної маси та інтенсивності ростових процесів, які зумовлені як факторами досліду, так і відповідними погодними умовами.

За цих умов у межах досліджуваних варіантів досліду найвища стійкість до вилягання облікована у варіантах без застосування позакоренових підживлень на всіх додаткових фонах, які включали інокуляцію та обробку насіння мікродобривом.

Таблиця 3.14

**Стійкість до вилягання сочевиці залежно від застосованих варіантів  
удобрення (бал), 2019–2021 рр.**

| Інокуляція<br>(чинник А)           | Обробка<br>насіння<br>(чинник В) | Позакореневе підживлення<br>(чинник С)                    | Роки |      |      | Середнє |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|------|------|------|---------|
|                                    |                                  |                                                           | 2019 | 2020 | 2021 |         |
| Без<br>інокуляції                  | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 8    | 9    | 9    | 8,7     |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 8    | 9    | 9    | 8,7     |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 8    | 8    | 9    | 8,3     |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 8    | 8    | 9    | 8,3     |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 8    | 9    | 9    | 8,7     |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 8    | 9    | 9    | 8,7     |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 8    | 8    | 8    | 8,0     |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 7    | 8    | 8    | 7,7     |
| Інокуляція<br>Андеріс-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 8    | 9    | 9    | 8,7     |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 8    | 8    | 9    | 8,3     |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 7    | 8    | 8    | 7,7     |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 7    | 7    | 7    | 7,3     |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 8    | 9    | 9    | 8,7     |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 7    | 9    | 8    | 8,0     |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 7    | 8    | 8    | 7,7     |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 7    | 7    | 8    | 7,3     |

*Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.*

Застосування інокуляції насіння знижувало середню стійкість рослин до вилягання на 0,5 бала з коливанням від 0,3 до 0,6 за роки досліджень. Застосування обробки насіння мікроелементами знижувало загальну стійкість до вилягання на 0,25 бали. Додаткові позакореневі підживлення у варіанті застосування Ярило активний старт PRO також знижували даний показник на 0,25 бали, а варіант застосування Авангард Комплекс Бобові знижував його на 0,5–0,75 бали та на 0,75–1,4 бали у варіанті застосування



Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові на фоні інокуляції та застосування обробки насіння мікродобривом Оракул насіння. Таким чином, з позиції застосування останнього варіанту доцільним є корегування густоти стояння рослин з можливим пошуком компенсуючого її зниження з огляду на можливе зниження урожайності. Вказані висновки підтверджуються даними рисунка 3.25.



*Рисунок 3.25 – Ознаки стеблового вилягання сочевиці у варіанті повної комбінації застосування інокуляції, обробки насіння та піживлення на фазу початку утворення бобів, 2019 рік (верхня позиція) та у тому ж варіанті на фазу досягання бобів, 2020 рік (нижня позиція)*

### Висновки до розділу 3

На основі узагальнення результатів вивчення ростових процесів сочевиці з огляду на застосовані технологічні рішення з позиції оптимізації її живлення можна зробити наступні висновки:

1. Загальна тривалість вегетаційного періоду сочевиці залежала від погодних умов із рівнем частки детермінації у загальній схемі факторів на рівні 50,19 % і різнилась у розрізі років досліджень на 7 діб при середній тривалості вегетації у досліді 77 діб. Застосування технологічного заходу інокуляції насіння подовжувало загальну тривалість вегетації на 2–4 доби, а позакореневих підживлень на 1–3 доби залежно від року дослідження та варіантів і строків підживлень. При цьому тривалість окремих міжфазних періодів мала різний характер залежності від застосованих варіантів досліду за збереження тих же тенденцій що й для загальної тривалості вегетації.

2. Тривалість міжфазних періодів вегетації сочевиці залежала від погодних умов та мала обернений кореляційний зв'язок із величиною середньодобових температур за рівня детермінації для міжфазного періоду сходи-цвітіння 82,4 %, для міжфазного періоду сходи-утворення бобів 46,8 %, для міжфазного періоду сходи-фізіологічна стиглість 25,5 % (рівень детермінації залежно від міжфазного періоду). Прямі залежності тісного характеру відмічено для суми опадів (детермінація залежно від міжфазного періоду 77,6–87,0 %), відносної вологості повітря (53,0–91,0 %), коефіцієнту зволоження (78,1–88,0 %).

3. Польова схожість насіння за період досліджень була на 1,3 % вища на варіантах із застосуванням інокуляції, а збереженість рослин на період збирання була максимальною у варіанті комплексного застосування інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та застосування двох позакорневих підживлень на рівні 86,9 % що на 5,5 % вище ніж у середньому на варіантах без інокуляції, на 2,2–4,6 % вище, ніж у варіантах за одноразового застосування позакорневих підживлень та на 6,3 % вище, ніж на варіанті без застосування заходів оптимізації живлення сочевиці.

4. Польова схожість насіння сочевиці та збереженість рослин у системі досліджуваних варіантів залежали від погодних умов. Схожість зростала за

зростання середньодобової температури за період сівба-сходи на фоні зростання кількості опадів до рівня 80–120 мм із середньодобовою температурою 13–15 °С при ГТК 1,2–1,5. Збереженість була достовірно вищою за умови середньодобових температур на рівні 17–20 °С за суми опадів за період сходи-достигання на рівні 190-250 мм із рівнем ГТК в інтервалі 1,3–1,5.

5. Найвищі показники висоти стебла за період досліджень було обліковано на фазу достигання у варіанті комплексного застосування інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та застосування двох позакореневих підживлень – на рівні 55,9 см із приростом до контролю 19,8 см (54,8 %). При цьому темпи приросту стебла були максимальними у міжфазний період бутонізація-цвітіння у інтервалі 1,18–1,85 см/добу із максимальним значенням у варіанті комплексного застосування заходів оптимізації живлення сочевиці. У формуванні показника висоти стебла частка впливу умов річної варіанси у вираженні погодних умов у середньому у розрізі облікових феностадій склала 28,5 %, частка інокуляції 26,99 %, частка передпосівної обробки насіння мікроелементами – 8,31 %, частка позакореневих підживлень – 27,9 %. При цьому показник детермінації висоти рослин від середньодобової температури 26,8 % (обернена залежність), середній за сумою опадів, вологістю повітря, коефіцієнтом зволоження 40,0 %.

6. Максимальна висота розміщення нижнього бобу 34,5 см (приріст до контрольного варіанту за повної відсутності застосованих заходів оптимізації живлення 29,7 %) облікована на варіанті поєднання інокуляції, обробки насіння мікродобривом Оракул насіння та застосування двох мікродобрив у позакореневе підживлення в єдиному технологічному циклі. Для цього ж варіанту визначено максимальну кількість стебел на рослину 4,24, що на 5,5 % більше, ніж на аналогічному контролі.

7. Максимальне накопичення вегетативної маси на 1 м<sup>2</sup> у сочевиці у розрізі варіантів досліду досягалось на фенологічну фазу формування бобів і становило 1037,1–1597,8 г/м<sup>2</sup> із максимумом у варіанті комплексного застосування інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та застосування двох позакореневих підживлень із максимальними приростами у середньому за



період сходи-формування бобів на рівні  $25,3 \text{ г/м}^2$  за добу, що на  $8,0 \text{ г/м}^2$  за добу більше ніж на варіанті за повної відсутності застосованих заходів оптимізації живлення. При цьому усереднена частка впливу чинників на формування вегетативної маси рослин у розрізі облікових міжфазних феностадій сочевиці становила: річної варіанси у вираженні погодних умов  $29,1 \%$ , частка інокуляції –  $16,49 \%$ , частка обробки насіння мікроелементами –  $5,51 \%$ , частка підживлення мікродобривами –  $37,3 \%$ .

8. Максимальне накопичення сухої речовини обліковане на фазу формування бобів  $435,8 \text{ г/м}^2$  із максимальним приростом в інтервалі  $3,6\text{--}12,8 \text{ г/м}^2$  за добу відмічено у варіанті комбінованого поєднання факторів досліду, що в  $2,1$  рази більше у співставленні до контролю без їх застосування. Застосування інокуляції у співставленні до того ж контрольного варіанту забезпечило зростання величини показника на  $32,8 \%$ , обробка насіння мікроелементами без застосування інокуляції – приріст на рівні  $10,0 \%$ , а при застосуванні інокуляції –  $13,1 \%$ . Загальний приріст показника у варіанті одинарного застосування мікродобрива Ярило активний старт PRO – на фоні без інокуляції  $3,7 \%$ , а на фоні з інокуляцією  $8,2 \%$ , варіант із застосуванням Авангард Комплекс Бобові, відповідно,  $10,8$  та  $19,9 \%$ . Двохразове застосування підживлень – приріст на  $4,5$  та  $6,3 \%$ , відповідно, вищий.

9. За значенням індексу віталітету (IVC) оптимальні ростові процеси сочевиці відмічено за період досліджень у варіанті комбінованого поєднання інокуляції, обробки насіння мікродобривом та двох позакореневих підживлень з показником IVC в інтервалі  $1,157\text{--}1,277$  залежно від фенофази сочевиці.

10. Стійкість до вилягання рослин сочевиці за період досліджень була максимальною в  $8,7$  бали на варіанті без застосування інокуляції та застосування мікродобрив, що на  $1,4$  бали вище, ніж на варіантах комплексного застосування заходів оптимізації живлення сочевиці, які знижували показник у значеннях: інокуляція до  $0,5$  бали, обробки насіння мікроелементами – на  $0,25$  бала, застосування підживлення на фазу початку стеблування – на  $0,25$  бала, підживлення на фазу початку бутонізації – на  $0,5\text{--}0,75$  бала, а за варіанту подвійного підживлення – на  $0,75\text{--}1,4$  бали.

## РОЗДІЛ 4.

### ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ СОЧЕВИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ

#### **4.1. Динаміка формування площі листкової поверхні залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень**

Фотосинтезуюча діяльність посіву є головною складовою формування його продуктивності. Головне завдання – це конструювання таких посівів, які б максимально ефективно використовували сонячну енергію на нагромадження господарсько цінного врожаю. Цей процес, в свою чергу, має базуватись на вивченні залежностей формування листкової поверхні посіву від технологічних параметрів технологій та абіотичних чинників впродовж онтогенезу [4, 93, 140, 180].

Разом з тим відмічається [108], що основним показником, який найкраще характеризує стан посівів з погляду їх фотосинтетичної діяльності, є площа листків. За А.А. Ничипоровичем [249] між площею листків і швидкістю їх формування було встановлено позитивну залежність. За умов досягнення площі листків до 30–40 тис. м<sup>2</sup> /га частка поглинутої енергії підвищується майже пропорційно; подальше збільшення площі листків призводить до погіршення освітленості середніх і особливо нижніх ярусів, знижуються інтенсивність і чиста продуктивність фотосинтезу. До того ж посилене наростання листків не завжди супроводжується збільшенням загальної фітомаси, а іноді є причиною її зниження. Високі врожаї можна отримати тоді, коли відбувається швидке формування оптимальної площі листків, листків більш тривалий час зберігається в активному стані й віддає створені сполуки на формування продуктивних органів у кінці вегетації [312, 313].

На думку А.А. Ничипоровича [249], для підвищення ефективності посівів слід використовувати усі шляхи оптимізації вирощування культури. Значну роль при цьому відіграють густота і щільність посівів. Важливим є не лише формування площі листків, а й його розташування за висотою. Чим рівніше воно розміщене, тим сприятливіша для формування структура посіву. У цьому

випадку зниження освітленості листків за висотою його розміщення не буде значним і посіви не відчуватимуть світлового голоду, а навпаки, коефіцієнт використання ФАР збільшиться. Саме тому рослини з вузьким листківм, яке розташоване вертикально і рівномірно за висотою, мають високу інтенсивність фотосинтезу. У своїх дослідженнях Г.І. Сухова [108] з посиланням на ряд досліджень [249, 314] енергія сонячних променів поглинається всіма органами рослини, але більшою мірою – пластинками листків. У сочевиці листки утворюються спочатку в міру зростання стебла і розвиваються поступово, від низу до верху. У результаті в посівах певним чином змінюється світловий режим, на поглинену листками рослин енергію припадає до 80–90 %, решта поглинається стеблами й іншими органами. При цьому, на сумарний фотосинтез рослин через листків припадає 60–95 %. У деяких зернобобових культур, у тому числі й у сочевиці, частиною листків є вусики, які теж беруть участь у фотосинтезі й підтримують рослини у більш випрямленому положенні, що сприяє інтенсивнішому проникненню сонячних променів у глибину посіву.

За вказаних вище особливостей Г.І. Сухова [108] відмічає, що фотосинтетичну діяльність сочевиці майже не вивчено. Відомо, що рослина сочевиці, як і інші бобові розвиває листків поступово, у міру зростання стебла і розвитку бічних пагонів. На початку розвитку рослин сочевиці маса листків і її поверхня нарастають поволі, тому мають слабку конкурентоспроможність культури порівняно з бур'янами.

Враховуючи наведені аргументи важливим у плані вивчення особливостей формування асиміляційної поверхні сочевиці встановити особливості формування листкового її апарату за рівнем облистківності, що дозволить оцінити темпи і динаміку співвідношень стеблової частини і власне листків. Результати такого вивчення представлено у таблиці 4.1. Слід відмітити, що величина облистківності за нашими оцінками є досить високою у порівнянні із аналогічним показником для рослин гороху [171] та рослин сої [291]. На нашу думку це пов'язано з повільними темпами росту стеблової

частини сочевиці у перші періоди вегетації. Так на фазу бутонізації частка листків у загальній фітомасі рослини змінювалась від 58,4 до 73,8 % залежно від варіанту досліджень. Встановлено зниження показника у варіантах застосування інокуляції та обробки насіння у порівнянні до варіантів без їх застосування. На цю фенологічну фазу усереднено варіант з інокуляцією мав на 7,45 % меншу облистківність. На варіанті із застосуванням обробки насіння мікродобрином на фоні без інокуляції зниження показника склало 2,93 %, а на фоні з інокуляцією 3,07 %.

Таблиця 4.1

**Облистківність рослин сорту залежно від комбінованого посидання інокуляції та застосування мікроелементів, %, 2019–2021 рр.**

(передпосівний фон удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ )

| Інокуляція<br>(чинник А)           | Обробка<br>насіння<br>(чинник В) | Позакореневе підживлення<br>(чинник С)                    | Фенологічні фази розвитку |          |            |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------|----------|------------|
|                                    |                                  |                                                           | Бутонізація               | Цвітіння | Достигання |
| Без<br>інокуляції                  | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 73,8±8,2                  | 63,7±6,3 | 23,4±7,9   |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 70,8±6,9                  | 57,9±7,8 | 25,5±8,2   |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 73,5±7,9                  | 60,9±8,2 | 26,8±8,5   |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 70,2±6,7                  | 55,8±9,3 | 33,9±8,7   |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 71,9±9,5                  | 61,3±7,2 | 31,5±6,9   |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 66,9±8,7                  | 56,1±7,7 | 32,7±7,3   |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 71,5±8,6                  | 58,8±7,9 | 33,8±7,7   |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 65,4±9,8                  | 54,2±8,4 | 34,9±7,9   |
| Інокуляція<br>Андеріс-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 67,8±8,4                  | 58,6±5,9 | 32,6±6,7   |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 62,8±7,2                  | 55,9±6,4 | 34,1±6,9   |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 67,3±7,5                  | 56,8±6,9 | 35,8±7,2   |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 60,9±8,6                  | 53,7±7,5 | 36,9±7,4   |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 63,9±7,7                  | 55,8±4,9 | 33,7±5,5   |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 60,7±7,2                  | 53,5±5,5 | 36,2±6,8   |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 63,5±8,3                  | 54,3±5,8 | 37,5±7,9   |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 58,4±7,9                  | 51,4±6,7 | 39,1±8,5   |

Примітка: \* – стандартне відхилення для міжрічного співставлення.  
Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

У варіантах застосування позакоренових підживлень у середньому по варіантах відмічено також зниження облистківності на 2,90 % за внесення Ярило активний старт PRO, 1,53 % – за внесення Авангард Комплекс Бобові та 5,03 % – за комбінованого застосування даних мікродобрих.

На фазу цвітіння за закономірних ростових процесів стеблової частини частка листків у загальній фітомасі продовжувала знижуватись за збереження тих же динамічних особливостей встановлених для фази бутонізації проте із сповільненням темпів такого зниження у середньому на 12,7 %.

Специфічні особливості формування даного показника відмічено на фазу досягання сочевиці. Як наголошувалось у попередньому розділі, в оцінці нагромадження вегетативної маси рослин застосування системи інокуляції в комплексі з позакореновими підживленнями покращує збереженість фізіологічно активного стану асиміляційної поверхні. Ці висновки підтверджено обліками облистківності на фазу досягання за рахунок протилежної динаміки де варіанти із застосуванням заходів оптимізації живлення мали істотно вищі значення облистківності. Так у середньому на варіанті з інокуляцією значення облистківності рослин було на 5,43 % вищою ніж на варіанті без її застосування. Застосування обробки насіння мікродобривом забезпечило прирістну різницю у 5,83 % на фоні без інокуляції та 1,78 % на фоні з інокуляцією. Послідовне застосування варіантів позакоренових підживлень забезпечило у співставленні до варіантів без їх застосування послідовні прирости 1,83 %, 3,18 % та 5,90 %, відповідно. У підсумку максимальна збереженість асиміляційної поверхні за рівнем облистківності відмічена у варіанті комплексного застосування інокуляції, обробки насіння мікродобривом та застосування двох позакоренових підживлень на рівні 39,1 % на фазу досягання, що склало 15,7 % до контрольного варіанту без застосування вказаних варіантів живлення. Наглядно такий характер співвідношень показано на рисунку 4.1. Вказаний характер співвідношення між масою листків та масою стеблової частини можна пояснити з позиції особливостей ростових процесів сочевиці.



**Рисунок 4.1 – Характер облистківності рослин сочевиці на фазу формування бобів у варіанті без інокуляції, обробки насіння мікроелементами та позакореневого підживлення (верхня позиція) та у варіанті інокуляції, обробки насіння мікроелементами та застосування позакореневого підживлення у технологічній комбінації «Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові» (нижня позиція)**

Відмічається [108], що до періоду генеративного розвитку та початку формування бобів листова маса і її поверхня досягають максимуму. Проте до цього періоду нижнє листків починає відмирати, особливо в загущених посівах, зменшуючи фотосинтетичну активність рослин, у зв'язку із чим нерідко відбувається осипання великої кількості утворених суцвіть і плодів, що зав'язалися. За фазами вегетації приріст надземної біомаси відбувається неоднаково. Залежно від сортових особливостей і умов вирощування, одна рослина сочевиці має від одного до 3–6 однаково розвинених бічних пагонів, що, у свою чергу, розгалужуються на гілки другого, третього і подальших

порядків. До фази утворення бобів маса стебел всієї надземної біомаси рослин сочевиці становить 36–42 %. Враховуючи, що на стадію цвітіння у межах варіантів інтервал частки стебла за різницею по відношенню до частки листків знаходився у межах 36,3–48,6 %, отримані дані підтверджують особливості ростових процесів у рослин сочевиці. З іншого боку, зниження облистківності у варіантах із застосуванням заходів оптимізації живлення сочевиці пояснюється відміченою у ряді досліджень [146, 315, 316] особливістю прискорення морфогенезу рослин за оптимізації їх живлення із зміною структури співвідношення окремих частин рослин за критерієм так званого вегетативного зусилля. Саме такий характер росту і розвитку відмічено і в наших дослідженнях.

Вказується [103], що життєдіяльність рослини загалом залежить від великої кількості проміжних метаболічних ланок, початок яких – у процесах фотосинтезу. Як відомо, за рахунок цього процесу утворюється до 95% сухої речовини [245]. Тому, фізіологи великі надії у подальшому зростанні врожайності покладають на інтенсифікацію фотосинтетичної активності рослин [181], незважаючи на те, що інтенсивність фотосинтезу залежить від багатьох внутрішніх та зовнішніх факторів і не має чіткого зв'язку з продуктивністю рослин [50]. Однак багато вчених відзначають, що високопродуктивні генотипи відрізняються більш інтенсивною роботою електронно-транспортного ланцюга та в цілому первинних реакцій фотосинтезу. Одним із показників такого функціонування є вміст хлорофілу. Важливість оцінки цього показника для відбору високопродуктивних генотипів, а також оцінки ефективності застосованих агротехнологічних заходів за вирощування сочевиці відмічено у дослідженнях Ю.А. Бобкової [271]. З іншого боку, пігменти є фотоакцепторами, що поглинають кванти видимої частини сонячного спектру та беруть участь у перетворенні світлової енергії на енергію хімічного зв'язку. Найбільш важливу роль у цьому процесі грають зелений пігмент – хлорофіл. Тому від його кількості та ефективності роботи залежить продуктивність рослин. У багатьох роботах було показано, що істотний вплив на утворення хлорофілу мають мінеральне живлення,

водний режим та інші фактори зовнішнього середовища [317], багато з яких можна регулювати за допомогою агротехнічних прийомів. Вказані висновки було підтверджено і нашими дослідженнями (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

**Вміст хлорофілу в листках сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, (мг/г сирії речовини), 2019–2021 рр. (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція<br>(чинник В)         | Обробка<br>насіяння<br>(чинник С) | Позакореневе підживлення<br>(чинник D)                                                                                                                    | Фенологічні фази розвитку |      |      |          |      |      |            |      |      |
|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------|------|----------|------|------|------------|------|------|
|                                  |                                   |                                                                                                                                                           | Бутонізація               |      |      | Цвітіння |      |      | Достигання |      |      |
|                                  |                                   |                                                                                                                                                           | а                         | б    | а+б  | а        | б    | а+б  | а          | б    | а+б  |
| Без інокуляції                   | Контроль (без<br>обробки)         | Без підживлення                                                                                                                                           | 1,17                      | 0,52 | 1,69 | 1,07     | 0,41 | 1,48 | 1,01       | 0,38 | 1,39 |
|                                  |                                   | Ярило активний старт PRO                                                                                                                                  | 1,22                      | 0,55 | 1,77 | 1,11     | 0,44 | 1,55 | 1,04       | 0,41 | 1,45 |
|                                  |                                   | Авангард Комплекс Бобові                                                                                                                                  | 1,17                      | 0,51 | 1,68 | 1,20     | 0,51 | 1,71 | 1,08       | 0,44 | 1,52 |
|                                  |                                   | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові                                                                                                 | 1,28                      | 0,64 | 1,92 | 1,28     | 0,54 | 1,82 | 1,12       | 0,46 | 1,58 |
|                                  | Оракул<br>насіяння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                                                                                                                           | 1,19                      | 0,51 | 1,70 | 1,08     | 0,42 | 1,50 | 1,05       | 0,37 | 1,42 |
|                                  |                                   | Ярило активний старт PRO                                                                                                                                  | 1,25                      | 0,58 | 1,83 | 1,14     | 0,47 | 1,61 | 1,11       | 0,39 | 1,5  |
|                                  |                                   | Авангард Комплекс Бобові                                                                                                                                  | 1,19                      | 0,50 | 1,69 | 1,23     | 0,54 | 1,77 | 1,18       | 0,41 | 1,59 |
|                                  |                                   | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові                                                                                                 | 1,34                      | 0,57 | 1,91 | 1,36     | 0,58 | 1,94 | 1,24       | 0,42 | 1,66 |
| Інокуляція Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль (без<br>обробки)         | Без підживлення                                                                                                                                           | 1,34                      | 0,55 | 1,89 | 1,21     | 0,47 | 1,68 | 1,12       | 0,41 | 1,53 |
|                                  |                                   | Ярило активний старт PRO                                                                                                                                  | 1,39                      | 0,60 | 1,99 | 1,19     | 0,52 | 1,71 | 1,13       | 0,44 | 1,57 |
|                                  |                                   | Авангард Комплекс Бобові                                                                                                                                  | 1,28                      | 0,56 | 1,84 | 1,30     | 0,55 | 1,85 | 1,22       | 0,43 | 1,65 |
|                                  |                                   | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові                                                                                                 | 1,44                      | 0,68 | 2,13 | 1,47     | 0,62 | 2,09 | 1,28       | 0,45 | 1,73 |
|                                  | Оракул насіяння<br>(1 л/т)        | Без підживлення                                                                                                                                           | 1,36                      | 0,57 | 1,93 | 1,24     | 0,50 | 1,74 | 1,18       | 0,42 | 1,6  |
|                                  |                                   | Ярило активний старт PRO                                                                                                                                  | 1,42                      | 0,62 | 2,04 | 1,24     | 0,55 | 1,79 | 1,21       | 0,44 | 1,65 |
|                                  |                                   | Авангард Комплекс Бобові                                                                                                                                  | 1,31                      | 0,58 | 1,89 | 1,33     | 0,62 | 1,95 | 1,27       | 0,45 | 1,72 |
|                                  |                                   | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові                                                                                                 | 1,48                      | 0,68 | 2,16 | 1,52     | 0,68 | 2,20 | 1,36       | 0,47 | 1,83 |
| НІР* (мг/г)<br>хлорофіл а        |                                   | А 0,011; В 0,009; С 0,009; D 0,013; АВ 0,016; АС 0,016; AD 0,022; ВС 0,013; BD 0,018;<br>CD 0,018; ABC 0,022; ABD 0,031; ACD 0,031; BCD 0,026; ABCD 0,044 |                           |      |      |          |      |      |            |      |      |
| НІР* (мг/г)<br>хлорофіл б        |                                   | А 0,009; В 0,007; С 0,007; D 0,011; АВ 0,013; АС 0,013; AD 0,019; ВС 0,011; BD 0,011;<br>CD 0,015; ABC 0,018; ABD 0,026; ACD 0,026; BCD 0,021; ABCD 0,036 |                           |      |      |          |      |      |            |      |      |

\* – для фази цвітіння; А – чинник погодних умов року вегетації.

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.



Встановлено, що у процесі росту і розвитку вміст як хлорофілу а, так і хлорофілу б змінюється. Середній вміст по варіантах досліду було обліковано на фазу бутонізації на рівні 1,30 мг/г сирової речовини хлорофілу а та 0,58 мг/г сирової речовини хлорофілу б. На фазу цвітіння – відповідно 1,25 та 0,53 мг/г сирової речовини, а на фазу досягання – 1,16 та 0,42 мг/г сирової речовини, відповідно. Така динаміка корелює із фізіологічною активністю асиміляційного апарату сочевиці з максимум інтенсивності фотохімічних реакцій в інтервалі від стеблуння до повного цвітіння [3, 54, 71, 275]. При цьому концентрація хлорофілу б була істотно нижчою за фазами вегетації сочевиці, що також відповідає закономірностям формування співвідношення між обома видами хлорофілу в рослинному організмі зумовлену певною сталістю співвідношення хлорофілу б до хлорофілу а [318, 319].

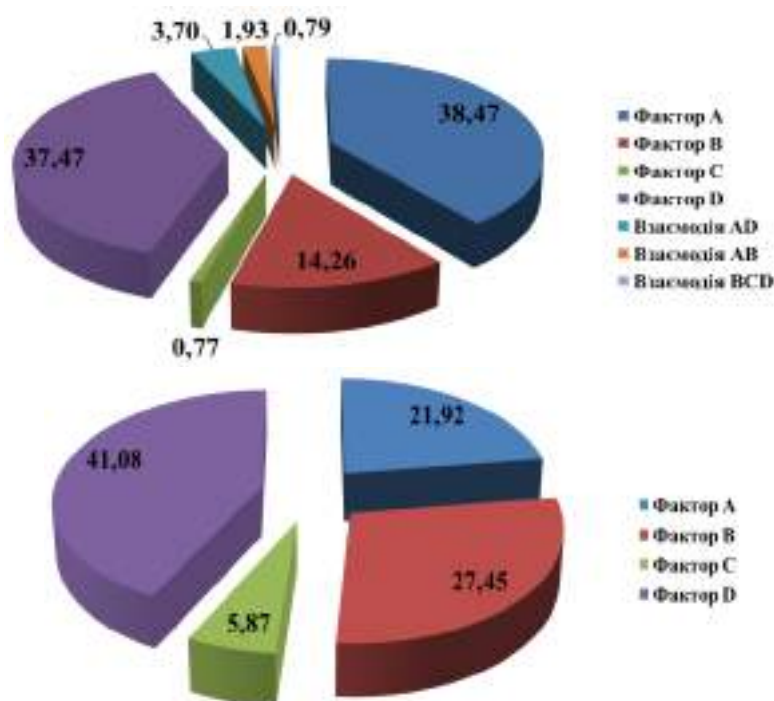
Застосування як інокуляції, так і позакореневих підживлень позитивно впливало на концентрацію обох пігментів у сочевиці. Приріст концентрації хлорофілу а та б у середньому на фоні із застосуванням інокуляції склав на фазу бутонізації 12,3 % та 10,5 %, відповідно. На фазу цвітіння ці показники були на рівні 10,9 % та 15,3 %, відповідно, а на фазу досягання 7,4 % та 15,1 %. Тобто відмічено якісне підвищення хлорофілу б у процесі фізіологічного старіння рослин сочевиці, що впливає на специфікацію перебігу фотохімічних перетворень у рослині [319].

Застосування обробки насіння мікродобривом Оракул насіння мало також позитивний приріст концентрації обох хлорофілів з тим же характером змін впродовж вегетації сочевиці. Проте прирости до варіантів без даного фактора були в інтервалі 1,3–5,0 % на фоні без інокуляції та 2,0–10,0 % на фоні з інокуляцією насіння.

Одноразове застосування мікродобрив у варіанті Ярило активний старт PRO з усередненням по всіх варіантах обробки насіння та її відсутності забезпечило зростання показника на рівні 1,7–10,0 % залежно від фенофази з максимумом на фазу бутонізації. Аналогічний показник для одноразового застосування мікродобрив у варіанті Авангард Комплекс Бобові – на рівні 8,0–24 %. За подвійного застосування мікродобрив у підживлення в інтервалі 9,0–

34,0 %. У підсумку враховуючи синергічний характер дії факторів досліджу максимальна концентрація хлорофілу а та б була відмічена за період досліджень у варіанті комплексного і повного застосування технологічних чинників оптимізації живлення сочевиці із приростом до абсолютного контролю за сумою хлорофілів а і б на рівні 27,8 % на фазу бутонізації, 48,6 % на фазу цвітіння та 31,7 % на фазу достигання.

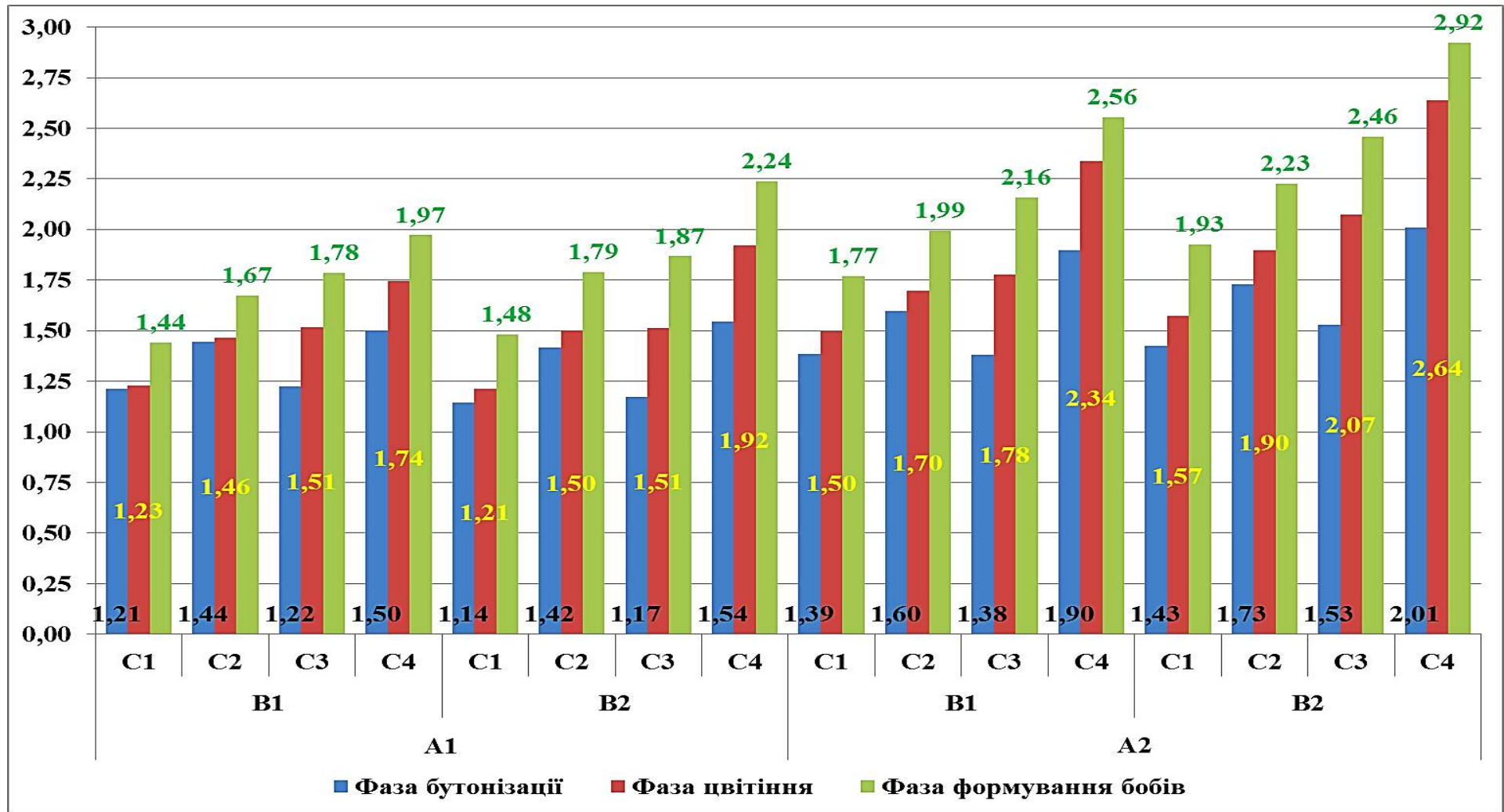
Встановлено також, що на величину вмісту обох видів хлорофілів здійснюють вплив погодні умови за період відповідних феностадій сочевиці. Так на фазу цвітіння (рис. 4.2) частка погодних умов склала 38,47 % для вмісту хлорофілу а та 21,92 % для вмісту хлорофілу б. При цьому концентрація останнього пігмента мала більш істотну залежність за іншими технологічними чинниками досліджу. Це підтверджує зроблені висновки щодо фізіологічної специфічності формування концентрації хлорофілу б по відношенню до хлорофілу а, відмічену у дослідженнях [319, 320].



*Зміст факторів: А – погодні умови у вираженості річної варіанси; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення.*

**Рисунок 4.2 – Частка факторів (%) у формуванні вмісту хлорофілу а (верхня позиція) та хлорофілу б (нижня позиція) на фазу цвітіння по значимих факторах досліджу для сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.**

Слід відмітити що співвідношення концентрації хлорофілів а і б має певні закономірності у вищих рослин [320]. За нормального фізіологічного стану асиміляційної поверхні уміст хлорофілу а майже втричі перевищує вміст хлорофілу б. Результатами наших досліджень засвідчили інтервал цього співвідношення у значенні в розрізі варіантів досліду 2,17–2,89. При цьому відмічено більш високе значення цього співвідношення по мірі біологічного стадійного старіння рослин і мінімальне на початковий облік на фазу бутонізації. На варіантах із застосуванням інокуляції на фазу досягання значення цього співвідношення було на 3,1 % більше ніж на варіантах без інокуляції. Застосування обробки насіння мікродобривом підвищувало середнє значення даного співвідношення на 2,8 % на неінокульованому фоні та на 3,7 % на інокульованому. Застосування позакореневих підживлень у варіанті Ярило активний старт PRO знижувало співвідношення на 2,3 %, а у варіантах Авангард Комплекс Бобові та за комбінованого використання мікродобрив підвищувало на 1,2 та 2,7 % відповідно. У результатуючому підсумку на фазу досягання співвідношення між концентрацією хлорофілу а і б було максимальним на рівні 2,89 у варіанті комплексного застосування досліджуваних факторів оптимізації живлення сочевиці і з результатуючим приростом до абсолютного контролю 8,9 %. Враховуючи той факт, що нижчий рівень даного співвідношення свідчить про інтенсивність старіння асиміляційного апарату за органолептичними ознаками появи світлішого (зелено-жовтого забарвлення) відповідно до [320] отримані результати підтверджують раніше зроблені висновки про позитивний вплив системи інокуляції та позакореневих підживлень на подовження загальної тривалості фотосинтетичної діяльності листків сочевиці на стадіях її досягання. На підставі прогнозованим є той факт, що збереження площі асиміляційної поверхні на пізніх етапах онтогенезу, забезпечуючи збільшення тривалості періоду фотосинтетичного засвоєння світла посівами сочевиці сприятиме підвищенню її врожайності. Вказані висновки підтверджуються даними хлорофільного індексу варіантів досліду (рис. 4.3).



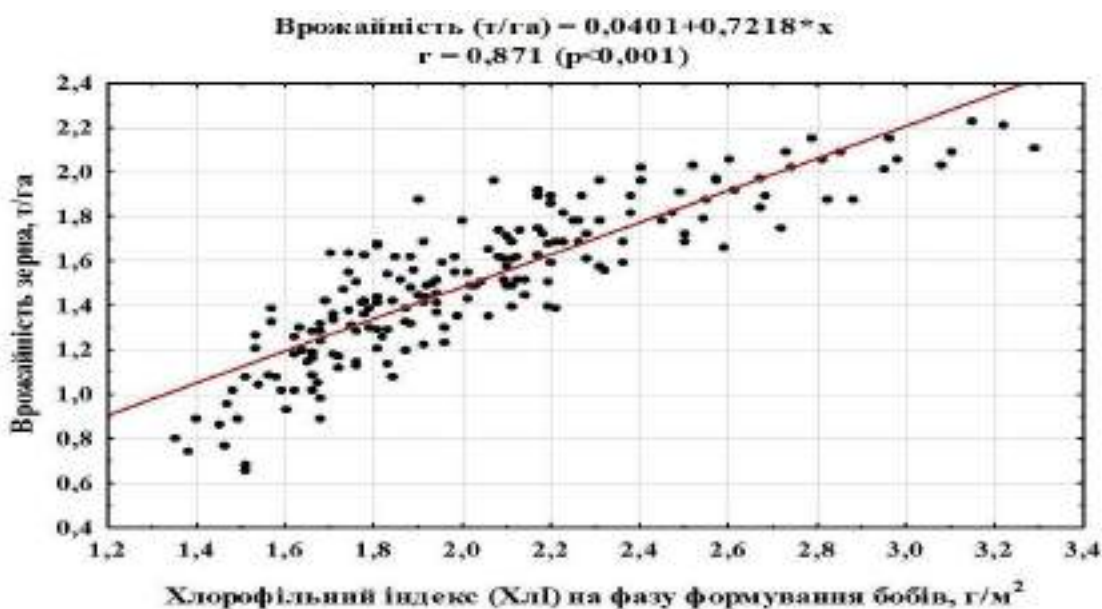
Зміст факторів: А<sub>1</sub> – без інокуляції; А<sub>2</sub> – з інокуляцією; В<sub>1</sub> – без обробки насіння; В<sub>2</sub> – обробка насіння (Оракул 1 л/т); С – підживлення: С<sub>1</sub> – без підживлення; С<sub>2</sub> – Ярило активний старт PRO; С<sub>3</sub> – Авангард Комплекс Бобові; С<sub>4</sub> – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

Рисунок 4.3 – Хлорофільний індекс (ХлІ) сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, 2019–2021 рр., г/м<sup>2</sup> (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)

Хлорофільний індекс у практиці фундаментальних підходів до вивчення фотосинтетичної активності асиміляційного апарату рослин розглядається як [320, 322–325] індикаторний показник майбутньої господарської продуктивності рослин, який має тісний зв'язок з низкою базових показників у структурі індивідуальної зернової продуктивності.

Результати визначення цього показника для трьох ключових фаз росту і розвитку сочевиці показав закономірні процеси до його зростання від середнього по досліді  $1,48 \text{ г/м}^2$  на фазу бутонізації до  $2,02 \text{ г/м}^2$  на фазу цвітіння. Відмічено позитивний вплив на величину показника від застосування інокуляції з приростом у співставленні двох блоків варіантів на рівні 21,9 % на користь інокуляції у фазу бутонізації до аналогічного приросту у значенні 26,5 % на фазу формування бобів. Обробка насіння мікродобривом на фоні без інокуляції забезпечили аналогічні прирости показника на рівні 3,3 % та 7,5 %, а на фоні з інокуляцією – 6,8 % і 12,5 %, відповідно. Ефективність застосування позакореневих підживлень була мінімальною у приростах 16–19 % за внесення Ярило активний старт PRO та максимальною за внесення обох мікродобрив в інтервалі, у розрізі облікових фенофаз культури – 34,4–56,8 %.

Підтверджено відмічену вище залежність між хлорофільним індексом і урожайністю зерна сочевиці у системі співставлення роки-варіанти-повторення (рис. 4.4). Відповідно до представленої залежності зв'язок між хлорофільним індексом на фазу формування бобів (як фенофази найбільш наближеної до процесу формування структури майбутнього врожаю зерна) та урожайністю зерна сочевиці описується рівнянням: Урожайність зерна =  $0,0401 + 0,7218 \text{ ХлІ}$  при  $r = 0,871$  (при  $p < 0,001$ ). У підсумку застосування варіанту з інокуляцією та обробкою насіння мікродобривом при застосуванні двох позакореневих підживлень дозволяє скоректувати майбутню зернову продуктивність сочевиці з істотною та високою достовірністю отримання вищого врожаю.



**Рисунок 4.4 – Залежність між хлорофільним індексом (ХлІ) на фенологічна фазу формування бобів (ВВСН 69–71) та урожайністю зерна сочевиці (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (для  $n = 192$ , у співставленні варіанти-повторення-роки).**

Відомо [320, 326-327], що будь-який агроценоз є фотосинтезуючою системою ефективність якої визначається як щільністю розміщення рослин на одиниці площі, так і характером компанування листків за ярусами та особливостями тривалості їх фізіологічної активності. Є різні бачення оптимальності площі асиміляційної поверхні для зернових та зернобобових культур, яку вважають оптимальною. Значення такого інтервалу є досить широким і вкладається у межі від 25 до 60 тис м<sup>2</sup>/га посіву [328, 329, 330]. Для сочевиці питання оптимальної асиміляційної поверхні є питання недостатньо вивченим. Відмічається [3, 290], що площа асиміляційної поверхні у сочевиці змінюється у досить широких межах 22–53 тис. м<sup>2</sup>/га з піком на фазу бутонізації-цвітіння і вона залежить як від технологічних прийомів культивування сочевиці (удобрення, норми висіву, строки сівби), так і від погодних умов особливо у період від фази стеблуння до фази цвітіння [3, 54, 71, 103, 108, 150, 206, 258, 331-334]. Результати обліку динаміки формування площі листків представлено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

**Динаміка формування площі листків сочевиці залежно від  
комбінованого посєднання інокуляції та застосування мікроелементів, тис.  
м<sup>2</sup>/га (середнє за 2019–2021 рр.) (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція<br>(чинник В)                    | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Позакореневе підживлення<br>(чинник D)                 | Сходи | Бутонізація | Цвітіння | Форму-<br>вання бобів | Достигання<br>бобів |
|---------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------------|----------|-----------------------|---------------------|
| Без<br>інокуляції                           | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 2,31  | 22,3        | 28,5     | 31,8                  | 16,1                |
|                                             |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 2,33  | 24,2        | 31,8     | 35,9                  | 17,6                |
|                                             |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,32  | 22,5        | 32,2     | 37,8                  | 19,9                |
|                                             |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 2,33  | 24,4        | 32,9     | 38,7                  | 21,8                |
|                                             | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 2,35  | 23,1        | 30,1     | 33,4                  | 17,3                |
|                                             |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 2,34  | 24,8        | 32,9     | 36,8                  | 18,5                |
|                                             |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,35  | 23,3        | 33,5     | 38,5                  | 21,4                |
|                                             |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 2,35  | 25,2        | 34,5     | 40,1                  | 23,9                |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т)         | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 2,35  | 25,7        | 33,3     | 37,4                  | 18,4                |
|                                             |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 2,36  | 27,9        | 36,8     | 41,2                  | 19,7                |
|                                             |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,36  | 26,2        | 37,5     | 43,1                  | 23,5                |
|                                             |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 2,35  | 28,3        | 38,9     | 44,7                  | 25,7                |
|                                             | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 2,37  | 25,5        | 35,3     | 39,7                  | 19,7                |
|                                             |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 2,38  | 28,8        | 39,2     | 43,7                  | 20,9                |
|                                             |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,37  | 26,9        | 40,1     | 45,9                  | 24,9                |
|                                             |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 2,38  | 29,1        | 41,9     | 48,1                  | 27,5                |
| HIP <sub>05</sub> , тис. м <sup>2</sup> /га |                                  |                                                        |       |             |          |                       |                     |
| A                                           |                                  |                                                        | 0,02  | 0,10        | 0,20     | 0,19                  | 0,15                |
| B                                           |                                  |                                                        | 0,01  | 0,09        | 0,16     | 0,16                  | 0,12                |
| C                                           |                                  |                                                        | 0,01  | 0,09        | 0,16     | 0,16                  | 0,12                |
| D                                           |                                  |                                                        | 0,02  | 0,12        | 0,23     | 0,22                  | 0,18                |
| AB                                          |                                  |                                                        | 0,02  | 0,15        | 0,28     | 0,27                  | 0,22                |
| AC                                          |                                  |                                                        | 0,02  | 0,15        | 0,28     | 0,27                  | 0,22                |
| AD                                          |                                  |                                                        | 0,03  | 0,21        | 0,39     | 0,39                  | 0,31                |
| BC                                          |                                  |                                                        | 0,02  | 0,12        | 0,23     | 0,22                  | 0,18                |
| BD                                          |                                  |                                                        | 0,03  | 0,17        | 0,32     | 0,32                  | 0,25                |
| CD                                          |                                  |                                                        | 0,03  | 0,17        | 0,32     | 0,32                  | 0,25                |
| ABC                                         |                                  |                                                        | 0,03  | 0,21        | 0,39     | 0,39                  | 0,31                |
| ABD                                         |                                  |                                                        | 0,05  | 0,30        | 0,55     | 0,55                  | 0,43                |
| ACD                                         |                                  |                                                        | 0,05  | 0,30        | 0,55     | 0,55                  | 0,43                |
| BCD                                         |                                  |                                                        | 0,04  | 0,24        | 0,45     | 0,45                  | 0,35                |
| ABCD                                        |                                  |                                                        | 0,07  | 0,42        | 0,78     | 0,77                  | 0,61                |

Чинник A – річні умови вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

Слід відмітити, що динаміка формування площі листків у сочевиці залежала від досліджуваних варіантів та мала певні особливості. Наростання значення цього показника відмічено до фази формування бобів. Відмічається [108], що такий характер динаміки властивий умовам достатнього і навіть надмірного зволоження, які складаються у період активного росту сочевиці від фази стеблуння до фази бутонізації, що відповідає гідротермічним умовам вегетації у нашому випадку. На фенологічну фазу максимального формування площа листків в межах варіантів коливалася від 31,8 до 48,1 тис. м<sup>2</sup>/га. У порівнянні до можливого потенціалу показника властивого для сочевиці на цю фенологічну фазу [258, 290] у межах від 26 до 55 тис. м<sup>2</sup>/га, рівень показника у нашому досліді слід віднести до помірно високого. Враховуючи специфіку у розвитку сочевиці до інтенсивного зниження облистяності в силу швидкого проходження фенологічних змін, відмічених у попередньому розділі. Це у підсумку зумовило інтенсивне зниження площі листків на всіх досліджуваних варіантах у міжфазний період формування бобів-достигання. У підсумку середні значення площі листків по варіантах у сочевиці на фазу сходів склали 2,35 тис. м<sup>2</sup>/га, на фазу бутонізації 25,5 тис. м<sup>2</sup>/га, на фазу цвітіння 34,9 тис. м<sup>2</sup>/га, на фазу формування бобів 39,8 тис. м<sup>2</sup>/га та на фазу достигання – 21,0 тис. м<sup>2</sup>/га. При цьому слід зауважити, що з огляду на ряд монографічних узагальнень [4, 54, 71, 219, 261] у сочевиці можна виділити два типи динаміки формування площі листків: перший передбачає максимальну площу на фазу цвітіння з інтенсивним зниженням у наступні фази, особливо у період достигання, а другий – з наростанням до фази формування бобів та послідуєчим зниженням за тим же сценарієм. Перший тип динаміки характерний для зон посушливих із значними коливаннями зволоження та температури (при можливих періодах посухи) на фоні високих середньодобових температур. Другий тип динаміки характерний для помірних зон вирощування сочевиці з відносно достатнім рівнем зволоження на фоні середньодобових температур на рівні 16-18 °С. Отримані нами результати з огляду на відмічений гідротермічний режим



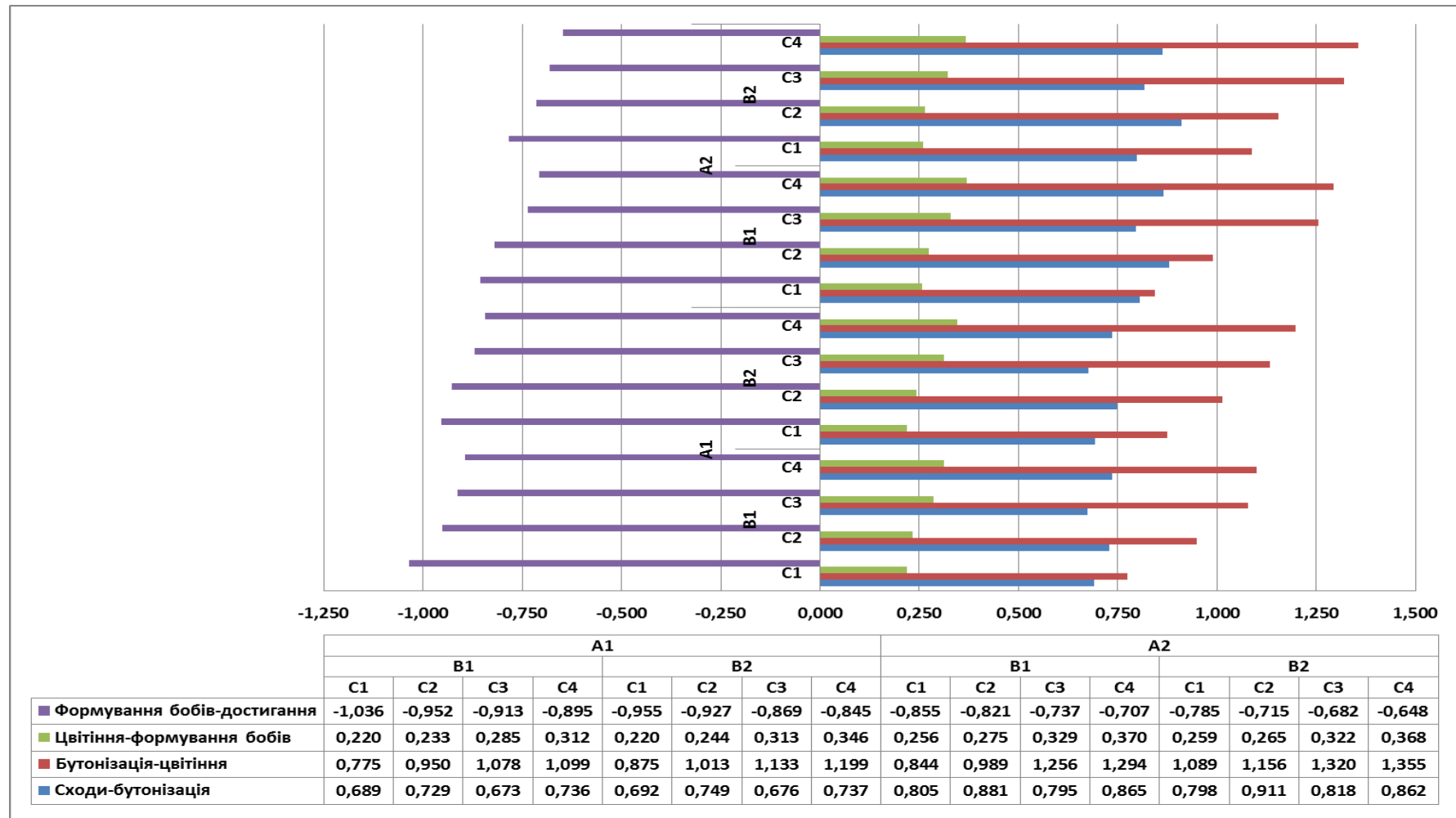
періоду вегетації дозволяє віднести динаміку формування площі листків до другого типу.

За цих умов динаміки відмічено істотність різнорідного впливу досліджуваних факторів досліду на величину показника. Варіанти з інокуляцією у середньому забезпечили вищі значення показника на 1,3 % на фазу сходів, на 15,1 % на фазу бутонізації, на 18,2 % на фазу цвітіння, на 17,3 % на фазу формування бобів та на 15,2 % на фазу досягання.

Застосування обробки насіння мікродобривом на неінокульованому фоні забезпечило приріст показника у інтервалі 1,0–3,7 % у межах облікових фенофаз, а на фоні з інокуляцією на рівні 2,3–6,5 %.

Варіант застосування Ярило активний старт PRO забезпечив приріст показника із мінімальним значенням на рівні 7,2 % на фазу досягання та максимальним 10,7 % на фазу цвітіння. Аналогічні показники у варіанті застосування Авангард Комплекс Бобові склали 2,0 % на фазу бутонізації та 25 % – на фазу досягання. Результуюча роль факторів мала синергічну дію у варіанті повного комплексу застосування заходів оптимізації живлення сочевиці забезпечивши прирости на рівні 30,5–51,3 % на фази бутонізації та формування бобів, відповідно, забезпечивши максимальні значення площі листків як на фази її активного наростання, так і на заключну фенофазу досягання.

Вказаний характер формування величини показника наглядно характеризує динаміка зміни площі листків (рис. 4.5). Відповідно до представлених даних прирости площі листків мають стійку тенденцію до зростання в міру розширення факторів, які залучаються до технології оптимізації живлення сочевиці. Тобто, максимальні прирости площі листків у межах 0,368–1,355 тис. м<sup>2</sup>/га за добу відмічено у варіанті поєднання інокуляції, обробки насіння мікродобривом та застосування двох підживлень мікродобривами Ярило активний старт PRO та Авангард Комплекс Бобові. При цьому, враховуючи встановлену закономірну динаміку до зниження площі листків у період досягання, слід відмітити позитивну дію підживлень.



Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

Рисунок 4.5 – Динаміка зміни площі листків сочевиці (тис. м<sup>2</sup>/га за добу) за міжфазні періоди вегетації залежно від чинників поставлених на вивчення 2019–2021 рр.

Застосування підживлень дозволяє подовжити період асиміляційної активності та фізіологічної життєздатності листків сочевиці на етапі досягання, що сприяє додатковому синтезу пластичних речовин та оптимізації періоду наливу зерна та його вагових характеристик. Це підтверджується рівнем приростів площі листків на рівні 17,4–38,5 % у співставленні до варіанту без підживлень та нижчими значеннями зниження приростів на рівні 13,1–15,7 % у варіантах без інокуляції та 20,9–21,1 % у варіантах з інокуляцією. Застосування технологічних заходів оптимізації живлення сочевиці позитивно впливало на величини лінійних розмірів самого листка, що і відобразилось в сумарній площі листків за фенофазами у розрізі досліджуваних варіантів та наглядно підтверджується даними рисунка 4.6.



**Рисунок 4.6 – Співставлення лінійних розмірів листків сочевиці для типових рослин з варіантів інокуляції, обробки насіння мікроелементами та застосування позакореневого підживлення у технологічній комбінації «Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові» (верхня позиція) та інокуляції, обробки насіння мікроелементами без застосування позакореневого підживлення (нижня позиція) (чорний квадратик розмірності 1x1 см)**

Як вже відмічалось формування асиміляційної поверхні у сочевиці залежить від гідротермічних особливостей її періоду вегетації [3, 181]. Це підтверджується і нашими даними (табл. 4.4). Встановлена обернена залежність площі листків сочевиці на фазу цвітіння зі значенням

середньодобової температури повітря з рівнем детермінації величини за цим чинником на рівні 38,0–40,0 %. За сумою опадів залежність прямого характеру тісної сили з рівнем детермінації на рівні 49,9–51,3 %. Залежності аналогічного характеру встановлено за відотною вологістю повітря (рівень детермінації 69,3–75,9 %), за ГТК (55,9–56,5 %), за коефіцієнтом зволоження (рівень детермінації 72,4–73,4 %).

Таблиця 4.4

**Залежність площі листової поверхні сочевиці  
на фазу цвітіння від погодних умов (у зведеному масиві даних за період  
2019–2021 рр)**

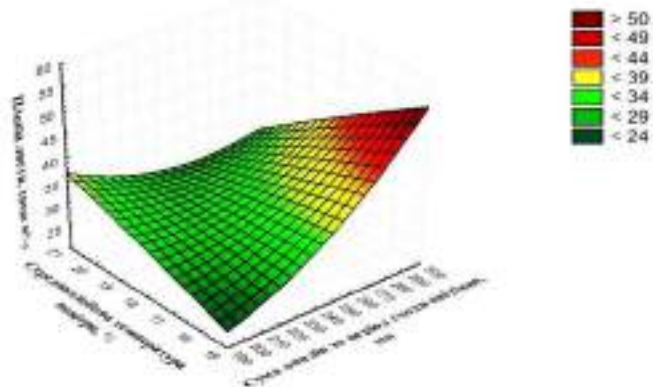
| Показники                                                 | В середньому за період сходи – цвітіння                                                                                                                                                                                                    |                 |                                            |               |                                    |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|---------------|------------------------------------|
|                                                           | середньо-добова температура, °C<br>( $X_1$ )                                                                                                                                                                                               | сума опадів, мм | відносна вологість повітря, %<br>( $X_2$ ) | ГТК ( $X_3$ ) | коефіцієнт зволоження<br>( $X_4$ ) |
| г (співставлення сорт – рік – повторення, $n = 12$ )      | -0,631*                                                                                                                                                                                                                                    | 0,716**         | 0,871**                                    | 0,748**       | 0,851**                            |
| г (співставлення сорт – варіанти – повторення, $n = 64$ ) | -0,619**                                                                                                                                                                                                                                   | 0,707**         | 0,833**                                    | 0,752**       | 0,857**                            |
| Площа листків в фазу цвітіння, (Y), т/га                  | $Y = -23,12 - 3,06X_1 + 1,57X_2$ $(R_{\text{мн}} = 0,881, R^2_{\text{adj}} = 0,726, p = 0,003 \dots 0,0048^*)$ $Y = -129,91 + 11,19X_1 - 62,18X_3 + 41,53X_4$ $(R_{\text{мн}} = 0,879, R^2_{\text{adj}} = 0,737, p = 0,035 \dots 0,049^*)$ |                 |                                            |               |                                    |

Примітки: 1.\* – достовірно на 5 % рівні значущості; 2. \*\* – достовірно на 1 % рівні значущості; 3.  $R_{\text{мн}}$  – коефіцієнт множинної кореляції,  $R^2_{\text{adj}}$  – скоректований коефіцієнт детермінації, \* – інтервал p-level для коефіцієнтів рівняння.

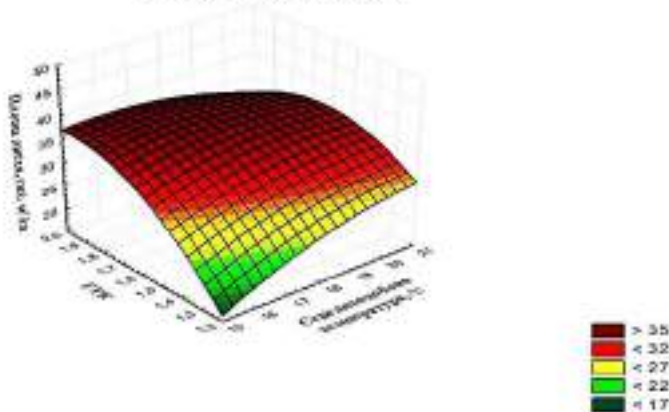
Вказаний характер залежностей логічно відображений у рівняннях регресійної залежності з базовими параметрами погодних умов за період посів–цвітіння і дав підстави нам зробити висновок що інтенсивність формування асиміляційної поверхні сочевиці буде істотно вища на фоні застосованих чинників оптимізації її живлення на фоні помірних середньодобових температур на фоні оптимізації зволоження. Це наглядно підтверджується результатами регресійного аналізу представленого на рисунку 4.7 відповідно до якого оптимальність процесів формування площі листків відмічається за середньодобових температур за період посів-формування бобів в інтервалі 15–18 °C на фоні суми опадів в інтервалі 260–300 мм за цей же період при відповідному цим параметрам значенню ГТК. Наявність відповідного екстремуму на реакційній поверхні для діапазонів температур 19–21 °C із сумою опадів 190–210 мм за відповідного граничного

нахилу реакційної поверхні для ГТК залежності вказує на адаптивну реакцію сочевиці щодо її можливості формувати досить високі рівні площі асиміляційного апарату в умовах нестійкого зволоження, зокрема в умовах 2021 року вегетації при умові співпадання періоду опадів з критичним періодом інтенсивного приросту площі листків у період від початку бутонізації до кінця цвітіння. Саме такий характер було відмічено в умовах даного року вегетації.

$$\text{Площа листя (тис. м}^2\text{/га)} = -149,5879 + 0,3958 \cdot x + 14,1823 \cdot y + 0,0015 \cdot x^2 x - 0,0554 \cdot x \cdot y - 0,0406 \cdot y \cdot y$$



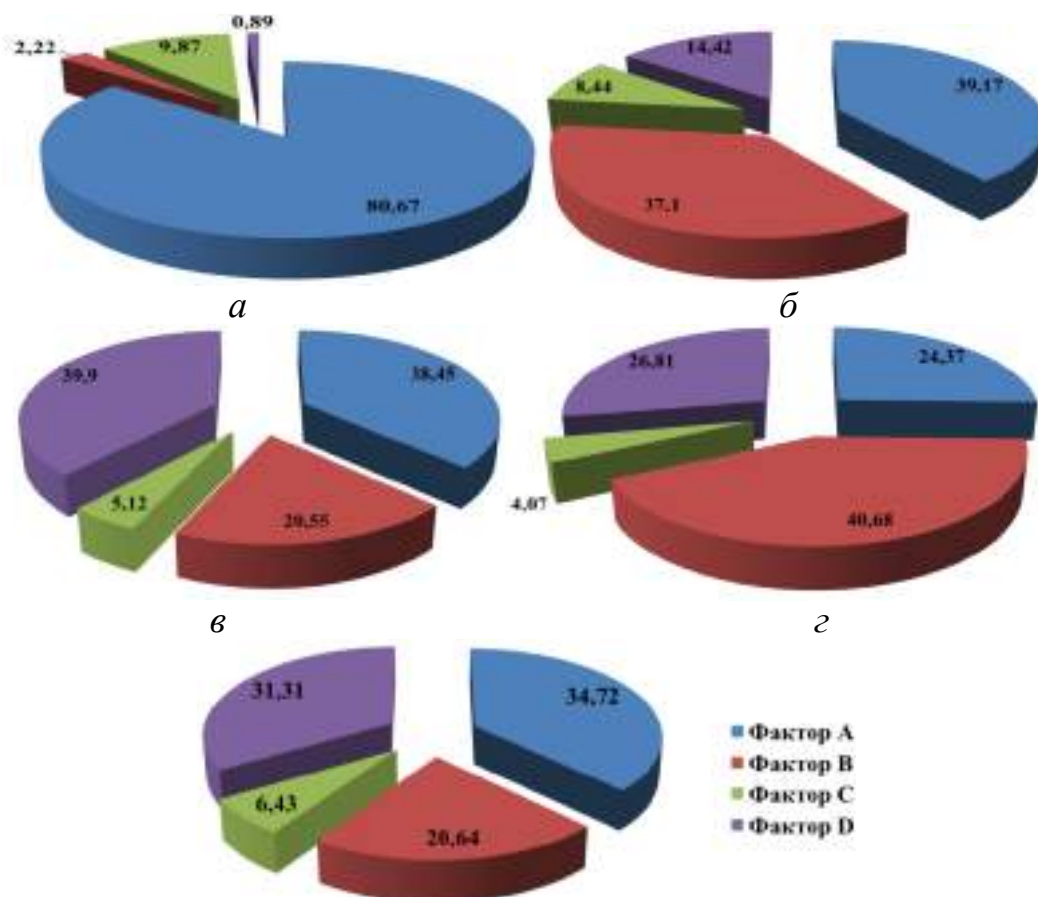
$$\text{Площа листя (тис. м}^2\text{/га)} = -281,4271 + 15,7584 \cdot x + 199,121 \cdot y - 0,2556 \cdot x^2 x - 3,7446 \cdot x \cdot y - 36,6385 \cdot y \cdot y$$



**Рисунок 4.7 – Реакційні поверхні залежності площі листків рослин сочевиці на фазу цвітіння залежно від кліматичних чинників за період посів-формування бобів (у єдиному масиві даних за період 2019–2021 рр.)**

Враховуючи, що сочевицю відносять до посухостійких рослин і виходячи із твердження П.А. Генкеля [278] що для посухостійких рослин оптимізація зволоження на фоні зниження середньодобових температур істотно активізує ростові процеси – встановлені залежності підтверджують дане твердження.

Підтверджується роль погодних умов у процесах формування площі листового апарату і результатами багатofакторного дисперсійного аналізу (рис. 4.8, додатки Н.1–Н.5).



Зміст факторів: А – варіанса погодних умов року вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення

Рисунок 4.8 – Частка факторів (%) у формуванні площі листової поверхні рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр. (відповідно позиції: а – на фазу сходів; б – на фазу бутонізації; в – цвітіння; г – формування бобів, д – досягання)

На підставі наведених даних вплив погодних умов має виражену тенденцію до зниження до фази формування бобів з часткою впливу в системі факторів на рівні 80,67 % на фазу сходів та 24,37 % на фазу формування бобів з послідуєчим зростанням до 34,72 % на фазу досягання. Такий характер на заключній фенофазі пов'язаний з безпосереднім впливом гідротермічного режиму довкілля на фізіологічний процес відмирання частини асиміляційного апарату в силу природних процесів біологічного

старіння рослин. Зниження ж впливу з мінімумом на фазу формування бобів пов'язане з процесами затухання листкоутворення та перерозподілу пластичних речовин на формування та розвиток плодоелементів сочевиці.

З останнім фактом пов'язана і максимальна частка впливу інокуляції на формування площі листків на фазу формування бобів на рівні 40,68 %.

При цьому мінімальна частка впливу на формування площі листків відмічена для заходу обробка насіння мікродобрином із 9,87 % на фазу сходів до 6,43 % на фазу досягання. Частка впливу позакореневих підживлень співпала з періодом активних ростових процесів сочевиці на міжфазний період бутонізація-формування бобів і становила 39,9 %. На фазу досягання серед досліджуваних чинників досліду вплив позакореневих підживлень був максимальним 31,31 % що підтверджує їх роль у пролонгуванні функціонування листкового апарату рослин сочевиці на завершальних етапах продуктивного періоду її вегетації з огляду на вже згадувані процеси відмирання частини асиміляційної поверхні рослин (рис. 4.9).



**Рисунок 4.9 – Відмирання частини асиміляційного апарату сочевиці на фазу досягання бобів, 2021 рік**



#### **4.2. Динаміка формування фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень**

Важливим з позиції оцінки ролі асиміляційної поверхні у забезпеченні реалізації урожайного потенціалу сільськогосподарських культур і сочевиці зокрема є аналіз її функціонування за базовими показниками фотосинтетичного потенціалу (ФП) та чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ). Відмічається [81, 85, 92, 108, 120, 129, 181, 261, 275], що показники ФП та ЧПФ мають високу варіативність залежно як від технологічних умов вирощування, удобрення та погодних умов, які складаються на період активного формування асиміляційної поверхні.

Наголошується також, що за відносно короткого вегетаційного періоду та не тривалих міжфазних періодів вегетації ФП посіву у сочевиці має нижчі значення, ніж у інших зернобобових культур [65, 97, 335, 336].

Отримані дані щодо калькуляції ФП підтвердили позитивний вплив застосованих заходів оптимізації удобрення сочевиці. Відмічено закономірне зростання показника у співставленні міжфазних періодів сходи-бутонізація та формування бобів-достигання (табл. 4.5, рис. 4.10). При цьому на фазу достигання бобів мінімальне значення ФП було відмічено у варіанті абсолютного контролю (без застосування будь-яких додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці) на рівні 0,479 млн.  $\text{м}^2/\text{га}$ , а максимальне, відповідно, на варіанті із комплексним застосуванням даних заходів – на рівні 0,869 млн.  $\text{м}^2/\text{га}$ , тобто показник був вищим в 1,8 рази. За міжфазний період сходи-достигання (рис. 4.10) вказані значення для цих же варіантів склали 1,491 млн.  $\text{м}^2/\text{га}$  та 2,395 млн.  $\text{м}^2/\text{га}$  тобто вище значення з коефіцієнтом приросту 1,6.

Застосування інокуляції у середньому по варіантах із її застосуванням забезпечила формування ФП за період сходи-достигання на рівні 2,117 млн.  $\text{м}^2/\text{га}$  (приріст до усереднених значень показника без інокуляції 21,0 %).



Таблиця 4.5

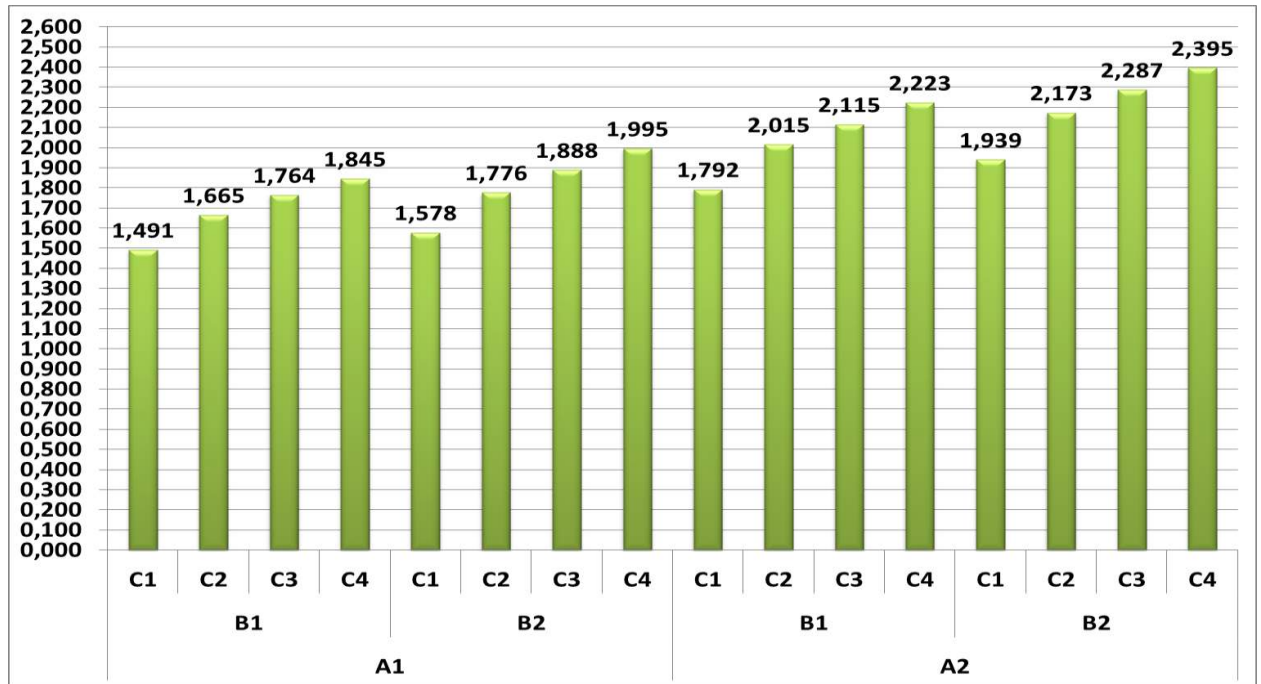
**Фотосинтетичний потенціал посівів сочевиці залежно від досліджуваних варіантів досліду, млн. м<sup>2</sup>/га, середнє за 2019–2021 рр. (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція                          | Обробка насіння        | Позакореневе підживлення                               | Сходи-<br>бугонізація | Бугонізація –<br>цвітіння | Цвітіння –<br>формування<br>бобів | Формування –<br>достигання |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Без інокуляції                      | Контроль (без обробки) | Без підживлення                                        | 0,357±<br>0,035       | 0,203±<br>0,057           | 0,452±<br>0,041                   | 0,479±<br>0,067            |
|                                     |                        | Ярило активний старт PRO                               | 0,398±<br>0,041       | 0,224±<br>0,063           | 0,508±<br>0,044                   | 0,535±<br>0,071            |
|                                     |                        | Авангард Комплекс Бобові                               | 0,372±<br>0,037       | 0,246±<br>0,059           | 0,560±<br>0,042                   | 0,606±<br>0,074            |
|                                     |                        | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 0,401±<br>0,045       | 0,258±<br>0,078           | 0,573±<br>0,047                   | 0,666±<br>0,077            |
|                                     | Оракул насіння (1 л/т) | Без підживлення                                        | 0,382±<br>0,033       | 0,213±<br>0,066           | 0,476±<br>0,043                   | 0,507±<br>0,070            |
|                                     |                        | Ярило активний старт PRO                               | 0,407±<br>0,038       | 0,231±<br>0,068           | 0,558±<br>0,045                   | 0,581±<br>0,070            |
|                                     |                        | Авангард Комплекс Бобові                               | 0,398±<br>0,035       | 0,256±<br>0,064           | 0,576±<br>0,045                   | 0,659±<br>0,072            |
|                                     |                        | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 0,427±<br>0,042       | 0,269±<br>0,081           | 0,634±<br>0,047                   | 0,704±<br>0,077            |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль (без обробки) | Без підживлення                                        | 0,407±<br>0,039       | 0,266±<br>0,065           | 0,566±<br>0,049                   | 0,586±<br>0,072            |
|                                     |                        | Ярило активний старт PRO                               | 0,439±<br>0,044       | 0,291±<br>0,069           | 0,624±<br>0,052                   | 0,670±<br>0,072            |
|                                     |                        | Авангард Комплекс Бобові                               | 0,428±<br>0,042       | 0,287±<br>0,067           | 0,685±<br>0,053                   | 0,733±<br>0,075            |
|                                     |                        | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 0,460±<br>0,047       | 0,336±<br>0,074           | 0,711±<br>0,056                   | 0,810±<br>0,079            |
|                                     | Оракул насіння (1 л/т) | Без підживлення                                        | 0,404±<br>0,040       | 0,274±<br>0,079           | 0,638±<br>0,052                   | 0,624±<br>0,074            |
|                                     |                        | Ярило активний старт PRO                               | 0,452±<br>0,042       | 0,306±<br>0,08            | 0,705±<br>0,054                   | 0,711±<br>0,070            |
|                                     |                        | Авангард Комплекс Бобові                               | 0,439±<br>0,040       | 0,335±<br>0,075           | 0,774±<br>0,052                   | 0,814±<br>0,076            |
|                                     |                        | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 0,488±<br>0,043       | 0,355±<br>0,083           | 0,810±<br>0,058                   | 0,869±<br>0,082            |

*Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.*

Варіант із застосуванням обробки насіння мікродобривом на фоні без інокуляції усереднено по варіантах підживлення сформував ФП 1809 млн. м<sup>2</sup>/га, а на цьому ж фоні без застосування мікродобрива 1,691 млн. м<sup>2</sup>/га з

фактичним приростом 6,9 %. Аналогічні дані з обробкою насіння мікродобривом на фоні з інокуляцією насіння 2,198 та 2,036 млн. м<sup>2</sup>/га при прирості на рівні 8,0 %.



Зміст факторів: *A*<sub>1</sub> – без інокуляції; *A*<sub>2</sub> – з інокуляцією; *B*<sub>1</sub> – без обробки насіння; *B*<sub>2</sub> – обробка насіння (Оракул 1 л/т); *C* – підживлення: *C*<sub>1</sub> – без підживлення; *C*<sub>2</sub> – Ярило активний старт PRO; *C*<sub>3</sub> – Авангард Комплекс Бобові; *C*<sub>4</sub> – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

**Рисунок 4.10 – Фотосинтетичний потенціал посівів сочевиці за міжфазний період сходи-достигання залежно від досліджуваних варіантів досліду, млн. м<sup>2</sup>/га, середнє за 2019–2021 рр.**

Застосування позакореневих підживлень також позитивно вплинуло на формування фотосинтетичного потенціалу рослин сочевиці. Так усереднена величини ФП по варіанту застосування одноразового позакореневого підживлення у фазу початку стеблування Ярило активний старт PRO склала 1,907 млн. м<sup>2</sup>/га, за внесення на початку бутонізації Авангард Комплекс Бобові 2,014 млн. м<sup>2</sup>/га, а за комбінованого їх застосування – 2,115 млн. м<sup>2</sup>/га тобто прирости до варіанту без їх застосування склали 12,2 %, 18,0 % та 24,4 %, відповідно.

Певні особливості з тими ж тенденціями щодо ролі досліджуваних варіантів визначено і в оцінці ще одного показника ефективності діяльності асиміляційної поверхні – чистої продуктивності фотосинтезу (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів сочевиці залежно від досліджуваних варіантів досліду, г/м<sup>2</sup> за добу, середнє за 2019–2021 рр.**  
(передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)

| Інокуляція<br>(чинник В)           | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Позакореневе підживлення<br>(чинник D)                 | Сходи-<br>бугонізація | Бугонізація –<br>цвітіння | Цвітіння –<br>формування<br>бобів | Сходи –<br>цвітіння | Цвітіння –<br>достигання |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------------|
| Без<br>інокуляції                  | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 1,87±<br>0,41         | 1,78±<br>0,24             | 2,05±<br>0,42                     | 1,80±<br>0,35       | 0,66±<br>0,18            |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 2,10±<br>0,44         | 1,86±<br>0,26             | 2,22±<br>0,45                     | 1,93±<br>0,37       | 0,96±<br>0,18            |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,06±<br>0,44         | 1,58±<br>0,25             | 2,45±<br>0,52                     | 1,72±<br>0,39       | 1,08±<br>0,21            |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 2,11±<br>0,47         | 1,79±<br>0,27             | 2,51±<br>0,59                     | 1,91±<br>0,42       | 1,10±<br>0,23            |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 1,91±<br>0,44         | 1,76±<br>0,26             | 2,19±<br>0,44                     | 1,79±<br>0,37       | 0,89±<br>0,19            |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 2,17±<br>0,46         | 1,97±<br>0,26             | 2,29±<br>0,46                     | 2,00±<br>0,39       | 1,00±<br>0,20            |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,11±<br>0,45         | 1,69±<br>0,24             | 2,58±<br>0,52                     | 1,77±<br>0,41       | 1,11±<br>0,20            |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 2,13±<br>0,49         | 1,92±<br>0,28             | 2,62±<br>0,60                     | 1,94±<br>0,44       | 1,21±<br>0,25            |
| Інокуляція<br>Андеріс-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 2,03±<br>0,48         | 1,37±<br>0,26             | 2,32±<br>0,44                     | 1,76±<br>0,37       | 1,07±<br>0,20            |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 2,25±<br>0,61         | 2,06±<br>0,27             | 2,39±<br>0,46                     | 2,14±<br>0,37       | 1,12±<br>0,20            |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,17±<br>0,49         | 1,91±<br>0,25             | 2,75±<br>0,49                     | 1,90±<br>0,40       | 1,34±<br>0,22            |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 2,31±<br>0,53         | 2,17±<br>0,28             | 2,83±<br>0,55                     | 2,12±<br>0,44       | 1,35±<br>0,24            |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 2,19±<br>0,50         | 1,90±<br>0,28             | 2,41±<br>0,48                     | 1,97±<br>0,39       | 1,21±<br>0,22            |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 2,33±<br>0,52         | 2,15±<br>0,25             | 2,40±<br>0,52                     | 2,16±<br>0,41       | 1,23±<br>0,24            |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,20±<br>0,49         | 1,98±<br>0,28             | 2,81±<br>0,57                     | 1,92±<br>0,43       | 1,47±<br>0,25            |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 2,32±<br>0,55         | 2,31±<br>0,32             | 2,85±<br>0,64                     | 2,15±<br>0,48       | 1,51±<br>0,27            |

*Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.*

Нами встановлено досить нерівномірний за значеннями характер формування цього показника у розрізі міжфазних періодів вегетації сочевиці.

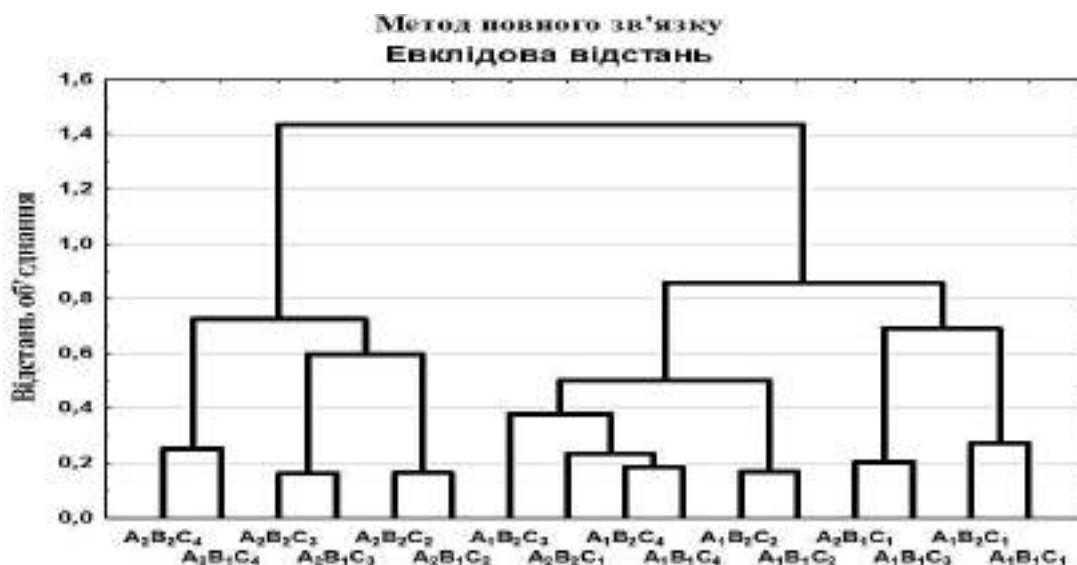
Максимуми було розраховано для міжфазних періодів сходи-бутонізація та цвітіння-формування бобів. Причому, максимальні значення відмічено саме для другого міжфазного періоду. В оцінці двох складових міжфазних періодів сходи-цвітіння та цвітіння-достигання слід відмітити істотно вищі значення для першого періоду, що підтверджує зроблені нами раніше висновки щодо періодизації темпів росту сочевиці у досліді. Застосування заходів оптимізації живлення рослин сочевиці за рахунок інокуляції, обробки насіння та позакоренових підживлень підвищувало показник ЧПФ.

Так усереднені значення показника по фоні з інокуляцією насіння забезпечили формування показника ЧПФ на рівні  $2,02 \text{ г/м}^2$  за добу що на 8,5 % вище, ніж на усередненому значенні показника без застосування інокуляції. Аналогічні показники для міжфазного періоду цвітіння-достигання склали  $1,29 \text{ г/м}^2$  за добу та 28,5 %, відповідно.

Обробка насіння мікродобривом Оракул на інокульованому фоні у співставленні до необробленого варіанту сприяла збільшенню показника ЧПФ на 3,5 % та 11,1 %, відповідно у перший та другий міжфазний періоди. Аналогічні показники для цього ж варіанту на варіантах без інокуляції склали 1,9% та 10,8 %.

Позитивну дію встановлено і за використання системи позакоренових підживлень – за одноразового застосування Ярило активний старт PRO вказані прирости величини показника до усередненого значення по варіантах без їх застосування для обох міжфазних періодів на рівні 12,0 та 12,5 %. При застосуванні у підживлення мікродобрива Авангард Комплекс Бобові – 10,3 та 31,0 %, а за комбінованого використання вказаних мікродобрив – 10,9 та 35,0 %, відповідно. Таким чином, варіант комплексного використання заходів оптимізації забезпечив максимальні значення ЧПФ на рівні  $2,15$  та  $1,51 \text{ г/м}^2$  за добу у відповідні міжфазні періоди сходи-цвітіння та цвітіння-достигання.

Проведений аналіз підтверджується кластерним співставленням системи показників ЧПФ для масиву даних у межах визначених міжфазних періодів вегетації сочевиці (рис. 4.11).



*Зміст факторів: A – інокуляція; B – обробка насіння; C – підживлення.*

**Рисунок 4.11 – Кластерна система співставлення комбінацій варіантів дослідів за методом повного зв'язку для показника ЧПФ (у системі варіантів 2019–2021 рр.)**

За методом повного зв'язку варіанти з інокуляцією та без інокуляції сформували окремі кластерні групи, а варіанти із обробкою насіння мікродобрином увійшли у відповідні варіанти інокуляції. За цією ж схемою інокуляція підсилює позитивну дію позакореневих підживлень, що підтверджується більшими евклідовими відстанями для комбінацій факторів інокуляція-підживлення. За цих же умов одноразове застосування на ранніх фазах вегетації сочевиці з огляду на відокремлений характер розміщення варіантів із застосуванням даного варіанту як за інокуляції, так і без неї із високим ординатним положенням за градацією відстаней об'єднання.

Важливим у плані оцінки показників ФП та ЧПФ є вивчення їх зв'язку із показниками продуктивності даної сільськогосподарської культури [329]. За цих умов, такими показниками продуктивності можуть бути значення нагромадження вегетативної маси та сухої речовини або ж вихід врожаю на одиницю ФП та ЧПФ [327]. Враховуючи ці твердження було проведено

кореляційно-регресійний аналіз взаємозалежностей ФП та ЧПФ з означеними показниками продуктивності рослин сочевиці у розрізі років досліджень (табл. 4.7) та у загальному співставленні масиву даних у системі роки-варіанти-повторення (рис. 4.12–4.14).

Таблиця 4.7

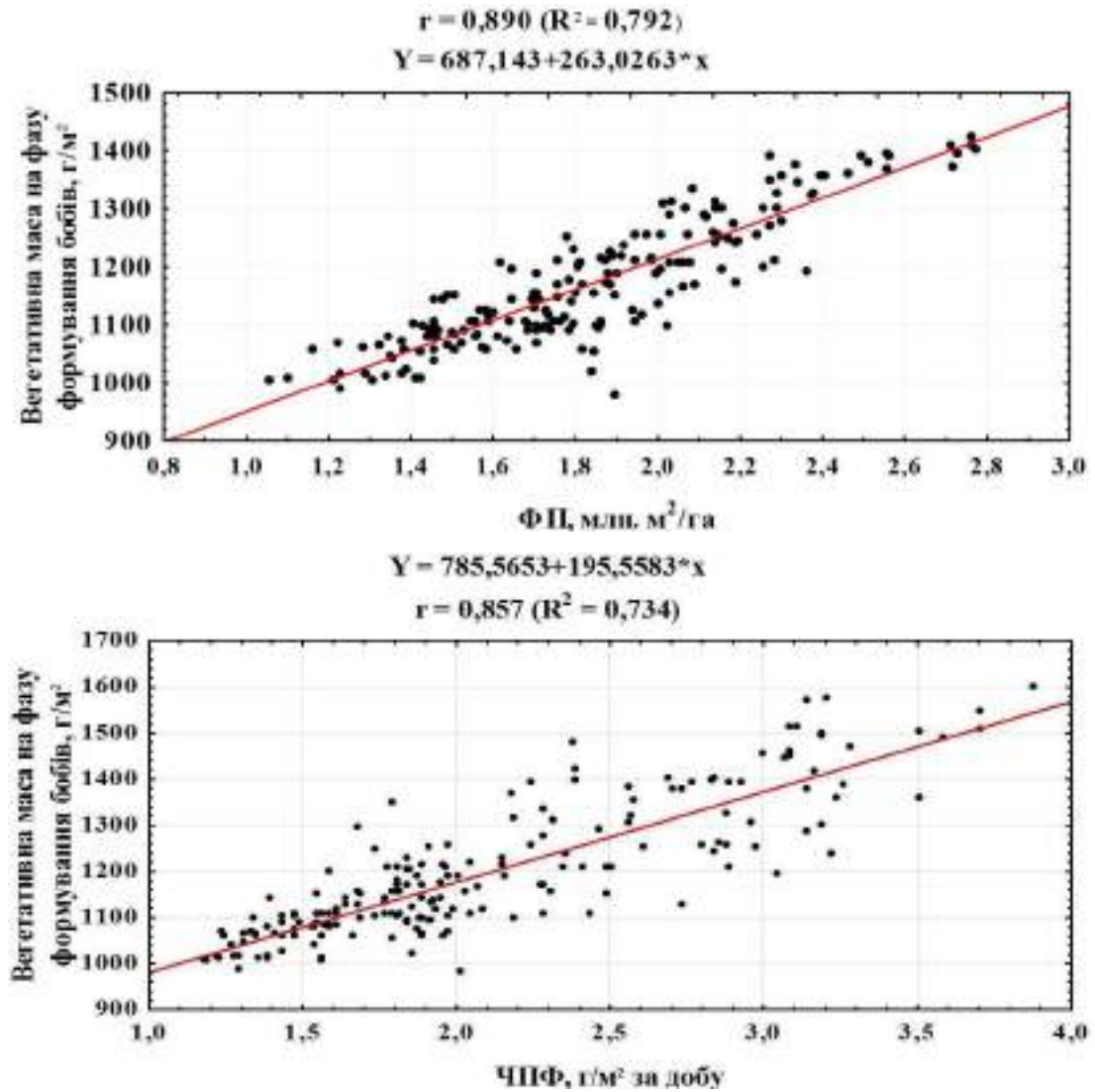
**Кореляційні залежності між ваговою і фотосинтетичною діяльністю посівів сочевиці за міжфазний період сходи-формування бобів, 2019–2021 рр. (для n = 64 (у співставленні варіанти-повторення))**

| Рік                            | Фотосинтетичний потенціал посіву (ФП), млн м <sup>2</sup> діб/га (X <sub>2</sub> )                                                            | Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), г/м <sup>2</sup> за добу (X <sub>1</sub> ) | Вихід сухої маси, т/га | Вихід вегетативної маси, т/га |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 2019                           |                                                                                                                                               | 0,929***                                                                           | 0,867***               | 0,889***                      |
|                                |                                                                                                                                               |                                                                                    | 0,746***               | 0,897***                      |
|                                |                                                                                                                                               |                                                                                    |                        | 0,775***                      |
| 2020                           | —                                                                                                                                             | 0,971***                                                                           | 0,926***               | 0,934***                      |
|                                |                                                                                                                                               | —                                                                                  | 0,839***               | 0,956***                      |
|                                |                                                                                                                                               |                                                                                    | —                      | 0,902***                      |
| 2021                           | —                                                                                                                                             | 0,891***                                                                           | 0,613**                | 0,847***                      |
|                                |                                                                                                                                               | —                                                                                  | 0,619**                | 0,719***                      |
|                                |                                                                                                                                               |                                                                                    | —                      | 0,589**                       |
| Вихід сухої речовини (Y), т/га |                                                                                                                                               |                                                                                    |                        |                               |
| 2019                           | Y = -1,149 + 0,215X <sub>1</sub> + 2,535X <sub>2</sub> (R <sub>мн</sub> = 0,903, R <sup>2</sup> <sub>adj</sub> = 0,791, p = 0,0027...0,0033*) |                                                                                    |                        |                               |
| 2020                           | Y = -2,428 + 0,284X <sub>1</sub> + 3,293X <sub>2</sub> (R <sub>мн</sub> = 0,989, R <sup>2</sup> <sub>adj</sub> = 0,976, p = 0,000...0,0001*)  |                                                                                    |                        |                               |
| 2021                           | Y = -2,659 + 0,305X <sub>1</sub> + 2,194X <sub>2</sub> (R <sub>мн</sub> = 0,968, R <sup>2</sup> <sub>adj</sub> = 0,929, p = 0,000...0,0001*)  |                                                                                    |                        |                               |

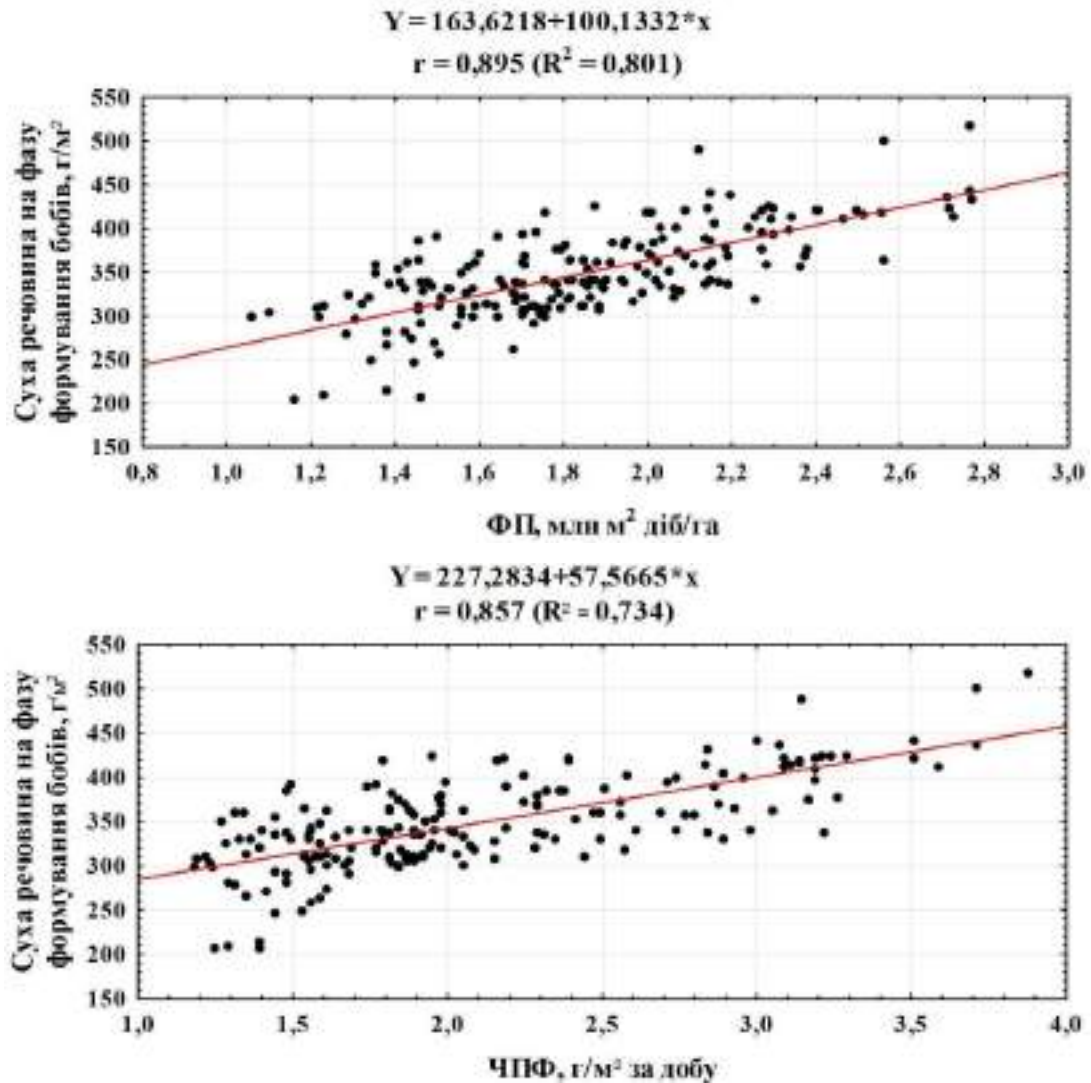
Примітки: 1.\* – достовірно на 5 % рівні значущості; 2. \*\* – достовірно на 1 % рівні значущості; 3. достовірно на 0,1 % рівні значущості; 4. X<sub>1</sub> – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м<sup>2</sup> за добу; X<sub>2</sub> – фотосинтетичний потенціал посіву, млн м<sup>2</sup> діб/га; R<sub>мн</sub> – коефіцієнт множинної кореляції, R<sup>2</sup><sub>adj</sub> – скоректований коефіцієнт детермінації, \* – інтервал p-level для коефіцієнтів рівняння.

На підставі отриманих результатів можна стверджувати про тісний зв'язок у сочевиці між ФП та накопичення вегетативної маси із рівнем детермінації у багаторічному комплексі отриманих даних у межах досліджуваних варіантів на рівні 79,2 % та накопиченням сухої речовини на рівні 73,4 % (рис. 4.12). Подібні залежності між ЧПФ і накопиченням відповідно вегетативної маси та сухої речовини становили 80,1 та 73,4 %, відповідно (рис. 4.13). Що стосується впливу річної варіанси на детермінацію

залежностей, то відповідно до даних табл. 4.7 – вона істотна за підвищення стресовості року вегетації сочевиці. Так для умов 2021 року вегетації, який серед років дослідження був найбільш стресовим за коливанням температур та нерівномірністю атмосферного зволоження за рахунок тиску цих процесів як на загальний морфогенез, так і на фізіологічні перетворення у рослинах сочевиці залежність між окресленими парами ознак була істотно нижчою.



**Рисунок 4.12 – Залежність між виходом вегетативної маси за період сходи-формування бобів і ФП посіву (верхня позиція) та чистою продуктивністю фотосинтезу (нижня позиція) сочевиці (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (для  $n = 192$ , у співставленні варіанти-повторення-роки).**



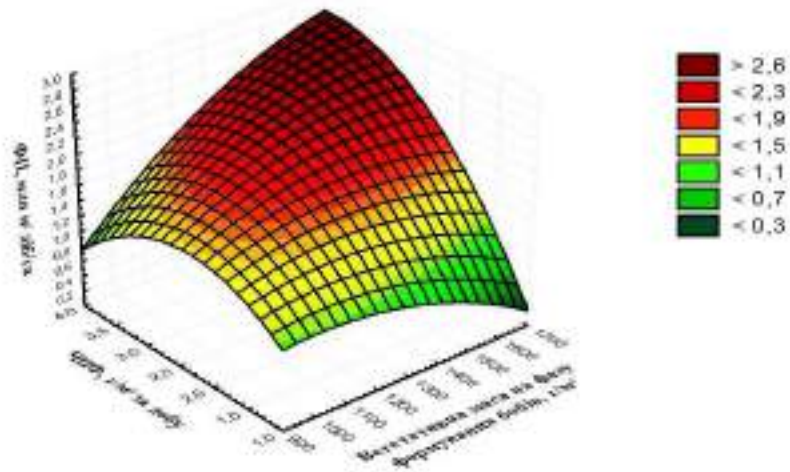
**Рисунок 4.13 – Залежність між виходом сухої речовини за період сходи-формування бобів і ФП посіву (верхня позиція) та чистою продуктивністю фотосинтезу (нижня позиція) сочевиці (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (для  $n = 192$ , у співставленні варіанти-повторення-роки)**

Такі ж особливості встановлено і для років із надмірним зволоженням (умови 2019 року вегетації) на фоні помірних температур у період міжфазного періоду бутонізація-формування бобів. Тобто залежність має більш тісну силу за типових гідротермічних режимів зони досліджень, яким відповідали із певним наближенням умови 2020 року вегетації. Вказані висновки узгоджуються із тривалими дослідженнями вираженості кореляційних залежностей на фоні змінної річної варіанси умов у монографічній праці Н.С. Ростової [337], а також узгоджуються з

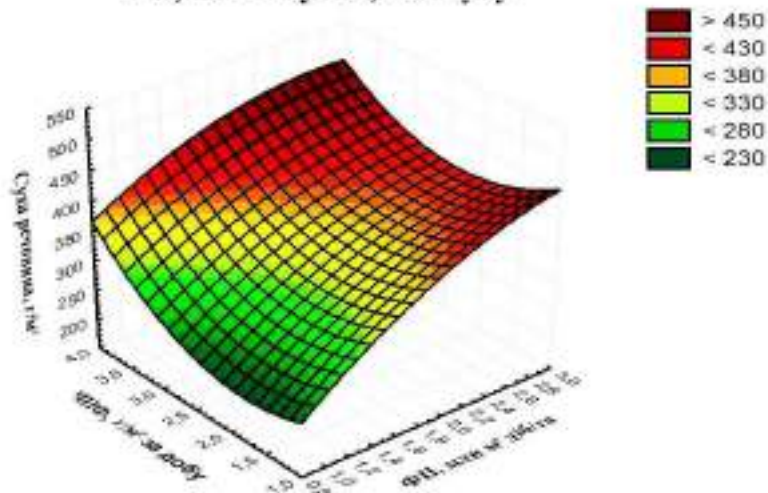


результатами регресійного аналізу вказаних пар ФП та ЧПФ по відношенню до нагромадження вегетативної маси та сухої речовини за міжфазний період сходи-формування бобів (рис. 4.14).

$$\text{ФП} = -0,8991 + 0,0027 \cdot x + 0,3064 \cdot y - 1,8882 \cdot 10^{-6} \cdot x \cdot x + 0,0012 \cdot x \cdot y - 0,2945 \cdot y \cdot y$$



$$\text{Суша речовина (г/м}^2\text{)} = 163,4067 + 213,9714 \cdot x - 94,0169 \cdot y - 27,5934 \cdot x \cdot x - 13,6406 \cdot x \cdot y + 29,3296 \cdot y \cdot y$$



**Рисунок 4.14 – Реакційні поверхні залежності нагромадження вегетативної маси (верхня позиція) та сухої речовини (нижня позиція) від зміни показників ФП та ЧПФ у сочевиці за період сходи – формування бобів (у єдиному масиві даних за період 2019–2021 рр.)**

Представлені реакційні поверхні додатково підтверджують як визначені зв'язки, так і з огляду на їх мікрорельєфну конфігурації на ситуативну комплексність таких залежностей зумовлених дією безпосередньо факторів дослідів поставлених на вивчення. Не менш важливим аспектом оцінки

ефективності функціонування асиміляційної поверхні рослин є співставлення величин ФП та ЧПФ за період від сходів до досягання із рівнями врожаю у цій же єдиній системі даних, тобто проведення оцінки реалізації продуктивного потенціалу асиміляційної поверхні рослин. На важливість і базовість такої оцінки вказано у дослідженнях А.А. Ничипоровича [327, 328].

Результати такого дослідження послідовно представлено на рис. 4.15–4.16.

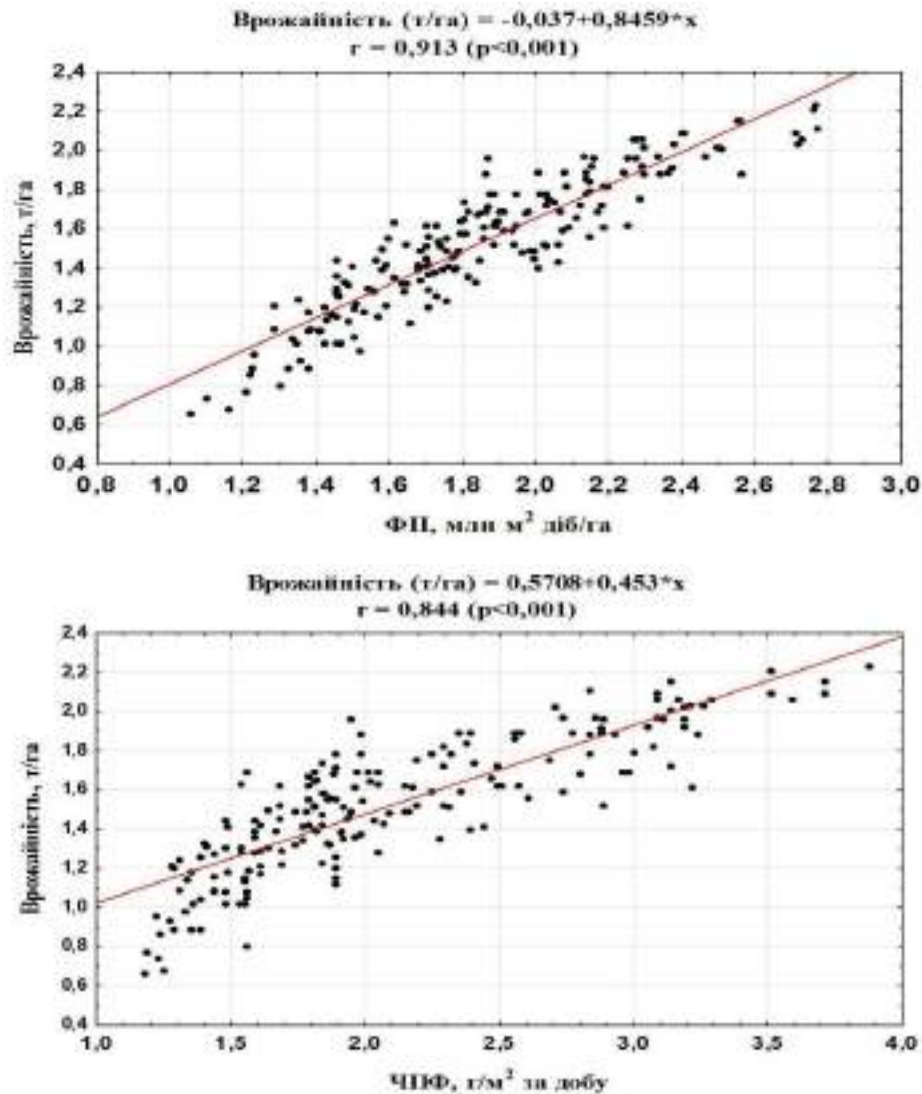
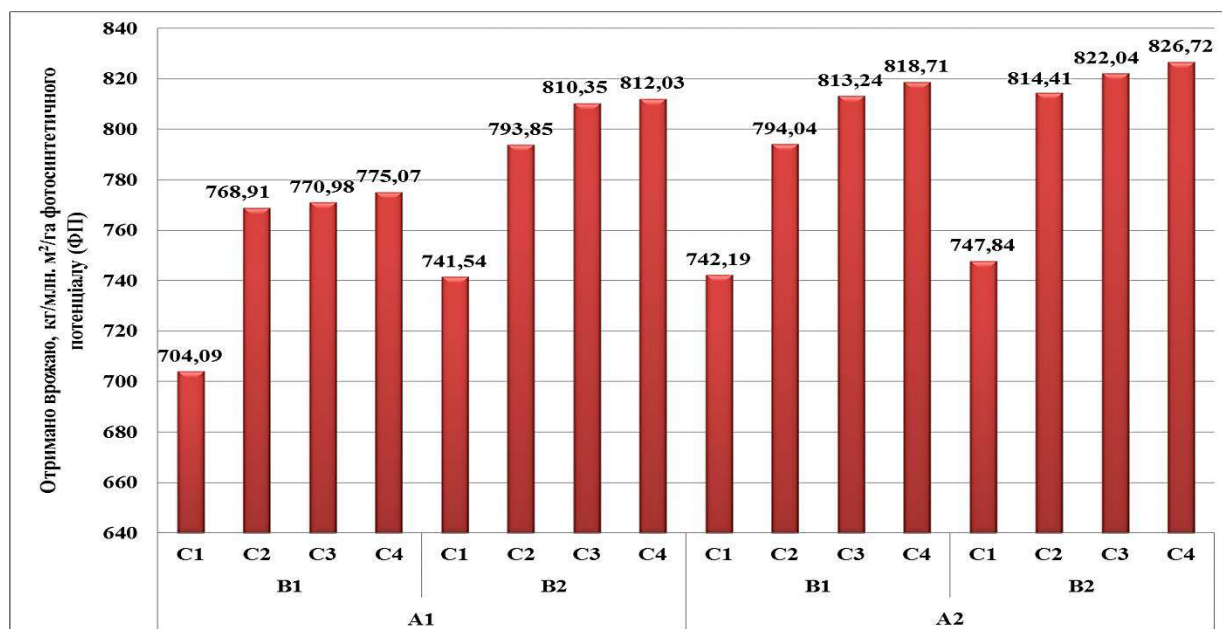


Рисунок 4.15 – Залежність між врожайністю і ФП посіву (*верхня позиція*) та чистою продуктивністю фотосинтезу (*нижня позиція*) сочевиці за період сходи-досягання (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (для  $n = 192$ , у співставленні варіанти-повторення-роки).



Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

**Рисунок 4.16 – Отримано врожаю сочевиці у розрахунку на 1 млн.  $m^2$ /га фотосинтетичного потенціалу (ФП) залежно від досліджуваних варіантів досліду, кг, середнє за 2019–2021 рр.**

На підставі представлених даних нами встановлена тісна залежність прямого характеру між ФП агроценозу сочевиці за міжфазний період сходо-достигання та його врожайністю із рівнем детермінації 83,4 % та такий же характер тісноти зв'язку між показником ЧПФ за той же період та врожайністю при детермінації 71,2 %. Такі висновки узгоджуються із натуральним показником виходу зерна сочевиці на одиницю ФП посіву. При цьому приріст цього показника за рахунок інокуляції до неінокульованого фону склав 6,0 %, за рахунок застосування мікродобрива для передпосівної обробки насіння 1,5 % та 10,1 % за рахунок комбінованого використання двох мікродобрив у підживлення. Максимальний показник виходу 1 кг врожаю на одиницю ФП відмічено у варіанті комплексного застосування засобів оптимізації живлення сочевиці у значенні 826,7 кг на 1 млн.  $m^2$ /га фотосинтетичного потенціалу, що склало приріст 17,6 % до абсолютного контролю без застосування таких факторів оптимізації.

Не слід забувати, що будь-який агроценоз є складною оптичною системою яка взаємодіючи з фотосинтетично-активною радіацією забезпечує формування відповідних рівнів продуктивності сільськогосподарських культур [338]. При цьому ефективність використання ФАР агроценозом є складним багатофакторним показником, який визначається як погодніми умовами у період вегетації так і спектром агротехнологічних заходів, які застосовуються у процесі вирощування відповідної сільськогосподарської культури [339]. Ефективні варіанти технології у підсумку забезпечують формування показника використання ФАР більшого за значенням [340].

Результатами наших визначень (табл. 4.8) встановлено що застосування послідовного застосування заходів оптимізації живлення сочевиці сприяє підвищенню рівня використання ФАР. Так застосування інокуляції, у співставленні варіантів з інокуляцією і без, підвищує коефіцієнт використання ФАР на 27,9 %. Додаткова обробка насіння мікродобривом на фоні без інокуляції дозволила збільшити його значення на 7,3 %, а на інокульованому фоні – на 10,4 %. Варіант одноразового застосування мікродобрива Ярило активний старт PRO у порівнянні із середнім значенням на варіантах без застосування позакореневих підживлень забезпечив зростання даного показника на 17,3 %, а варіант застосування мікродобрива Авангард Комплекс Бобові у тій же системі співставлення – на 22,0 %. При комбінованому застосуванні обох мікродобрив ріст склав 32,9 %. У загальному підсумку мінімальний коефіцієнт використання ФАР агроценозом сочевиці був у варіанті повної відсутності застосованих заходів оптимізації живлення сочевиці на рівні 0,771 %, а максимальний у варіанті максимального технологічного навантаження із застосуванням всіх факторів оптимізації – 1,427 %, що становить коефіцієнт росту 1,85.

Таким чином, загальна продуктивність ФАР агроценозу сочевиці мала виражену тенденцію до сталого зростання за послідовного застосування додаткових чинників – інокуляції, обробки насіння мікродобривом та позакореневих підживлень.

Таблиця 4.8

**Коефіцієнт використання ФАР посівами сочевиці на фазу  
формування-достигання бобів залежно від досліджуваних варіантів  
дослідів, % (середнє за 2019–2021 рр.)**

| Інокуляція                          | Обробка<br>насіння           | Позакореневе<br>підживлення                                  | Суша<br>речовина,<br>г/м <sup>2</sup> | Зв'язана<br>енергія,<br>кДж/м <sup>2</sup> | Середня<br>багаторічна<br>сума ФАР за<br>період сходи-<br>достигання<br>бобів,<br>кДж/м <sup>2</sup> [339] | Коефіцієнт<br>вико-<br>ристання<br>ФАР, % |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Без<br>інокуляції                   | Контроль<br>(без<br>обробки) | Без підживлення                                              | 0,2057                                | 4058,5                                     | 526558,1                                                                                                   | 0,771                                     |
|                                     |                              | Ярило активний<br>старт PRO                                  | 0,2476                                | 4885,1                                     | 534145,2                                                                                                   | 0,915                                     |
|                                     |                              | Авангард Комплекс<br>Бобові                                  | 0,2627                                | 5183,1                                     | 556906,5                                                                                                   | 0,931                                     |
|                                     |                              | Ярило активний<br>старт PRO +<br>Авангард Комплекс<br>Бобові | 0,2843                                | 5609,2                                     | 564493,5                                                                                                   | 0,994                                     |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т) | Без підживлення                                              | 0,2247                                | 4433,3                                     | 534145,2                                                                                                   | 0,830                                     |
|                                     |                              | Ярило активний<br>старт PRO                                  | 0,2717                                | 5360,6                                     | 549319,4                                                                                                   | 0,976                                     |
|                                     |                              | Авангард Комплекс<br>Бобові                                  | 0,2851                                | 5625,0                                     | 572080,6                                                                                                   | 0,983                                     |
|                                     |                              | Ярило активний<br>старт PRO +<br>Авангард Комплекс<br>Бобові | 0,3188                                | 6289,9                                     | 579667,7                                                                                                   | 1,085                                     |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки) | Без підживлення                                              | 0,2602                                | 5133,7                                     | 549319,4                                                                                                   | 0,935                                     |
|                                     |                              | Ярило активний<br>старт PRO                                  | 0,3182                                | 6278,1                                     | 556906,5                                                                                                   | 1,127                                     |
|                                     |                              | Авангард Комплекс<br>Бобові                                  | 0,3456                                | 6818,7                                     | 572080,6                                                                                                   | 1,192                                     |
|                                     |                              | Ярило активний<br>старт PRO +<br>Авангард Комплекс<br>Бобові | 0,3858                                | 7611,8                                     | 587254,8                                                                                                   | 1,296                                     |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т) | Без підживлення                                              | 0,3042                                | 6001,9                                     | 556906,5                                                                                                   | 1,078                                     |
|                                     |                              | Ярило активний<br>старт PRO                                  | 0,3498                                | 6901,6                                     | 564493,5                                                                                                   | 1,223                                     |
|                                     |                              | Авангард Комплекс<br>Бобові                                  | 0,3909                                | 7712,5                                     | 594841,9                                                                                                   | 1,297                                     |
|                                     |                              | Ярило активний<br>старт PRO +<br>Авангард Комплекс<br>Бобові | 0,4358                                | 8598,3                                     | 602429,0                                                                                                   | 1,427                                     |

*Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.*

### 4.3. Показники індукції флуоресценції хлорофілу сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакорневих підживлень

Серед методів які застосовуються як інноваційні для оцінки ефективності функціонування асиміляційної поверхні рослин метод індукції флуоресценції хлорофілу є одним із найбільш апробованих та широкозастосованих методів [341]. Наголошується [342–349], що цей метод дає інформацію про абіотичну стресостійкість рослин, реакцію на поширеність вірусних хвороб та уражень листкового апарату, фізіологічної реакції на застосування гербіцидів, позакорневих підживлень, стимуляторів та регуляторів росту рослин тощо.

Враховуючи інформаційність цього методу, він був застосований у наших дослідженнях із використанням портативного флуорометра «Флоратест» (рис. 4.17) [350].



*Рисунок 4.17 – Загальний вигляд портативного флуорометра «Флоратест» (зліва) та вимірювання показників флуоресценції хлорофілу на листках лабораторне вирощування).*

За рахунок застосування типологічної схеми його застосування та враховуючи методичні підходи до збору, обробки та візуалізації даних у системі застосування портативних флуорометрів [351–354] у розрізі варіантів системи наших досліджень було сформовано масив даних показників кривої ІФХ (табл. 4.9, рис. 4.18 а–б).

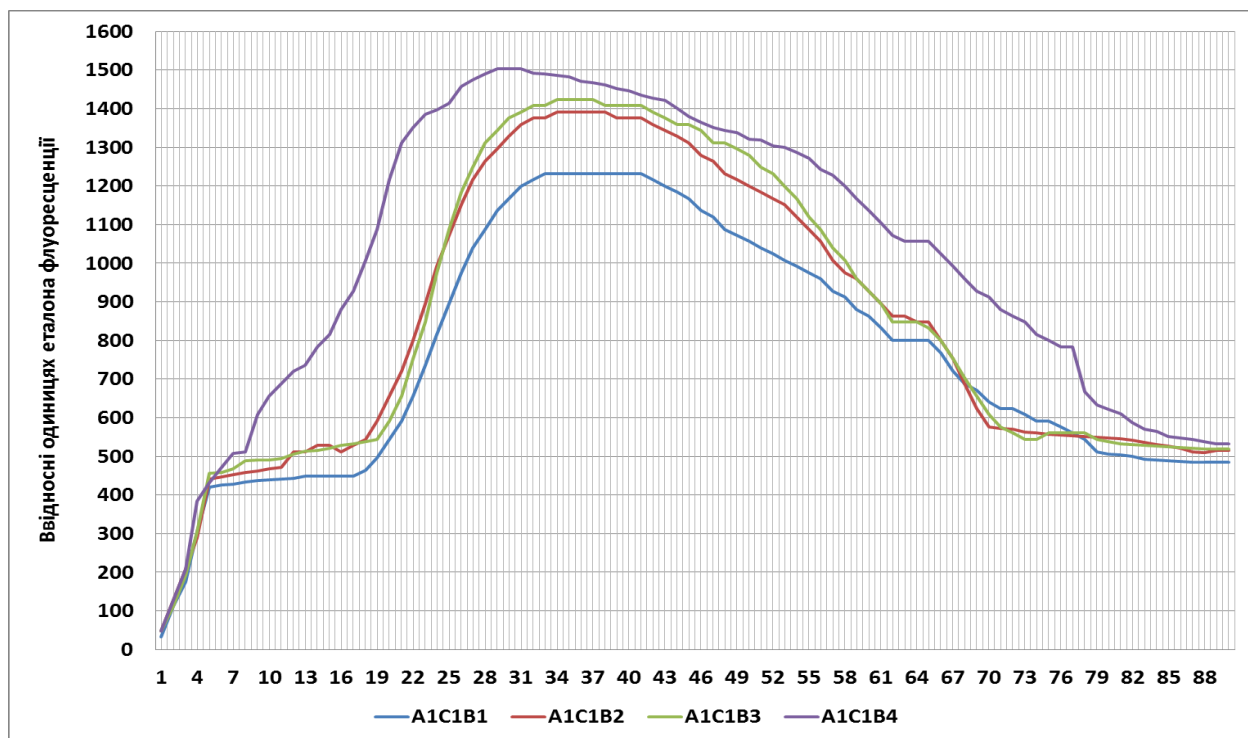
Таблиця 4.9

**Базові та розрахункові показники кривої індукції флуоресценції хлорофілу залежно від застосованих варіантів обробки насіння та позакоренових підживлень сочевиці на фазу формування бобів (ВВСН 65–68) (середнє за 2019–2021 рр. у відносних одиницях еталона флуоресценції)**

| Інокуляція<br>(В)               | Обробка<br>насіння<br>(С)    | Варіант<br>піджив-<br>лення (D)                                                                                                                        | Базові показники |                 |                |                 | Розрахункові індекси та показники |                |                                  |       |                 |                 |                 |                 |       |                  |                 |                |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|------------------|-----------------|----------------|
|                                 |                              |                                                                                                                                                        | F <sub>0</sub>   | F <sub>pl</sub> | F <sub>m</sub> | F <sub>st</sub> | dF <sub>pl</sub>                  | F <sub>v</sub> | dF <sub>pl</sub> /F <sub>v</sub> | EP    | L <sub>wp</sub> | Q <sub>ue</sub> | RF <sub>d</sub> | K <sub>ef</sub> | QP    | K <sub>prp</sub> | K <sub>fd</sub> | V <sub>t</sub> |
| Без інокуляції                  | Контроль<br>(без<br>обробки) | 1 (C <sub>1</sub> )                                                                                                                                    | 420              | 444             | 1232           | 484             | 24                                | 812            | 0,030                            | 0,659 | 2,933           | 0,517           | 1,545           | 0,393           | 0,921 | 1,933            | 2,545           | 0,079          |
|                                 |                              | 2 (C <sub>2</sub> )                                                                                                                                    | 442              | 472             | 1392           | 516             | 30                                | 950            | 0,032                            | 0,682 | 3,149           | 0,465           | 1,698           | 0,371           | 0,922 | 2,149            | 2,698           | 0,078          |
|                                 |                              | 3 (C <sub>3</sub> )                                                                                                                                    | 456              | 491             | 1424           | 519             | 35                                | 968            | 0,036                            | 0,680 | 3,123           | 0,471           | 1,744           | 0,364           | 0,935 | 2,123            | 2,744           | 0,065          |
|                                 |                              | 4 (C <sub>4</sub> )                                                                                                                                    | 472              | 512             | 1504           | 533             | 40                                | 1032           | 0,039                            | 0,686 | 3,186           | 0,457           | 1,822           | 0,354           | 0,941 | 2,186            | 2,822           | 0,059          |
|                                 | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т) | 1 (C <sub>1</sub> )                                                                                                                                    | 424              | 471             | 1282           | 487             | 47                                | 858            | 0,055                            | 0,669 | 3,024           | 0,494           | 1,632           | 0,380           | 0,927 | 2,024            | 2,632           | 0,073          |
|                                 |                              | 2 (C <sub>2</sub> )                                                                                                                                    | 448              | 496             | 1418           | 528             | 48                                | 970            | 0,049                            | 0,684 | 3,165           | 0,462           | 1,686           | 0,372           | 0,918 | 2,165            | 2,686           | 0,082          |
|                                 |                              | 3 (C <sub>3</sub> )                                                                                                                                    | 464              | 524             | 1467           | 535             | 60                                | 1003           | 0,060                            | 0,684 | 3,162           | 0,463           | 1,742           | 0,365           | 0,929 | 2,162            | 2,742           | 0,071          |
|                                 |                              | 4 (C <sub>4</sub> )                                                                                                                                    | 496              | 562             | 1574           | 541             | 66                                | 1078           | 0,061                            | 0,685 | 3,173           | 0,460           | 1,909           | 0,344           | 0,958 | 2,173            | 2,909           | 0,042          |
| Інокуляція<br>Андрізі-р (2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки) | 1 (C <sub>1</sub> )                                                                                                                                    | 581              | 648             | 1984           | 619             | 67                                | 1403           | 0,048                            | 0,707 | 3,415           | 0,414           | 2,205           | 0,312           | 0,973 | 2,415            | 3,205           | 0,027          |
|                                 |                              | 2 (C <sub>2</sub> )                                                                                                                                    | 592              | 662             | 2024           | 627             | 70                                | 1432           | 0,049                            | 0,708 | 3,419           | 0,413           | 2,228           | 0,310           | 0,976 | 2,419            | 3,228           | 0,024          |
|                                 |                              | 3 (C <sub>3</sub> )                                                                                                                                    | 608              | 688             | 2180           | 634             | 80                                | 1572           | 0,051                            | 0,721 | 3,586           | 0,387           | 2,438           | 0,291           | 0,983 | 2,586            | 3,438           | 0,017          |
|                                 |                              | 4 (C <sub>4</sub> )                                                                                                                                    | 624              | 723             | 2244           | 642             | 99                                | 1620           | 0,061                            | 0,722 | 3,596           | 0,385           | 2,495           | 0,286           | 0,989 | 2,596            | 3,495           | 0,011          |
|                                 | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т) | 1 (C <sub>1</sub> )                                                                                                                                    | 588              | 651             | 2008           | 625             | 63                                | 1420           | 0,044                            | 0,707 | 3,415           | 0,414           | 2,213           | 0,311           | 0,974 | 2,415            | 3,213           | 0,026          |
|                                 |                              | 2 (C <sub>2</sub> )                                                                                                                                    | 614              | 668             | 2105           | 648             | 54                                | 1491           | 0,036                            | 0,708 | 3,428           | 0,412           | 2,248           | 0,308           | 0,977 | 2,428            | 3,248           | 0,023          |
|                                 |                              | 3 (C <sub>3</sub> )                                                                                                                                    | 628              | 712             | 2279           | 655             | 84                                | 1651           | 0,051                            | 0,724 | 3,629           | 0,380           | 2,479           | 0,287           | 0,984 | 2,629            | 3,479           | 0,016          |
|                                 |                              | 4 (C <sub>4</sub> )                                                                                                                                    | 641              | 751             | 2358           | 659             | 110                               | 1717           | 0,064                            | 0,728 | 3,679           | 0,373           | 2,578           | 0,279           | 0,990 | 2,679            | 3,578           | 0,010          |
| НІР <sub>05</sub>               | F <sub>0</sub>               | A 5,50; B 4,49; C 4,49; D 6,35; AB 7,78; AC 7,78; AD 11,00; BC 6,35; BD 8,98; CD 8,98; ABC 11,00; ABD 15,56; ACD 15,56; BCD 12,71; ABCD 22,01          |                  |                 |                |                 |                                   |                |                                  |       |                 |                 |                 |                 |       |                  |                 |                |
|                                 | F <sub>pl</sub>              | A 5,86; B 4,78; C 4,78; D 6,76; AB 8,28; AC 8,28; AD 11,72; BC 6,76; BD 9,57; CD 9,57; ABC 11,72; ABD 16,57; ACD 16,57; BCD 13,53; ABCD 23,43          |                  |                 |                |                 |                                   |                |                                  |       |                 |                 |                 |                 |       |                  |                 |                |
|                                 | F <sub>m</sub>               | A 17,67; B 14,42; C 14,42; D 20,40; AB 24,98; AC 24,98; AD 35,33; BC 20,40; BD 28,85; CD 28,85; ABC 35,33; ABD 49,97; ACD 49,97; BCD 40,80; ABCD 70,66 |                  |                 |                |                 |                                   |                |                                  |       |                 |                 |                 |                 |       |                  |                 |                |
|                                 | F <sub>st</sub>              | A 4,10; B 3,34; C 3,34; D 4,73; AB 5,79; AC 5,79; AD 8,19; BC 4,73; BD 6,69; CD 6,69; ABC 8,19; ABD 11,58; ACD 11,58; BCD 9,46; ABCD 16,38             |                  |                 |                |                 |                                   |                |                                  |       |                 |                 |                 |                 |       |                  |                 |                |

*Чинник А – річна варіанса умови року вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.*

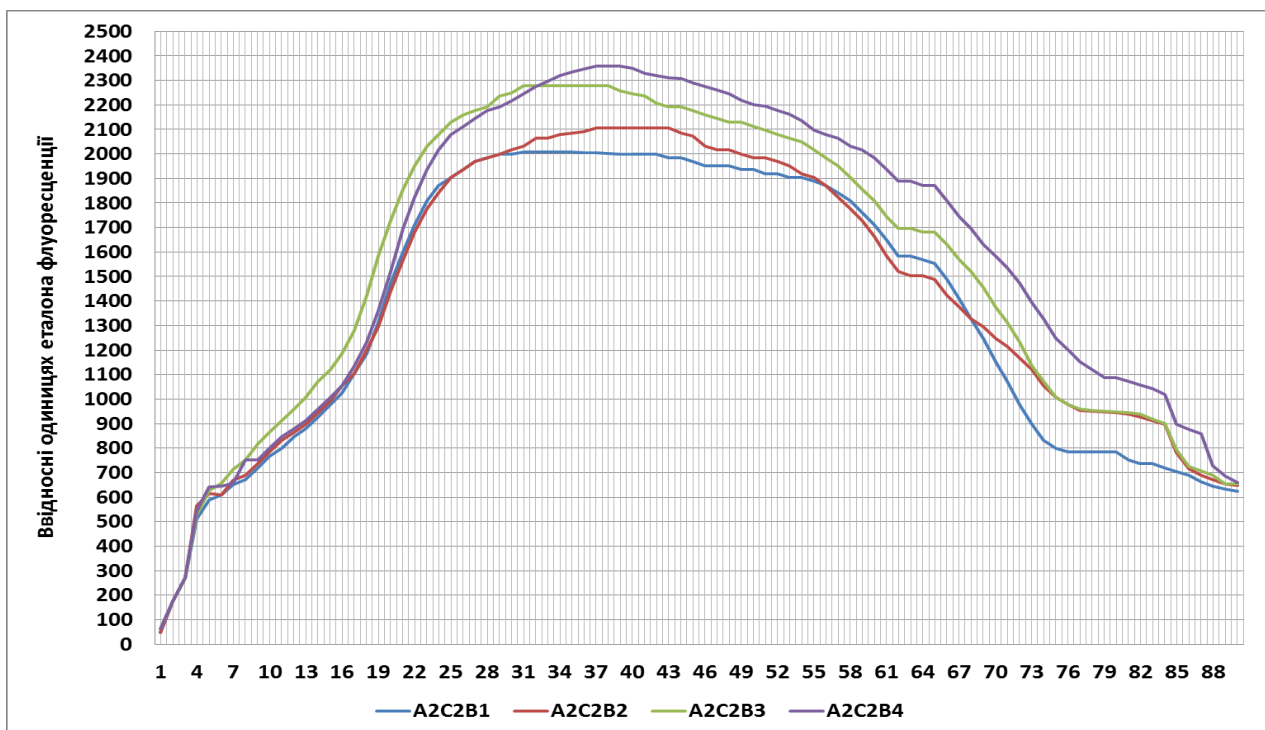
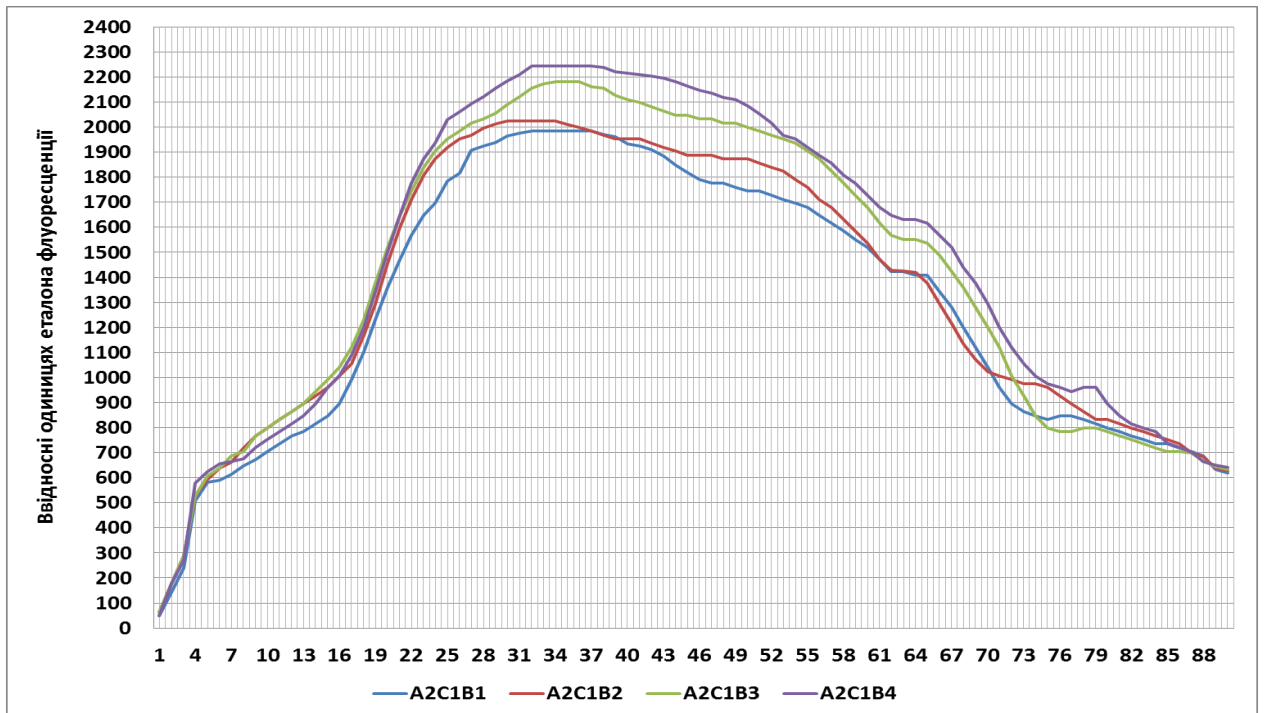




Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

Рисунок 4.18 а – Індукційні зміни кривих флуоресценції хлорофілу сочевиці залежно від обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення на фазу формування бобів (BBCH 65–68) за 90 секундного періоду фіксації (горизонтальна вісь), 2019–2021 рр.





Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

**Рисунок 4.18 б – Індукційні зміни кривих флуоресценції хлорофілу сочевиці залежно від інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення на фазу формування бобів (ВВСН 65–68) за 90 секундного періоду фіксації (горизонтальна вісь), 2019–2021 рр.**

Відповідно до представлених результатів фотосистема рослин сочевиці чутливо реагує на оптимізацію їх живлення як за застосування заходів при допосівній підготовці насіння, так безпосередньо при проведенні системи позакореневих підживлень. Якщо у першому випадку це слід віднести до фактора загальної оптимізації ростових та асиміляційно формуючих процесів, що було доведено у попередніх підрозділах, то в другому випадку це безпосередньо пов'язано із прямою дією мікродобрив на фотосистему листка.

Проведемо детальний аналіз сформованого блоку показників, враховуючи дату фіксації та збору даних, максимально наближеної до фази досягання. Критерій  $F_0$  вважається початковим відліком кривої ІФХ і за своєю суттю визначає загальну активність фотосистеми листків рослин. Нижче його значення вказує на сповільненість реакційних центрів у плані ФАР збудження та швидкості імплементації передачі енергії в даних центрах [259–260, 355]. Виходячи із цього, блок варіантів де не застосовувалась інокуляція із середнім значенням  $F_0$  на рівні 452,8 відносних одиниць еталона флуоресценції та середнього по варіантах із застосуванням інокуляції – 609,5 відносних одиниць еталона флуоресценції (співставний приріст 34,6 %) дозволяють підкреслити позитивну дію саме інокуляції у пролонгованій перспективі із наростаючим ефектом дії від посіву обробленого насіння до дати фіксації показників ІФХ. Вплив застосування обробки насіння мікродобривом був істотно нижчим і становив у порівнянні із середнім по варіантах там де цей прийом не застосовувався приріст величини показника 2,3 % на фоні без інокуляції та 2,8 % на фоні із її застосуванням. Прирости показників при застосуванні позакореневих підживлень до середнього по варіантах без їх застосування склали 4,1 % при одноразовому підживленні на початку стеблуння, 7,0 % при одноразовому підживленні на початку бутонізації та 10,9 % при поєднанні вказаних підживлень по вегетації сочевиці. Сумарне збільшення у співставленні двох граничних варіантів у

схемі досліду показує вище на 52,6 % значення  $F_0$  у варіанті комбінованого і комплексного застосування факторів оптимізації живлення сочевиці.

Показник  $F_{pl}$  (флуоресценція зони «плато») зона досягнення тимчасового сповільнення сигналу реакції фотосистеми листка на збудження. Показник флуоресценції на рівні  $F_{pl}$  зумовлений швидким насиченням енергії по реакційних центрах (РЦ), які не передають енергію на електрон-транспортний ланцюг (вони не відновлюють первинний акцептор QA і таким чином є реакційні центри, що не відновлюють електрон-транспортний ланцюг) [259]. По своїй суті показник  $F_{pl}$  виражає етап сповільнення кривої ІФХ і визначає певні видові особливості рівнів організації власне фотосистеми рослин. Додаткове мінеральне живлення при цьому за рахунок стабілізуючої оптимізації фотосистеми та зростання концентрації хлорофілу (що відмічено у дослідженнях [346, 356] сприяє досягненню цієї точки кривої ІФХ на більш високому значенні в умовних одиницях флуорисценції. Це підтверджується і нашими дослідженнями. Так середнє значення показника у варіантах без застосування інокуляції на 38,5 % нижчий, ніж при його застосуванні. Відмічено його зростання і на варіанті застосування обробки насіння мікродобривом від 2,2 % на фоні без інокуляції до 6,9 % із нею. Вплив позакорневих підживлень також був позитивним – 3,8 % у варіанті одноразового підживлення на фазу початку стеблування, 9,0 % – за одноразового підживлення у фазу початку бутонізації та 15,1 % за комбінованого застосування мікродобрив (подвійне внесення). Слід також відмітити і вираженість цієї ділянки кривої ІФХ для різних варіантів досліду. Так у варіантах без інокуляції зона «плато» добре помітна на 5–13 с реєстрації приладу з повільним переходом до інтенсивного наростання кривої ІФХ на ділянці з інтервалом 10–19 с реєстрації (рис. 4.18 а) у варіантах з інокуляцією вказано зона є менш помітною і займає інтервал часової фіксації приладу у межах 5–7 с з інтенсивним переходом до наростаючої ділянки кривої ІФХ (рис. 4.18 б).

Динаміка формування величини показника максимальної флуорисценції  $F_m$ , який характеризує потенційну продуктивність фотосинтезу рослин мав подібну динаміку змін, що й у показника  $F_0$ . Значення  $F_m$  позитивно корелює із загальною ефективністю фотосистеми рослин при передачі збуджуючого сигналу у донорно-акцепторній фізіологічній схемі фотосистеми листка рослин [355, 357]. Його формування визначає фізіологічну активність фотосистеми листка і у наших дослідженнях залежало від досліджуваних факторів досліду. Так співвідношення між інокульованим та неінокульованими фонами варіантів склало співвідношення 1,52. Приріст від застосування обробки насіння мікродобрином склав на фоні без інокуляції та на фоні з інокуляцією 3,4 та 3,8 %, відповідно. Частка застосованих мікродобрив у підживлення склала у варіанті застосування Ярило активний старт PRO 6,7 %, у варіанті застосування Авангард Комплекс Бобові 13,0 % а за їх поєднання по вегетації 18,1 %.

Підтверджуються вище зроблені висновки і результати оцінки ще одного базового критерію кривої ІФХ –  $F_{st}$ . Ступінь зниження рівня флуоресценції хлорофілу від максимального ( $F_m$ ) до стаціонарного ( $F_{st}$ ) часто використовують як інтегральний показник активності фотосинтетичного апарату рослин [355]. Відмічається [260], що стаціонарний рівень флуоресценції  $F_{st}$  показує кількість хлорофілів, які не беруть участі в передачі енергії на реакційні центри PSII. Зростання цього показника вказує на гальмування відтоку відновлених фотопродуктів від реакційних центрів внаслідок несприятливих факторів середовища [346, 358]. У дослідженнях різних авторів [355, 359, 360] відмічається що значення цього показника може слугувати для діагностування інтенсивності впливу стресового чинника за рахунок оцінки часу його досягнення на кривій ІФХ, співвідношення його величини між початковим рівнем індукції флуорисценції хлорофілу ( $F_0$ ) та максимальним його значенням, а також співставлення різниці між величиною  $F_0$  та  $F_{st}$ . За нашими оцінками його зміна мала найменшу залежність від

досліджуваних факторів досліду з огляду на формування цього показника у більшій мірі як такого, що визначається умовами взаємодії фізіологічних аспектів фотосистеми обумовлених генетичною природою у взаємодії із абіотичними чинниками довкілля. Так, загальний приріст величини показника інокульованого фону варіантів до неінокульованого склав за період досліджень 23,3 %. Приріст від застосування мікродобрих для обробки насіння 1,9 % та 2,6 % відповідно на варіантах без інокуляції та на варіантах із нею. Застосування позакореневих підживлень забезпечило прирости до контролю без їх використання у середньому по всіх варіантах системи варіантів досліду 4,7 %, 6,0 % та 7,2 % відповідно для послідовного застосування варіантів підживлень.

При цьому слід відмітити і різну статичну стабільність ліній кривих ІФХ за різних варіантів досліду. Так, найвищі коливання у тропачії точок даної кривої відмічено у варіантах без інокуляції та обробки насіння мікродобривом (рис. 4.18 а). На противагу, мінімальна амплітуда тропачії точок досліду відмічена у варіантах поєднання інокуляції, обробки насіння та позакореневих підживлень (рис. 4.18 б). Слід також зауважити, що застосування позакореневих підживлень забезпечує зростання вказаних коливань у співставленні до варіанту без їх застосування. На нашу думку та з огляду на дослідження [361], такий характер обумовлений ефектом безпосередньої взаємодії д.р. мікродобрива у пролонгованому періоді при безпосередній системі потрапляння через листок рослини.

Розрахункові показники кривої ІФХ на підставі базових показників представлені у таблиці 4.9. За аналогічної позитивної динаміки їх приростів обумовлено їх розрахунком на підставі проаналізованих показників  $F_0$ ,  $F_{pl}$ ,  $F_m$  та  $F_{st}$ , їх короткий аналіз дозволить визначити оптимальність застосованих заходів у системі варіантів досліду. Так показник  $F_v$ , який визначає амплітуду переходу від початку кривої ІФХ до її максимального значення ( $F_m$ ) та визначає швидкість реакційних центрів фотосистеми на фотосинтезуюче

збудження [362] зростає у межах 200 відносних одиниць флуоресценції у співставленні контрольних варіантів та варіантів із застосуванням двох позакореневих підживлень у кожній групі взаємодії варіанту інокуляції та обробки насіння мікродобривом.

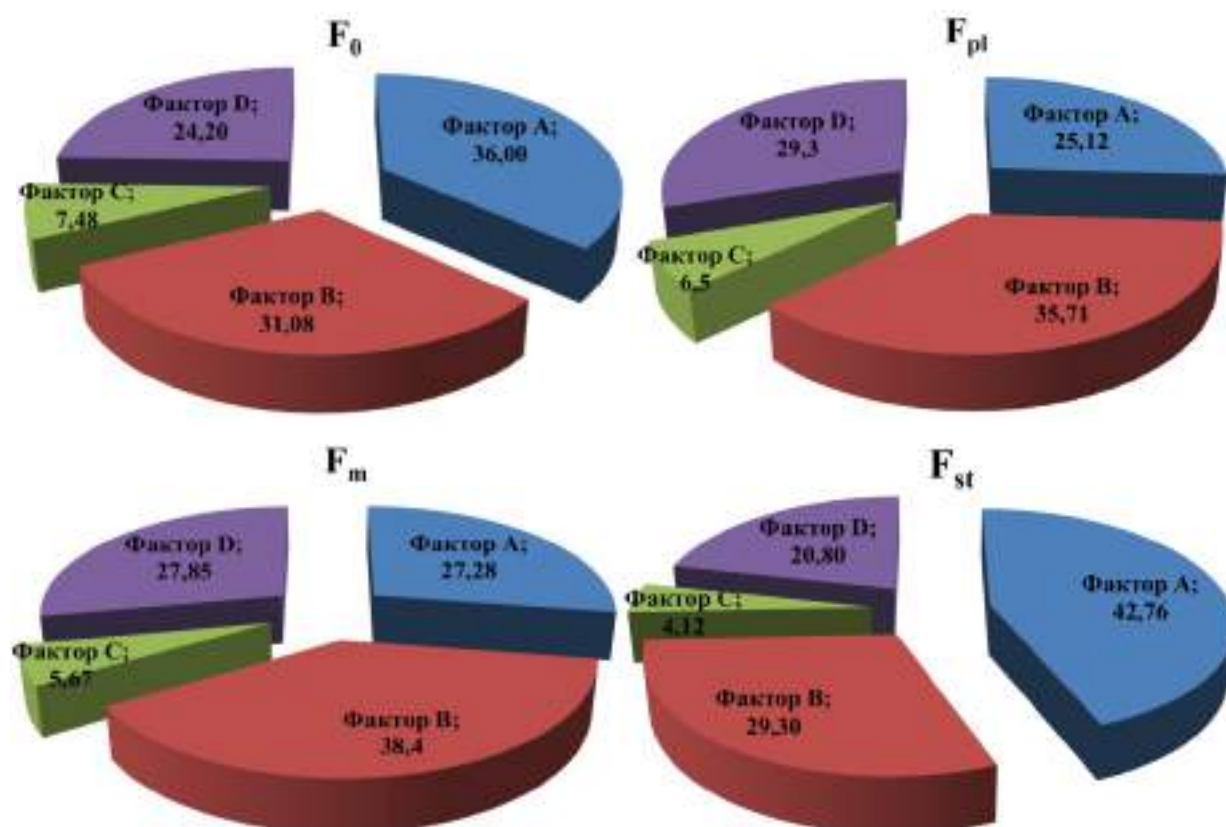
Показник  $L_{wp}$ , який характеризує водний потенціал листка та визначає стійкість асиміляційного апарату рослин до атмосферної посухи та низьких значень відносної вологості повітря [355, 363] мав динамічний стабільний ріст у розрізі варіантів досліду із приростом у 13,1 % у співставленні варіантів на фоні без інокуляції та із нею, та приростів 2,9 %, 6,0 %, 6,6 %, відповідно від послідовного стадійного застосування позакореневих підживлень.

Показник  $RF_d$ , який визначає рівень життєздатності агроценозу для даного варіанту [260, 364] істотно підвищувався за послідовного добавляння заходів оптимізації живлення сочевиці та мав максимальне значення на рівні 2,578 на варіанті з комплексним застосуванням всіх факторів такої оптимізації з приростом до контролю за їх повної відсутності у значенні 66,8 %. При цьому за рахунок зниження темпів квантового гасіння індукції флуоресценції хлорофілу (показник  $Q_{ue}$ ), підвищення рівня квантового виходу енергії (показник  $QR$ ) згідно із [260, 343, 365] загальна тривалість зміни флуоресценції у часі для варіантів із застосуванням інокуляції, обробки насіння мікродобривом та застосуванням двохразових позакореневих підживлень має істотно менші значення що характеризує стан фотосистеми я реакційно більш ефективна, ніж у варіанті без застосування факторів оптимізації.

У підсумку за значенням критеріїв  $L_{wp}$ ,  $RF_d$ ,  $K_{prp}$  та  $K_{fd}$ , які визначають наявність абіотичного тиску на асиміляційний апарат рослин [259, 260, 343, 355, 363] застосування інокуляції на фоні обробки насіння мікродобривом та поліпшення фізіологічних ростових процесів за рахунок примінення двох позакореневих підживлень у критичні фази росту і розвитку сочевиці забезпечує загальне зниження стресовості стану рослин та підвищення їх

віталітету, що підтверджується аналізом показника індексу віталітету (IVC) у наших дослідженнях (див. табл. 3.13).

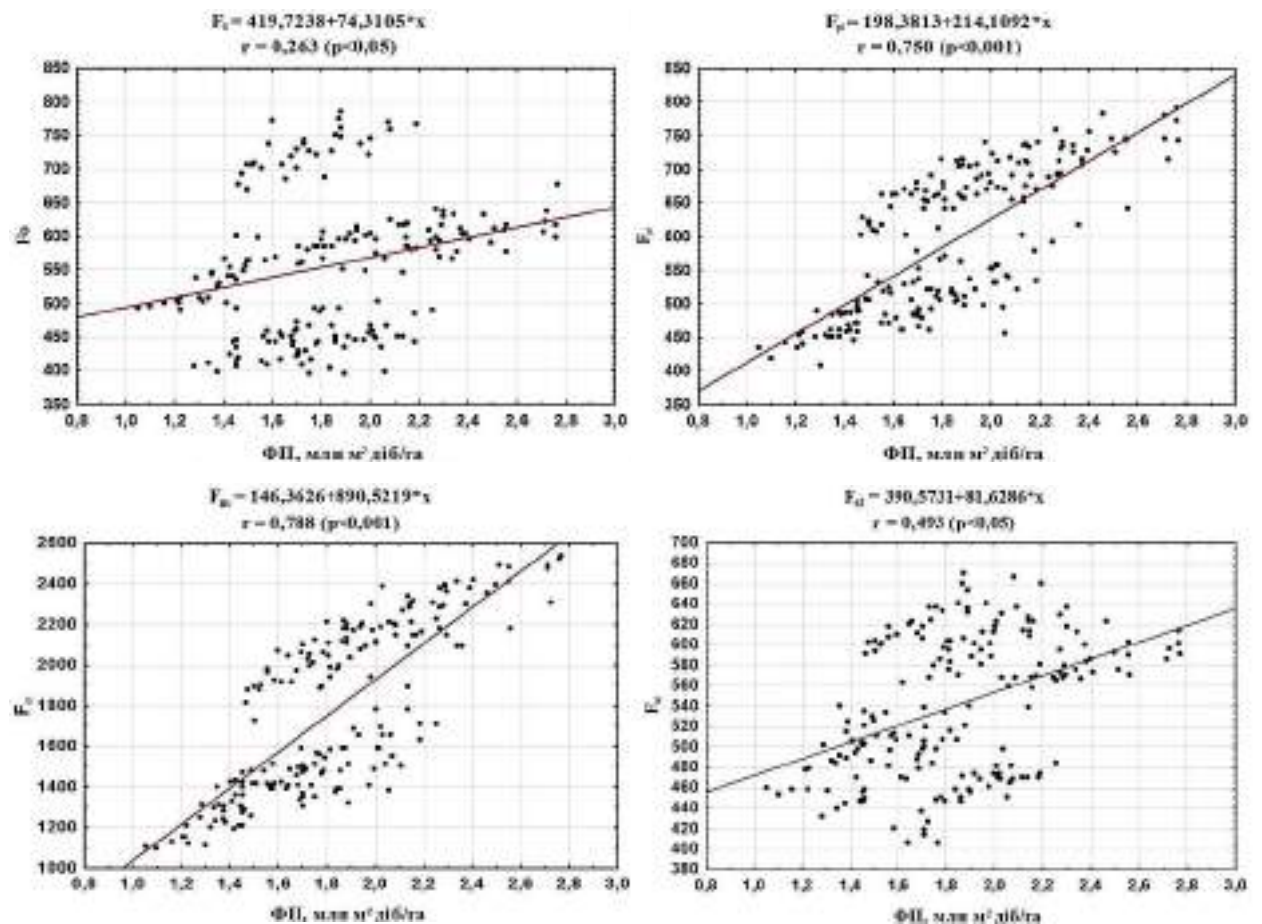
Підтверджують результати наших висновків щодо ролі факторів досліду у формуванні базових показників кривої ІФХ і результати факторної взаємодії у системі багатфакторного дисперсійного аналізу (рис. 4.19, Додатки П.1–П.4), згідно до результатів якого домінуючий вплив на рівні 29,3–38,4 % належить фактору інокуляції насіння та застосування позакореневих підживлень (частка впливу 20,8–31,16 %) на фоні істотного впливу абіотичних чинників довкілля (частка впливу 25,12–42,76). При цьому безпосередній вплив факторів досліду для показника  $F_{st}$  був мінімальним.



*Зміст факторів: А – умови року вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння; D – підживлення*

**Рисунок 4.19 – Частка головних факторів (%) у формуванні базових показників флуоресценції хлорофілу сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.**

Можливість використання базових критеріїв кривої ІФХ в оцінці та пошуку ефективних варіантів вирощування сочевиці на фоні застосованих варіантів інокуляції та підживлення підтверджується встановленими залежностями між показниками  $F_0$ ,  $F_{pl}$ ,  $F_m$  та  $F_{st}$  та традиційними показниками продуктивності асиміляційної поверхні – ФП, ЧПФ та показники нагромадження вегетативної маси та сухої речовини (рис. 4.20–4.2).

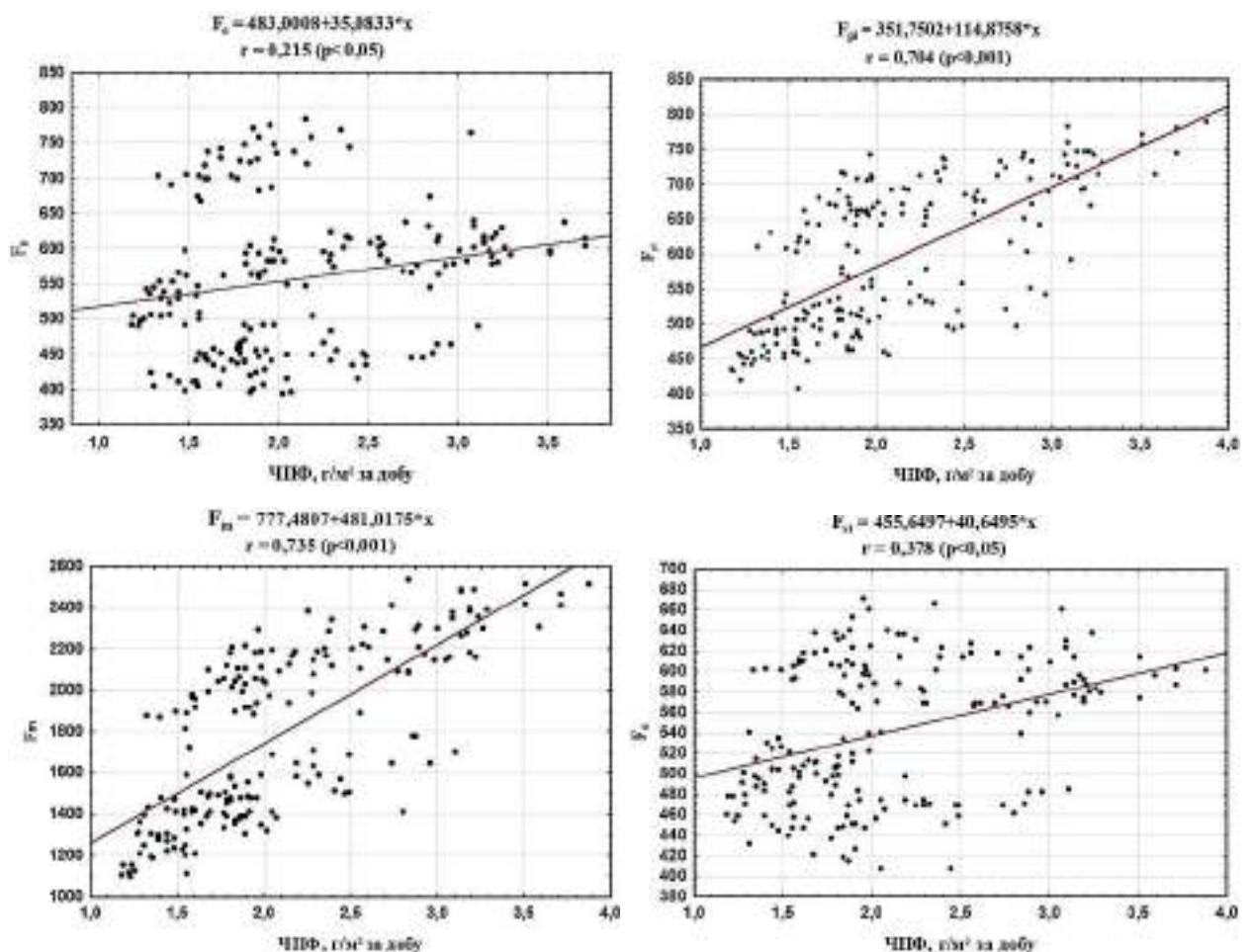


**Рисунок 4.20 – Залежність між ФП за період сходи-формування бобів і базовими показниками кривої ІФХ у сочевиці (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (для  $n = 192$ , у співставленні варіанти-повторення-роки)**

Щодо зв'язку із показниками ФП, то найбільш тісний зв'язок прямий за характером відмічено між показником максимальної флуоресценції ( $F_m$ )  $r = 0,788$  (рівень детермінації ознаки 62,1 %) та між ФП і флуоресценцією зони плато ( $F_{pl}$ ) –  $r = 0,750$  (детермінація 56,3 %). При цьому тропачія точок



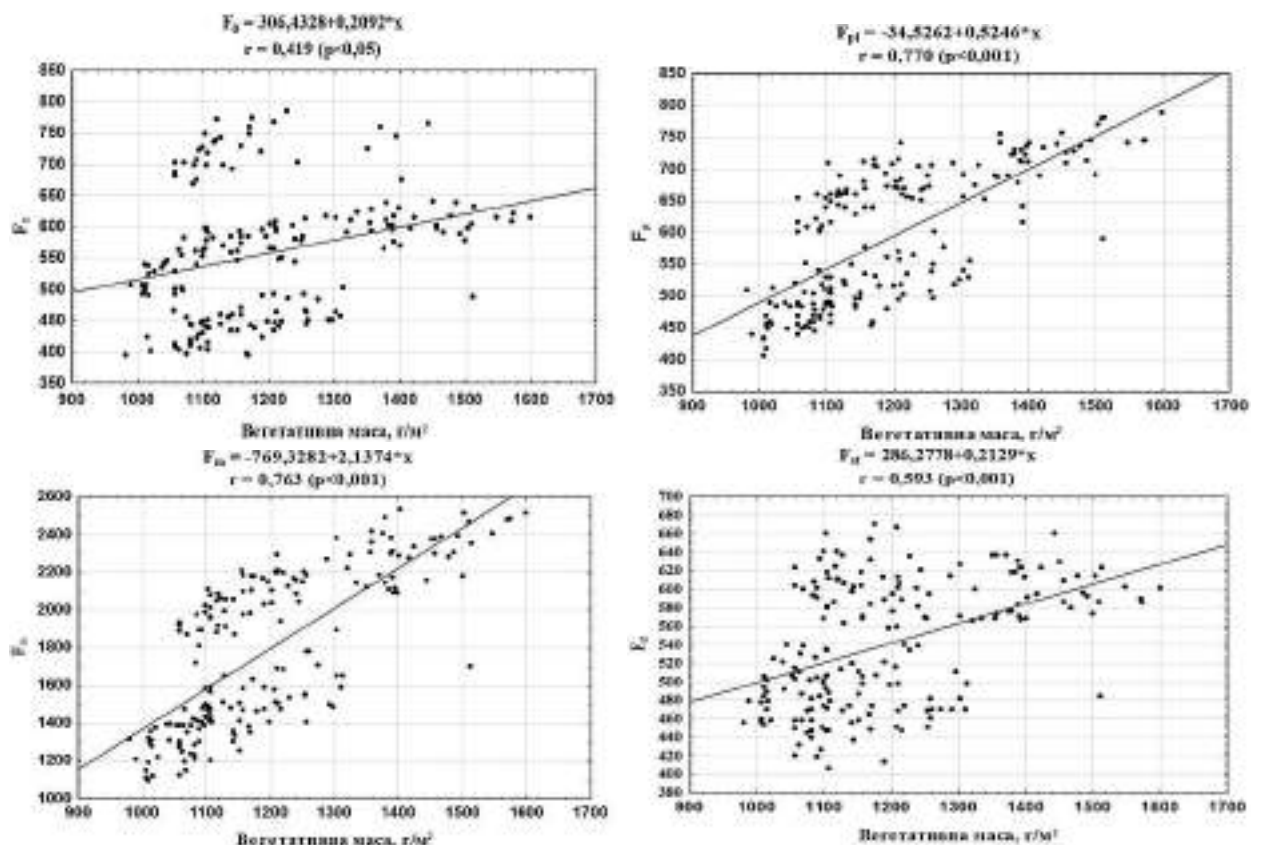
кореляційного поля чітко розподіляється на дві локальних зони у системі залежностей між ФП і  $F_m$  та ФП і  $F_{pl}$  що відповідає зведеному масиву даних відповідно варіантів без інокуляції насіння (нижня позиція масиву точок) та варіантів із інокуляцією (верхня позиція масиву точок). У випадку залежностей між ФП і  $F_0$  та ФП і  $F_{st}$  на графіку залежностей виділяється три позиції масиву точок із виділенням інтермедіатної зони з концентрацією даних по варіантах застосування передпосівної обробки насіння мікроелементами. Такий характер розподілу узгоджується із раніше зробленими висновками щодо частки впливу факторів у формування базових показників кривої ІФХ.



*Рисунок 4.21 – Залежність між ЧПФ за період сходи-формування бобів і базовими показниками кривої ІФХ у сочевиці (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (для  $n = 192$ , у співставленні варіанти-повторення-роки))*

Аналогічний характер залежності встановлено і для пари співставлень між базовими показниками кривої ІФХ та показником ЧПФ (рис. 4.21). Проте детермінація тісноти залежностей для показників  $F_m$  та  $F_{pl}$  склала 54,0 % та 49,6 % відповідно.

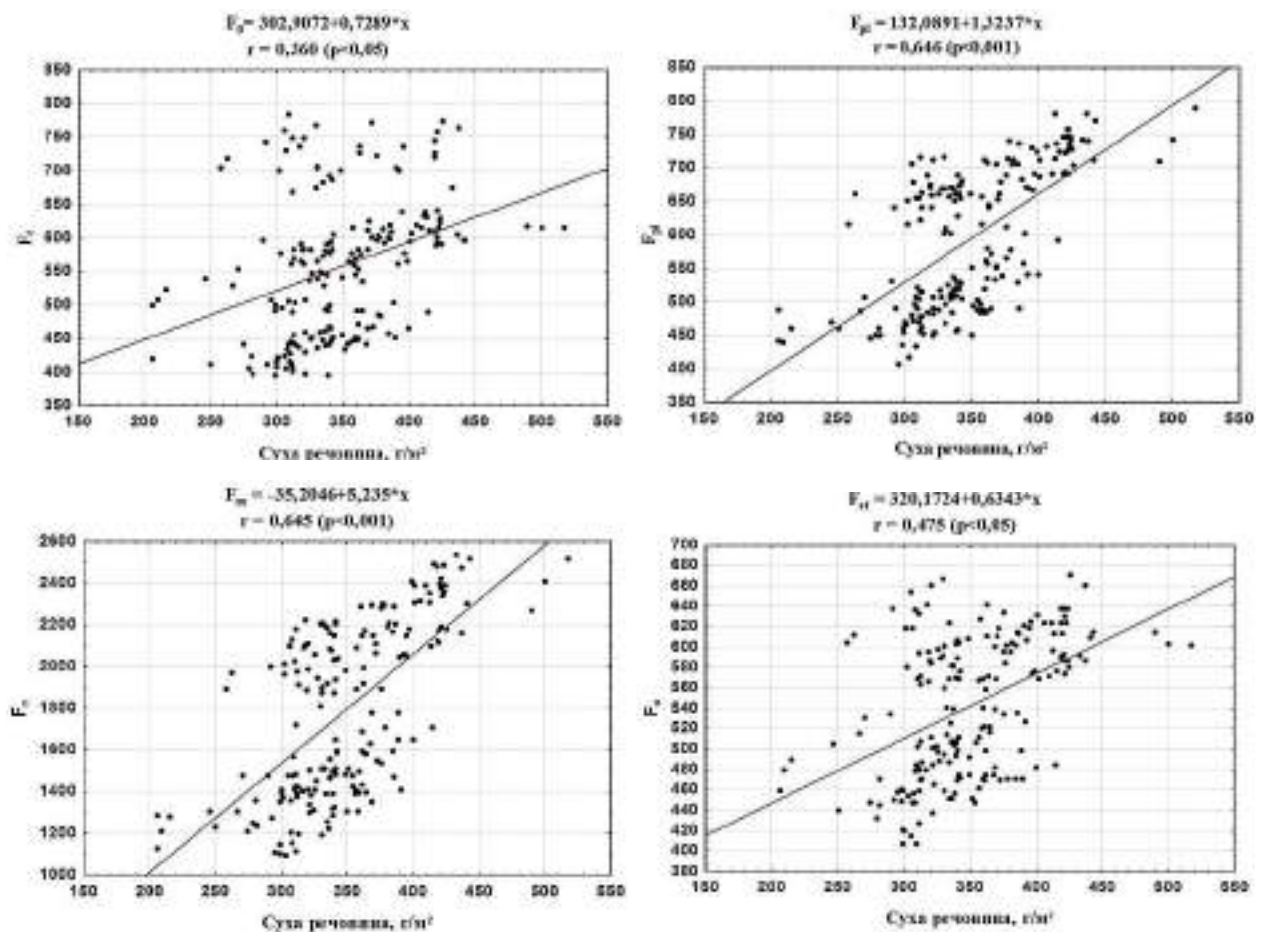
Враховуючи, що калькуляція ФП та ЧПФ базується на адекватних особливостях накопичення вегетативної маси та сухої речовини залежності між базовими показниками кривої ІФХ та показниками рівнів накопичення продуктивної маси рослини на одиниці площі (рис. 4.22–4.23) такі залежності мали той же тенденційний розподіл масиву точок у площині ознак пар кореляції. З цих причин формування тісноти зв'язку та характер його направленості не мав істотних відмінностей в загальному.



**Рисунок 4.22 – Залежність між накопиченням вегетативної маси за період сходи-формування бобів і базовими показниками кривої ІФХ у сочевиці (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (для  $n = 192$ , у співставленні варіанти-повторення-роки)**

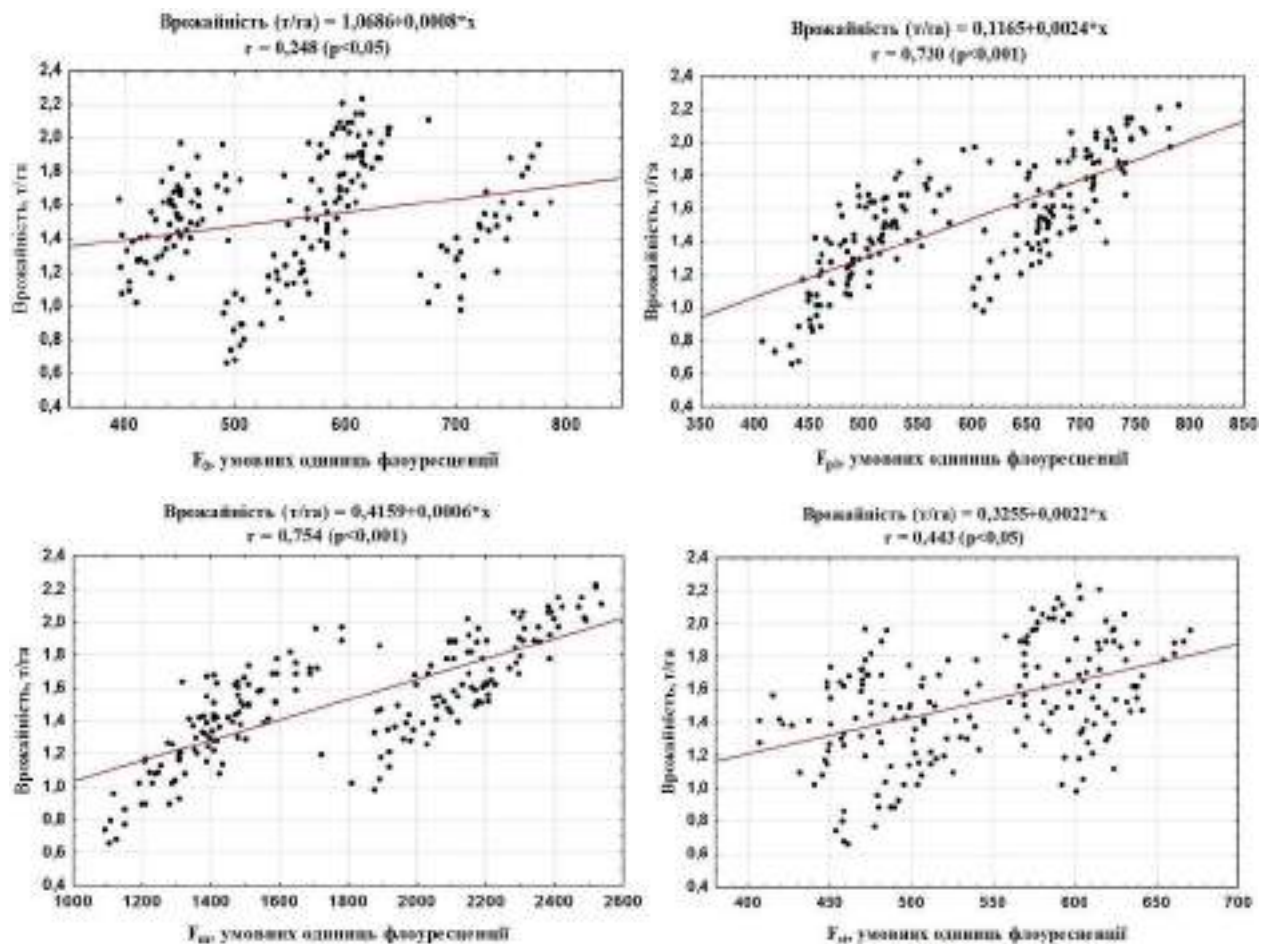
Проте, у кореляційному співставленні детермінація накопичення

вегетативної маси за показниками  $F_m$  та  $F_{pl}$  склала 58,2 % і 59,3 %, відповідно. У випадку ж виходу сухої речовини аналогічний показник був істотно нижчий і склав 41,7 % для обох показників. На нашу думку такі відмінності пояснюються характером взаємозалежності між співвідношенням нагромадження вегетативної маси та сухої речовини. Характер перерахунку визначається вмістом сухої речовини по відношенню до загальної вологості листостеблової маси. При цьому відмічається [363] що зміна вологості листового апарату змінює характер фізіологічних кореляцій між станом фотосистеми рослин та рівнем їх продуктивності. З цих причин детермінація сухої речовини має нижчий характер залежностей щодо показників флуоресценції хлорофілу, ніж нагромадження вегетативної маси.



**Рисунок 4.23 – Залежність між виходом сухої речовини за період сходи-формування бобів і базовими показниками кривої ІФХ у сочевиці (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (для  $n = 192$ , у співставленні варіанти-повторення-роки))**

Вказані висновки знайшли своє підтвердження і в наших дослідженнях. У підсумку, враховуючи встановлені раніше залежності між ФП, ЧПФ та урожайністю зерна сочевиці (рис. 4.24), показники кривої ІФХ  $F_m$  та  $F_{pl}$ , які за результатами факторного аналізу в системі багатфакторного дисперсійного аналізу (рис. 4.19) мали найвищу частку впливу, показали тісний кореляційний зв'язок прямоформуючого характеру з врожайністю зерна. При цьому величина детермінації у цій кореляційній парі для показника  $F_m$  склала 56,9 %, а для  $F_{pl}$  – 53,3 %.



**Рисунок 4.24 – Залежність між врожайністю і базовими показниками кривої ІФХ у сочевиці (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (для  $n = 192$ , у співставленні варіанти-повторення-роки))**

Слід відмітити подібний характер розміщення точок масиву даних у площині пар ознак з нижнім ординатним розміщенням для масиву даних на варіантах без інокуляції, а вище ординатне положення – на варіантах з інокуляцією.

## Висновки до розділу 4

На основі узагальнення результатів вивчення ростових процесів сочевиці з огляду на застосовані технологічні рішення з позиції оптимізації її живлення можна зробити наступні висновки:

1. Максимальна збереженість асиміляційної поверхні рослин сочевиці за рівнем облистківності відмічена у варіанті комплексного застосування інокуляції, обробки насіння мікродобривом та застосування двох позакореневих підживлень на рівні 39,1 % на фазу досягання, що склало 15,7 % до контрольного варіанту без застосування вказаних варіантів живлення.

2. Встановлено динамічні зміни вмісту хлорофілу а та б у листках сочевиці, яка корелює як з характером формування облистківності рослин, так і з феностадіями максимального наростання їх вегетативної маси. Середній вміст по досліді на фазу бутонізації склав 1,30 мг/г сирової речовини хлорофілу а та 0,58 мг/г сирової речовини хлорофілу б, на фазу цвітіння – відповідно 1,25 та 0,53 мг/г сирової речовини, а на фазу досягання – 1,16 та 0,42 мг/г сирової речовини, відповідно. Максимальна концентрація хлорофілу а та б була відмічена у варіанті комплексного і повного застосування технологічних чинників оптимізації живлення сочевиці – приріст до контролю за сумою хлорофілів а і б був на рівні 27,8 % на фазу бутонізації, 48,6 % на фазу цвітіння та 31,7 % на фазу досягання на фоні частки впливу погодних умов впродовж вегетації сочевиці у інтервалі 21,92–38,47 %.

3. Хлорофільний індекс агроценозу сочевиці змінювався у середньому по досліді від 1,48 г/м<sup>2</sup> на фазу бутонізації до 2,02 г/м<sup>2</sup> на фазу цвітіння. Його значення залежно від фенологічної фази обліку було на 21,9–26,5 % вищим на варіантах досліді із застосуванням інокуляції, на 3,3–12,5 % вищим на варіантах досліді з обробкою насіння мікроелементами та максимальною при застосуванні двох позакореневих підживлень мікродобривами – 34,4–56,8 % залежно від фенофази сочевиці. Хлорофільний індекс на фазу формування бобів мав тісний прямий кореляційний зв'язок ( $r = 0,871$  (при  $p < 0,001$ )) з урожайністю зерна сочевиці.

4. Максимальна площа асиміляційної поверхні сочевиці у всіх варіантах досліді сформувалась на фазу формування бобів із середнім значенням на рівні 39,8 тис. м<sup>2</sup>/га. Варіанти з інокуляцією у середньому забезпечили вищі значення показника на 1,3 % на фазу сходів, на 15,1 % на фазу бутонізації, на 18,2 % на фазу



цвітіння, на 17,3 % на фазу формування бобів та на 15,2 % на фазу досягання. Застосування заходу обробки насіння мікроелементами забезпечило прирости показника до варіанту без такої обробки на фоні з інокуляцією 2,3–6,5 % та 1,0–3,7 % на фоні без інокуляції. Максимальні прирости від позакореневих підживлень відмічено у варіанті комбінованого застосування мікродобрив з приростами на рівні 30,5–51,3 % на фазу бутонізації та формування бобів відповідно, а максимальна позитивна динаміка наростання площі листової поверхні в інтервалі 0,368–1,355 тис. м<sup>2</sup>/га за добу відмічена у варіанті поєднання інокуляції, обробки насіння мікродобривом та застосування двох підживлень мікродобривами.

5. Встановлена обернена залежність площі листків сочевиці на фазу цвітіння зі значенням середньодобової температури повітря з рівнем детермінації величини за цим чинником на рівні 38,0–40,0 %. За сумою опадів залежність прямого характеру тісної сили з рівнем детермінації на рівні 49,9–51,3 %. Залежності аналогічного характеру встановлено за відносною вологістю повітря (рівень детермінації 69,3–75,9 %), за ГТК (55,9–56,5 %), за коефіцієнтом зволоження (рівень детермінації 72,4–73,4 %).

6. Визначено мінімальне значення ФП у варіанті без застосування будь-яких додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці 0,479 млн. м<sup>2</sup>/га, а максимальне – на варіанті із комплексним застосуванням даних заходів – 0,869 млн. м<sup>2</sup>/га із коефіцієнтом прирістного співвідношення 1,8. За міжфазний період сходи-досягання вказані значення для цих же варіантів склали 1,491 млн. м<sup>2</sup>/га та 2,395 млн. м<sup>2</sup>/га тобто вище значення з коефіцієнтом приросту 1,6. Варіант із застосуванням обробки насіння мікродобривом на фоні без інокуляції усереднено по варіантах підживлення сформував ФП 1809 млн. м<sup>2</sup>/га, а на цьому ж фоні без застосування мікродобрива 1,691 млн. м<sup>2</sup>/га з фактичним приростом 6,9 %. Аналогічні дані з обробкою насіння мікродобривом на фоні з інокуляцією насіння 2,198 та 2,036 млн. м<sup>2</sup>/га при прирості на рівні 8,0 %. Прирости від застосування позакореневих підживлень послідовно від оноразового на фазу початку стеблуння, одноразового на фазу початку бутонізації та комбінованого склали 12,2 %, 18,0 % та 24,4 %, відповідно.

7. Варіант комплексного використання заходів оптимізації забезпечив максимальні значення ЧПФ на рівні 2,15 та 1,51 г/м<sup>2</sup> за добу у відповідні

міжфазні періоди сходи-цвітіння та цвітіння-достигання. Усереднені значення ЧПФ по фоні з інокуляцією насіння були  $2,02 \text{ г/м}^2$  за добу, що на 8,5 % вище, ніж на усередненому значенні показника без застосування інокуляції. Аналогічні показники для міжфазного періоду цвітіння-достигання  $1,29 \text{ г/м}^2$  за добу та 28,5 % відповідно. Застосування обробки насіння мікроелементами сприяло підвищенню значення ЧПФ в інтервалі 1,9–11,1 % залежно від відміченого міжфазного періоду. Одноразове підживлення на початку стеблуння забезпечило приріст ЧПФ 12,0 та 12,5 % для обох міжфазних періодів, за підживлення на початку бутонізації – 10,3 та 31,0 %, а за комбінованого використання вказаних мікродобрив – 10,9 та 35,0 % відповідно.

8. Встановлено тісний зв'язок у сочевиці між ФП та накопичення вегетативної маси із рівнем детермінації на рівні 79,2 % та накопиченням сухої речовини на рівні 73,4 %. Подібні залежності між ЧПФ і накопиченням відповідно вегетативної маси та сухої речовини становили 80,1 та 73,4 % відповідно. Доведена також тісна залежність прямого характеру між ФП агроценозу сочевиці за міжфазний період сходи-достигання та його врожайністю із рівнем детермінації 83,4 %, такий же характер тісноти зв'язку між показником ЧПФ за той же період та врожайністю при детермінації 71,2 %.

9. Максимальний показник виходу 1 кг врожаю на одиницю ФП відмічено у варіанті комплексного застосування засобів оптимізації живлення сочевиці у значенні  $826,7 \text{ кг на } 1 \text{ млн. м}^2/\text{га}$  фотосинтетичного потенціалу, що склало приріст 17,6 % до абсолютного контролю без застосування таких факторів оптимізації.

10. Визначено мінімальний коефіцієнт використання ФАР агроценозом сочевиці був у варіанті повної відсутності застосованих заходів оптимізації живлення сочевиці на рівні 0,771 %, а максимальний у варіанті максимального технологічного навантаження із застосуванням всіх факторів оптимізації – 1,427 %, що становить коефіцієнт росту 1,85.

11. Встановлено за базовими показниками кривої ІФХ ( $F_0$ ,  $F_{pl}$ ,  $F_m$ ,  $F_{st}$ ), що фотосистема рослин сочевиці чутливо реагує на оптимізацію їх живлення як за застосування заходів при допосівній підготовці насіння, так безпосередньо при проведенні системи позакореневих підживлень. Відмічено результуюче зростання при застосуванні інокуляції на 34,6 % для показника початкової

флуоресценції ( $F_0$ ), на 38,5 % для показника флуоресценції зони «плато» ( $F_{pl}$ ), на 52,1 % для показника максимальної флуоресценції ( $F_m$ ) та на 23,3 % для стаціонарної флуоресценції ( $F_{st}$ ). Для цих же показників приріст до контролю від застосування обробки насіння мікроелементами на фоні без інокуляції склав 2,3 %, 6,9 %, 3,4 %, 1,9 %, а на фоні з інокуляцією – 2,7%, 7,2 %, 3,7 % та 2,6 % відповідно. Одноразове позакореневе підживлення на фазу початку стеблуння у співставленні до середнього по контрольних варіантах без підживлень забезпечило зростання цих же базових показників кривої ІФХ на 4,1 %, 3,8 %, 6,7 % та 4,7 %. Аналогічні прирости у варіантах підживлення на початку бутонізації – 7,1 %, 9,1 %, 13,0 % та 5,8 %, відповідно. Максимальні ж прирости від позакореневих підживлень відмічено у варіанті комбінованого застосування мікродобрив – 10,9 %, 15,1 %, 18,0 % та 7,2 %, відповідно.

12. Відмічено, що за рахунок позитивного зростання значень базових показників кривої ІФХ ( $F_0$ ,  $F_{pl}$ ,  $F_m$ ,  $F_{st}$ ), підвищення ефективності функціонування фотосистеми рослин сочевиці у співставленні граничних досліджуваних технологічних варіантів оптимізації живлення сочевиці у плані зростання показника життєздатності агроценозу ( $RF_d$ ) на 66,8 %, водного потенціалу листків ( $L_{wp}$ ) на 13,1 %, підвищення стресостійкості рослин до абіотичних чинників за рахунок підвищення енергоефективності діяльності фотосистеми (за показниками величина фотохімічного гасіння флуоресценції ( $QR$  – на 2,1 %) та зниження показника фотохімічне гасіння ( $Q_{ue}$  – в інтервалі від 5,2 до 16,2 % залежно від варіанту) на фоні спаду відносної зміна флуоресценції в час  $t$  ( $V_t$ ).

Доведена залежність між показниками кривої ІФХ  $F_m$  та  $F_{pl}$  та ФП – для  $F_m$   $r = 0,788$  (рівень детермінації ознаки 62,1 %), а для  $F_{pl}$  –  $r = 0,750$  (детермінація 56,3 %). Аналогічний характер залежності встановлено і для цих же показників та показником ЧПФ із детермінацією у значенні 54,0 % та 49,6 %, показником накопичення вегетативної маси 58,2 % і 59,3 %, виходом сухої речовини 41,7 % для обох показників відповідно, а також за врожайністю зерна із тісним кореляційним зв'язком прямоформуючого характеру при величині детермінації для показника  $F_m$  56,9 %, а для  $F_{pl}$  – 53,3 %. Подібні залежності щодо показників  $F_0$  та  $F_{st}$  були за істотністю на порядок нижчі.



## РОЗДІЛ 5.

### ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА СИМБІОТИЧНА АКТИВНІСТЬ СОЧЕВИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ

#### **5.1. Динаміка кількості та маси бульбочок азотфіксуючих бактерій на коренях рослини сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень**

У зернобобових культур аспекти формування їх продуктивності не можливо розглядати без дослідження їх симбіотичного потенціалу, оскільки це взаємопов'язані високодинамічні процеси [366]. Для сочевиці, в силу її середнього рівня окультурення, короткого вегетаційного розвитку та короткого періоду нагромадження основної вегетативної маси симбіотична фіксація та її симбіотичний потенціал відіграють важливу роль у реалізації врожайного потенціалу її сортів [3, 54, 71, 367].

Симбіотичний апарат сочевиці відноситься до середньовираженого за розмірами бульбочок у ризосфері рослин, які мають червонувато-коричневий відтінок і у відмитому стані досить добре контрастують із системою галуження кореневої системи [275]. Ці твердження підтверджуються результатами наших оцінок та спостережень (рис. 5.1). При цьому активні бульбочки сочевиці у поперечному перерізі мають щільну центральну тканину рожевого або ж темно-рожевого кольору (рис. 5.2). Характер розміщення бульбочок у ризосфері за нашими оцінками нерівномірний з концентрацією по головних галуженнях кореневої системи, що підтверджується результатами ряду досліджень [54, 71, 368–370].

Нами встановлено також у системі супутніх спостережень, що характер та інтенсивність розвитку кореневої системи сочевиці у досліді, що визначає потенційну можливість симбіотичного потенціалу рослин зернобобових [366], залежав від застосованих технологічних заходів у досліді (рис. 5.3).



*Рисунок 5.1 – Бульбочкові бактерії у ризосфері сочевиці на фазу бутонізації (ВВСН 56-60), 2020 рік, кратність збільшення 100х*



*Рисунок 5.2 – Активна бульбочка ризосфери сочевиці з рожевим центром, 2020 рік (збільшення 200х)*

Так, загальний розвиток кореневої системи як у вертикальному, так і радіальному напрямках на фазу стеблування був різним. Застосування як інокуляції, так і обробки насіння мікроелементами забезпечили більш інтенсивний розвиток кореневої системи вже на початкових етапах вегетації саме за рахунок активізації початкового росту, формування умов до додаткового галуження та морфологічного розвитку і росту. Тобто, застосування системи передпосівної обробки насіння за поєднання такого заходу у комплексі із мікроелементами та інокулянтами, враховуючи наявність у інокулянті фосформобілізуючого гриба *Penicillium bilai*, забезпечує активний старт росту кореневої системи, що, як було показано раніше, позитивно відображується на послідовних показниках вегетативного надземного росту та фотосинтетичній активності рослин сочевиці у досліді. Вказані висновки узгоджуються із результатами ряду досліджень [371–373].



**Рисунок 5.3 – Розвиток та галуження кореневої системи на фазу стеблування (ВВСН 45–48) у сочевиці за різних варіантів досліду (позиція а:  $A_1$  – без інокуляції  $B_1$  – без обробки насіння;  $C_1$  – без підживлення; позиція б:  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $C_1$  – без підживлення, позиція в:  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C_4$  – підживлення Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові), 2021 рік**

Результати обліку загальної кількості бульбочок та їх сирої маси у динаміці фенологічного розвитку рослин сочевиці (табл. 5.1) засвідчили позитивний вплив досліджуваних факторів на формування даного показника. Так загальна кількість бульбочок, за загальної виявленої тенденції до зростання включно до фази формування бобів та послідуєчого зниження на фазу досягання змінювалась на варіанті без застосування додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці в інтервалі від 3,2 шт./рослину на фазу стеблування до 14,2 шт./рослину на фазу формування бобів із зниженням до 11,1 на фазу досягання.

Таблиця 5.1

**Фенологічна динаміка загальної кількості (шт./рослину) і сирої маси  
бульбочок (мг/рослину) на кореневій системі сочевиці залежно від  
впливу варіантів досліду, середнє за 2019–2021 рр.**

| Інокуляція<br>(чинник В)           | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Варіант<br>позако-<br>реневого<br>піджив-<br>лення<br>(чинник D) | Стеблю-<br>вання   |           | Бутоні-<br>зація   |           | Цвітіння           |           | Формування<br>бобів |           | Достигання         |           |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                                    |                                  |                                                                  | к-сть<br>бульбочок | сира маса | к-сть<br>бульбочок | сира маса | к-сть<br>бульбочок | сира маса | к-сть<br>бульбочок  | сира маса | к-сть<br>бульбочок | сира маса |
| Без<br>інокуляції                  | Контроль<br>(без<br>обробки)     | 1                                                                | 3,2                | 4,2       | 7,1                | 8,1       | 11,8               | 66,2      | 14,2                | 100,5     | 11,1               | 60,5      |
|                                    |                                  | 2                                                                | 4,1                | 5,2       | 9,6                | 11,1      | 15,2               | 77,4      | 17,4                | 105,7     | 13,2               | 71,5      |
|                                    |                                  | 3                                                                | 3,2                | 4,5       | 8,9                | 10,2      | 14,3               | 74,8      | 17,9                | 108,5     | 13,8               | 74,1      |
|                                    |                                  | 4                                                                | 4,1                | 5,1       | 9,4                | 10,5      | 15,8               | 78,3      | 18,2                | 110,2     | 14,8               | 78,2      |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | 1                                                                | 4,2                | 5,4       | 8,4                | 9,6       | 13,9               | 70,1      | 15,8                | 102,7     | 12,7               | 62,8      |
|                                    |                                  | 2                                                                | 5,1                | 5,8       | 10,7               | 12,3      | 17,8               | 87,7      | 19,3                | 110,5     | 14,7               | 78,1      |
|                                    |                                  | 3                                                                | 4,2                | 5,6       | 10,1               | 11,3      | 17,3               | 86,2      | 20,0                | 112,7     | 15,2               | 82,3      |
|                                    |                                  | 4                                                                | 5,2                | 5,9       | 10,5               | 11,7      | 17,9               | 89,6      | 20,9                | 113,8     | 16,3               | 84,8      |
| Інокуляція<br>Андеріс-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | 1                                                                | 9,7                | 18,9      | 23,8               | 37,9      | 28,8               | 211,2     | 29,9                | 249,8     | 22,4               | 149,7     |
|                                    |                                  | 2                                                                | 10,4               | 19,9      | 27,5               | 47,7      | 33,7               | 238,7     | 35,5                | 278,7     | 27,8               | 187,5     |
|                                    |                                  | 3                                                                | 9,9                | 19,2      | 26                 | 42,9      | 35,1               | 247,9     | 37,3                | 297,9     | 29,2               | 211,2     |
|                                    |                                  | 4                                                                | 10,7               | 20,3      | 28,1               | 48,5      | 37,5               | 252,5     | 38,8                | 316,8     | 32,1               | 226,9     |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | 1                                                                | 9,9                | 19,4      | 26,1               | 39,2      | 29,5               | 223,9     | 30,8                | 254,7     | 23,6               | 178,6     |
|                                    |                                  | 2                                                                | 10,9               | 20,9      | 30,5               | 51,6      | 33,8               | 256,5     | 35,3                | 280,2     | 29,1               | 194,9     |
|                                    |                                  | 3                                                                | 10,1               | 19,0      | 28,8               | 49,1      | 35,4               | 269,8     | 37,6                | 309,6     | 31,1               | 234,3     |
|                                    |                                  | 4                                                                | 11,1               | 21,7      | 32,4               | 55,7      | 37,9               | 281,3     | 40,8                | 324,7     | 34,7               | 247,8     |
| НІР <sub>05</sub> , шт (мг) А      |                                  |                                                                  | 0,13               | 0,37      | 0,26               | 0,34      | 0,21               | 0,24      | 0,24                | 3,04      | 0,28               | 2,87      |
| В                                  |                                  |                                                                  | 0,11               | 0,31      | 0,21               | 0,28      | 0,17               | 0,20      | 0,20                | 2,48      | 0,23               | 2,34      |
| С                                  |                                  |                                                                  | 0,11               | 0,31      | 0,21               | 0,28      | 0,17               | 0,20      | 0,20                | 2,48      | 0,23               | 2,34      |
| D                                  |                                  |                                                                  | 0,15               | 0,43      | 0,30               | 0,39      | 0,25               | 0,28      | 0,28                | 3,50      | 0,33               | 3,31      |
| AB                                 |                                  |                                                                  | 0,18               | 0,53      | 0,37               | 0,48      | 0,30               | 0,34      | 0,34                | 4,29      | 0,40               | 4,06      |
| AC                                 |                                  |                                                                  | 0,18               | 0,53      | 0,37               | 0,48      | 0,30               | 0,34      | 0,34                | 4,29      | 0,40               | 4,06      |
| AD                                 |                                  |                                                                  | 0,26               | 0,75      | 0,52               | 0,68      | 0,43               | 0,48      | 0,48                | 6,07      | 0,56               | 5,74      |
| BC                                 |                                  |                                                                  | 0,15               | 0,43      | 0,30               | 0,39      | 0,25               | 0,28      | 0,28                | 3,50      | 0,33               | 3,31      |
| BD                                 |                                  |                                                                  | 0,21               | 0,61      | 0,42               | 0,56      | 0,35               | 0,40      | 0,39                | 4,96      | 0,46               | 4,69      |
| CD                                 |                                  |                                                                  | 0,21               | 0,61      | 0,42               | 0,56      | 0,35               | 0,40      | 0,39                | 4,96      | 0,46               | 4,69      |
| ABC                                |                                  |                                                                  | 0,26               | 0,75      | 0,52               | 0,68      | 0,43               | 0,48      | 0,48                | 6,07      | 0,56               | 5,74      |
| ABD                                |                                  |                                                                  | 0,37               | 1,06      | 0,73               | 0,96      | 0,60               | 0,69      | 0,68                | 8,58      | 0,80               | 8,12      |
| ACD                                |                                  |                                                                  | 0,37               | 1,06      | 0,73               | 0,96      | 0,60               | 0,69      | 0,68                | 8,58      | 0,80               | 8,12      |
| BCD                                |                                  |                                                                  | 0,30               | 0,86      | 0,60               | 0,79      | 0,49               | 0,56      | 0,55                | 7,01      | 0,65               | 6,63      |
| ABCD                               |                                  |                                                                  | 0,52               | 1,50      | 1,03               | 1,36      | 0,85               | 0,97      | 0,96                | 12,14     | 1,13               | 11,48     |

Чинник А – річні умови вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження. Варіанти підживлень: 1 – без підживлення; 2 – Ярило активний старт PRO; 3 – Авангард Комплекс Бобові; 4 – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

На варіанті із застосуванням комплексного поєднання заходів оптимізації живлення сочевиці, ці значення становили 11,1 шт./рослину, 40,8 шт./рослину та 34,7 шт./рослину. При цьому, застосування інокуляції насіння інокулянтом, який містить комплекс штаму бактерій виявився істотно ефективнішим з позиції формування симбіотичного потенціалу, індекс збільшення кількості бульбочок у співставленні середнього значення показника по фонах з інокуляцією і без становив за період досліджень 2,34.

Застосування передпосівної обробки насіння мікроелементами забезпечило середнє, у розрізі облікових феностадій рослин, зростання загальної кількості бульбочок на 4,9 % на неінокульованому фоні та на 16,5 % на фонах із її застосуванням.

Примінення мікродобрих у позакореневе підживлення було більш ефективним за його застосування на початку стеблуння із аналогічним приростом величини показника до середнього по контролю без застосування підживлень 17,9 %. У варіанті застосування позакореневого підживлення на фазу початку бутонізації цей показник склав 16,1 %. Найбільш ефективним було застосування двох позакорневих підживлень із приростом в 26,1 %. Різницю у відмінностях застосування мікродобрих ми пояснюємо позитивною дією даного заходу вже на етапі активного формування симбіотичного потенціалу і в цьому плані ефект від застосування мікродобрива збігається з початком активного симбіозу. На пізніших стадіях позакореневе підживлення більш ефективно впливає саме на вегетативний морфогенез рослин сочевиці і в меншій мірі на формування симбіотичного потенціалу. При цьому за твердженнями [173] перший варіант більш виражено впливає на кількість бульбочок, другий – на їх загальну масу.

Абсолютно подібний характер формування встановлено для показника сирової маси бульбочок з мінімальним значенням у варіанті повної відсутності застосованих заходів оптимізації удобрення сочевиці та максимальним за умов їх комплексного поєднання із середнім співвідношенням між цими

граничними варіантами як 1 до 4,7. При цьому приріст від інокуляції у середньому склав коефіцієнт 3,36. А значення цього показника є вищим ніж аналогічне для загальної кількості бульбочок, що з огляду на ряд досліджень [296, 374] свідчить на користь ефекту пролонгованої дії від застосування інокуляції зі зміщенням ефекту на більш пізніші феностадії. Застосування мікроелементів для обробки насіння забезпечило зростання сирої маси бульбочок на 7,0 у варіанті без інокуляції та на 11,2 % у варіанті із її застосуванням. Приріст від застосування підживлень у фазу початку стеблування склав 16,1 %, у фазу початку бутонізації – 17,9 %, від комбінованого поєднання – 26,1 % до контролю без застосування підживлень.

Що стосується загального аналізу отриманих результатів, то за низкою досліджень українських вчених [225, 226, 229], кількість бульбочок у сочевиці залежить як від абіотичних чинників довкілля, так і в значній мірі від застосованих варіантів удобрення, інокуляції, застосування рістрегулюючих та рістстимулюючих речовин і змінюється у межах на продуктивні феностадії від 16 до 55 шт./рослину.

Ці висновки підтверджуються як вище наведеними висновками із наших досліджень, так і результатами дисперсійного аналізу з оцінкою впливу окремих факторів досліду на формування величини показника загальної кількості та сирої маси бульбочок у динаміці В розрізі основних облікових фенофаз сочевиці (рис. 5.4). На підставі наведених результатів слід відмітити наступні закономірності: зростання частки чинника умов року вегетації (погодні умови) з 15,59 % для загальної кількості бульбочок та з 13,0 % для сирої маси бульбочок на фазу стеблування до 38,77 % та 28,47 %, відповідно на фазу формування бобів. При цьому для сирої маси бульбочок цей показник мав два максимуми на фазу цвітіння та фазу досягання, що на нашу думку з огляду на [375] пояснюється відносною стабільністю морфогенезу бульбочок при досягненні ними максимальної маси та закономірного їх відмирання.



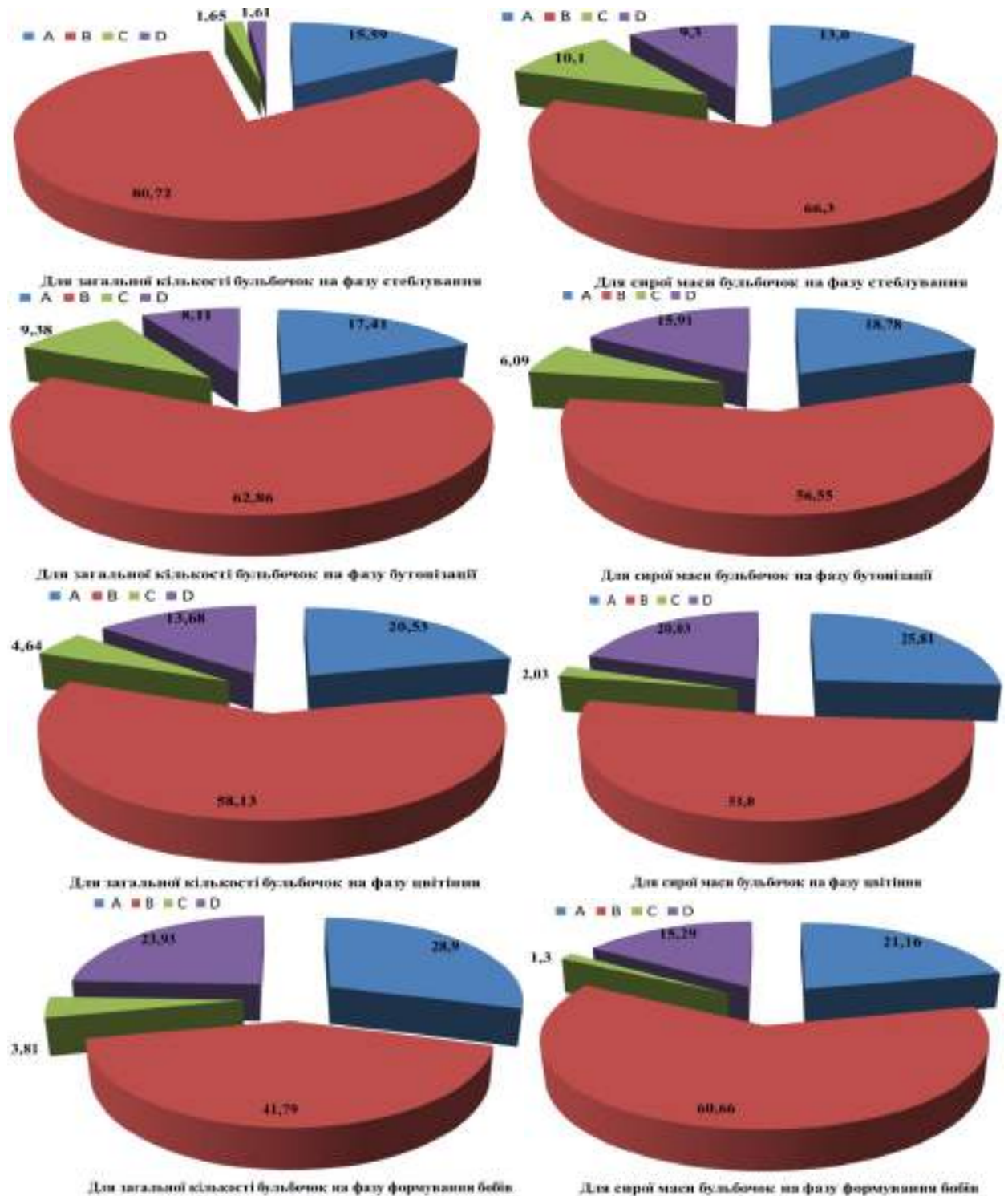
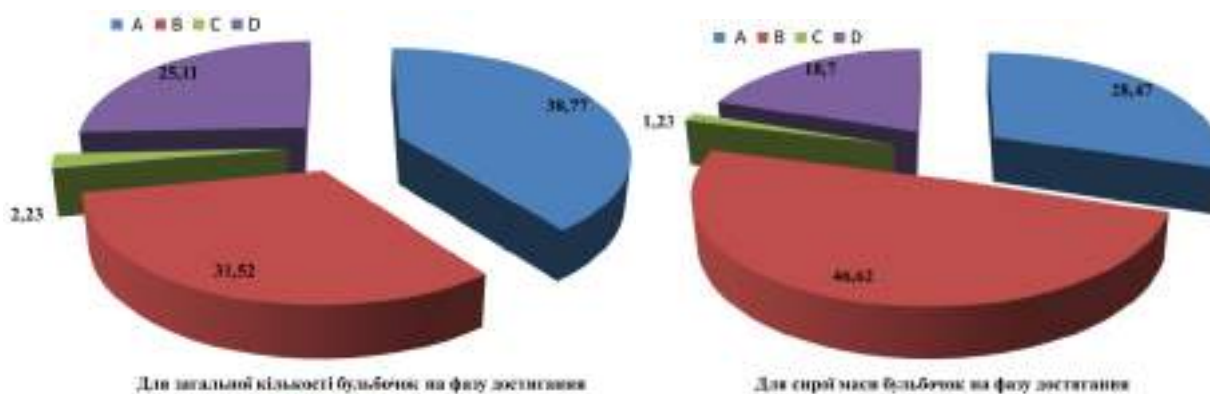


Рисунок 5.4 – Частка головних факторів (%) у формуванні базових показників загальної кількості бульбочок та їх сирої маси у рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.



Зміст факторів: A – річна варіанса умов року вегетації; B – інокуляція; C – обробка насіння; D – підживлення

Продовження рисунка 5.4 – **Частка головних факторів (%) у формуванні базових показників загальної кількості бульбочок та їх сирі маси у рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.**

Таким чином, зміна маси бульбочок була менш абіотично залежним показником ніж їх кількість. Максимальна ж частка впливу як для кількості бульбочок, так і для їх маси відмічена за фактором інокуляції із коливанням по роках від 31,52 % до 80,72 % для кількості бульбочок та від 46,62 % до 66,30 % для їх сирі маси. При цьому відмічений коливальний характер вираженості впливу даного фактора залежно від фенологічної фази, що пояснюється характером взаємодії процесу формування бульбочок із додатковими чинниками оптимізації у досліді рослин сочевиці. Крім того встановлена стійка тенденція до зростання частки фактора позакореневих підживлень із 1,61 % та 9,30 % відповідно, для кількості та сирі маси бульбочок на фазу стеблуння до 25,11 та 18,70 % на фазу достигання за одночасного зниження частки впливу передпосівної обробки насіння мікроелементами, що пояснюється зниженням ефекту дії фактора від дати його застосування. Подібні окреслені закономірності формування відмічено в обліку кількості та маси активних бульбочок залежно від варіантів досліду (табл. 5.2).



Таблиця 5.2

**Фенологічна динаміка загальної кількості (шт./рослину) і сирової маси активних бульбочок (мг/рослину) на кореневій системі сочевиці залежно від впливу варіантів досліду, середнє за 2019–2021 рр.**

| Інокуляція<br>(чинник В)           | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Варіант<br>позакорене<br>вого<br>піджив-<br>лення<br>(чинник D) | Стеблю-<br>вання   |           | Бутоні-<br>зація   |           | Цвітіння           |           | Формування<br>бобів |           | Дости-<br>гання    |           |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                                    |                                  |                                                                 | к-сть<br>бульбочок | сира маса | к-сть<br>бульбочок | сира маса | к-сть<br>бульбочок | сира маса | к-сть<br>бульбочок  | сира маса | к-сть<br>бульбочок | сира маса |
| Без<br>інокуляції                  | Контроль<br>(без<br>обробки)     | 1                                                               | 1,5                | 2,5       | 3,1                | 6,2       | 7,8                | 46,7      | 7,2                 | 42,7      | 4,1                | 9,8       |
|                                    |                                  | 2                                                               | 2,2                | 3,4       | 4,6                | 9,1       | 11,6               | 57,9      | 10,3                | 53,3      | 5,2                | 16,9      |
|                                    |                                  | 3                                                               | 1,7                | 3,0       | 4,2                | 8,2       | 11,7               | 59,7      | 11,1                | 56,1      | 5,7                | 20,7      |
|                                    |                                  | 4                                                               | 2,4                | 3,5       | 4,6                | 9,2       | 13,2               | 61,5      | 11,7                | 58,7      | 6,2                | 24,4      |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | 1                                                               | 2,1                | 3,3       | 3,7                | 7,4       | 9,5                | 50,8      | 8,2                 | 47,5      | 4,7                | 11,2      |
|                                    |                                  | 2                                                               | 2,8                | 3,8       | 5,2                | 10,3      | 13,7               | 65,2      | 11,8                | 61,3      | 6,9                | 18,7      |
|                                    |                                  | 3                                                               | 2,3                | 3,5       | 4,7                | 9,2       | 13,5               | 67,1      | 12,7                | 63,5      | 7,3                | 23,8      |
|                                    |                                  | 4                                                               | 2,8                | 3,8       | 5,3                | 10,5      | 15,4               | 70,8      | 13,9                | 68,1      | 8,7                | 29,7      |
| Інокуляція<br>Андеріс-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | 1                                                               | 8,2                | 15,3      | 20,2               | 32,3      | 23,7               | 177,1     | 22,1                | 176,7     | 11,1               | 74,6      |
|                                    |                                  | 2                                                               | 9,1                | 16,7      | 24,1               | 42,3      | 29,9               | 208,4     | 28,2                | 210,1     | 16,8               | 93,8      |
|                                    |                                  | 3                                                               | 8,5                | 16,1      | 22,7               | 37,8      | 31,3               | 228,8     | 30,2                | 229,2     | 18,5               | 116,8     |
|                                    |                                  | 4                                                               | 9,2                | 17,2      | 24,9               | 43,4      | 33,8               | 245,9     | 32,5                | 252,8     | 20,6               | 133,8     |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | 1                                                               | 8,4                | 16,1      | 22,2               | 35,8      | 25,9               | 193,4     | 24,9                | 193,7     | 14,4               | 88,9      |
|                                    |                                  | 2                                                               | 9,5                | 17,8      | 26,9               | 47,5      | 31,5               | 221,9     | 30,2                | 226,7     | 20,3               | 106,7     |
|                                    |                                  | 3                                                               | 9,2                | 16,4      | 25,1               | 45,2      | 33,1               | 246,7     | 32,6                | 251,8     | 23,2               | 142,8     |
|                                    |                                  | 4                                                               | 9,7                | 18,7      | 28,8               | 52,1      | 35,7               | 266,8     | 35,9                | 276,3     | 25,6               | 155,2     |
| НІР <sub>05</sub> , шт (мг) А      |                                  |                                                                 | 0,12               | 0,29      | 0,20               | 0,97      | 0,29               | 1,32      | 0,28                | 1,86      | 0,24               | 1,24      |
| В                                  |                                  |                                                                 | 0,10               | 0,23      | 0,17               | 0,79      | 0,23               | 1,08      | 0,23                | 1,51      | 0,20               | 1,01      |
| С                                  |                                  |                                                                 | 0,10               | 0,23      | 0,17               | 0,79      | 0,23               | 1,08      | 0,23                | 1,51      | 0,20               | 1,01      |
| D                                  |                                  |                                                                 | 0,14               | 0,33      | 0,23               | 1,12      | 0,33               | 1,52      | 0,33                | 2,14      | 0,28               | 1,43      |
| AB                                 |                                  |                                                                 | 0,17               | 0,40      | 0,29               | 1,38      | 0,41               | 1,86      | 0,40                | 2,62      | 0,34               | 1,75      |
| AC                                 |                                  |                                                                 | 0,17               | 0,40      | 0,29               | 1,38      | 0,41               | 1,86      | 0,40                | 2,62      | 0,34               | 1,75      |
| AD                                 |                                  |                                                                 | 0,25               | 0,57      | 0,41               | 1,95      | 0,57               | 2,63      | 0,57                | 3,71      | 0,48               | 2,48      |
| BC                                 |                                  |                                                                 | 0,14               | 0,33      | 0,23               | 1,12      | 0,33               | 1,52      | 0,33                | 2,14      | 0,28               | 1,43      |
| BD                                 |                                  |                                                                 | 0,20               | 0,47      | 0,33               | 1,59      | 0,47               | 2,15      | 0,46                | 3,03      | 0,40               | 2,02      |
| CD                                 |                                  |                                                                 | 0,20               | 0,47      | 0,33               | 1,59      | 0,47               | 2,15      | 0,46                | 3,03      | 0,40               | 2,02      |
| ABC                                |                                  |                                                                 | 0,25               | 0,57      | 0,41               | 1,95      | 0,57               | 2,63      | 0,57                | 3,71      | 0,48               | 2,48      |
| ABD                                |                                  |                                                                 | 0,35               | 0,81      | 0,58               | 2,75      | 0,81               | 3,73      | 0,81                | 5,25      | 0,69               | 3,50      |
| ACD                                |                                  |                                                                 | 0,35               | 0,81      | 0,58               | 2,75      | 0,81               | 3,73      | 0,81                | 5,25      | 0,69               | 3,50      |
| BCD                                |                                  |                                                                 | 0,28               | 0,66      | 0,47               | 2,25      | 0,66               | 3,04      | 0,66                | 4,28      | 0,56               | 2,86      |
| ABCD                               |                                  |                                                                 | 0,49               | 1,14      | 0,81               | 3,89      | 1,15               | 5,27      | 1,14                | 7,42      | 0,97               | 4,95      |

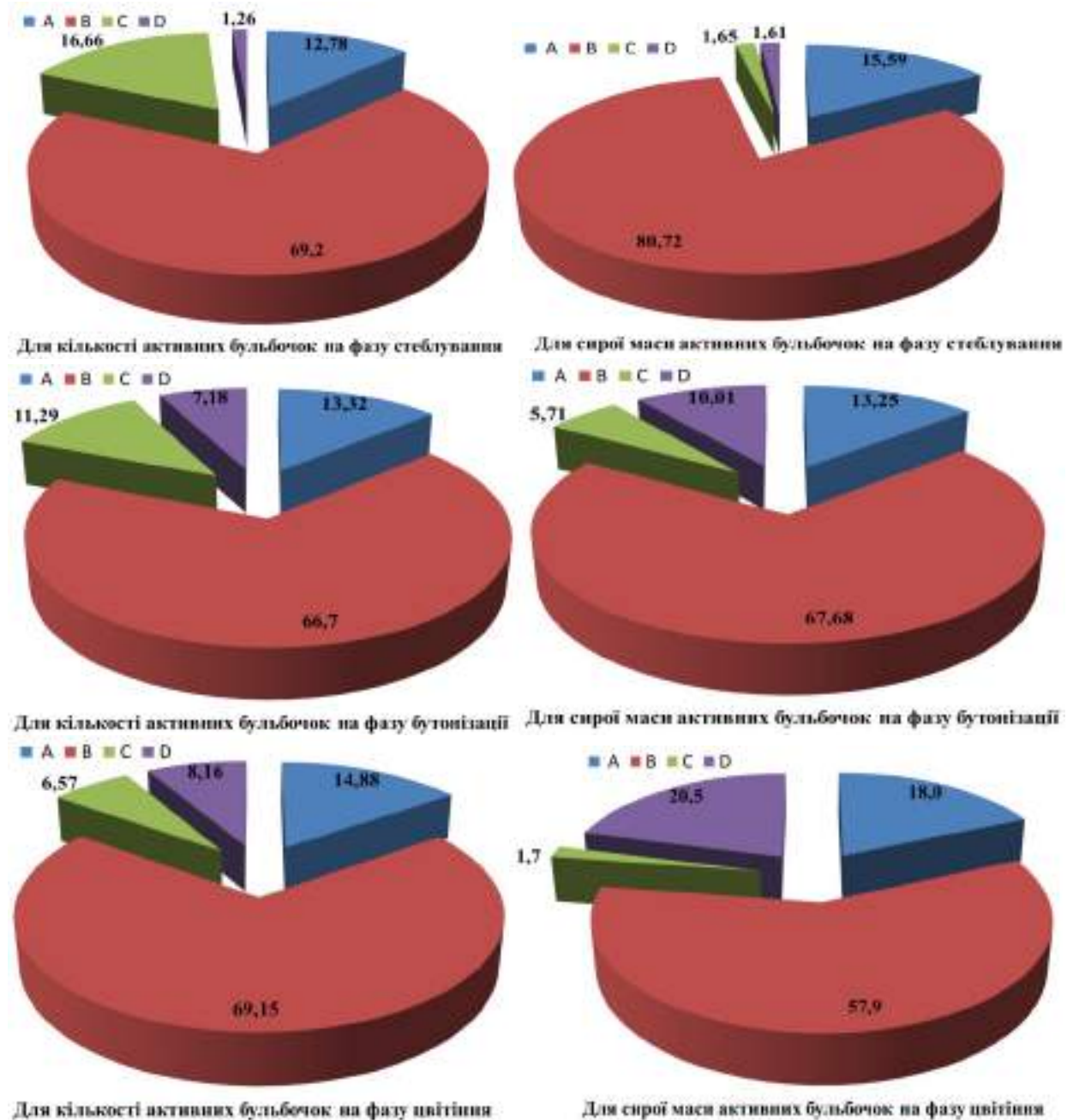
*Чинник А – річні умови вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження. Варіанти підживлень: 1 – без підживлення; 2 – Ярило активний старт PRO; 3 – Авангард Комплекс Бобові; 4 – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.*

За збереження тих же тенденцій у динаміці формування впливу факторів досліду, за показниками приростів посилювався майже вдвічі. Так, співвідношення середнього значення показника отриманого на варіантах на фоні інокуляції по відношенню до середнього по варіантах без її застосування становило за період досліджень для кількості активних бульбочок коефіцієнт співвідношення 6,3, а для сирової маси активних бульбочок – 8,8. Прирости від застосування передпосівної обробки насіння мікроелементами склали 11,5 % та 11,3 %, відповідно для кількості та сирової маси активних бульбочок на фоні без інокуляції та 21,2 % і 14,6 % на фоні з інокуляцією. Застосування позакореневого підживлення у фазу початку стеблуння у співставленні до середнього по контрольних варіантах без його застосування забезпечило приріст аналогічних показників 28,5 та 22,3 %, а позакореневе підживлення на фазу початку бутонізації – 31,0 % та 30,3 %, відповідно. При цьому подвійне застосування мікродобрив у підживлення було найбільш ефективним за рахунок приростів кількості та маси активних бульбочок на рівні 44,8 % та 44,7 %, відповідно.

За загальної подібності формування впливу факторів у системі багатфакторної дисперсійної схеми досліду на формування кількості та маси активних бульбочок, слід відмітити і деякі особливості. Зокрема, істотно нижча (на 7,5–12,8 %) частка впливу річної варіанси погодних умов року досліджень за зростання частки впливу інокуляції та позакореневих підживлень особливо у міжфазний період формування бобів-достигання та істотно нижче значення частки фактора обробки насіння мікроелементами на етапі від фази цвітіння до фази достигання.

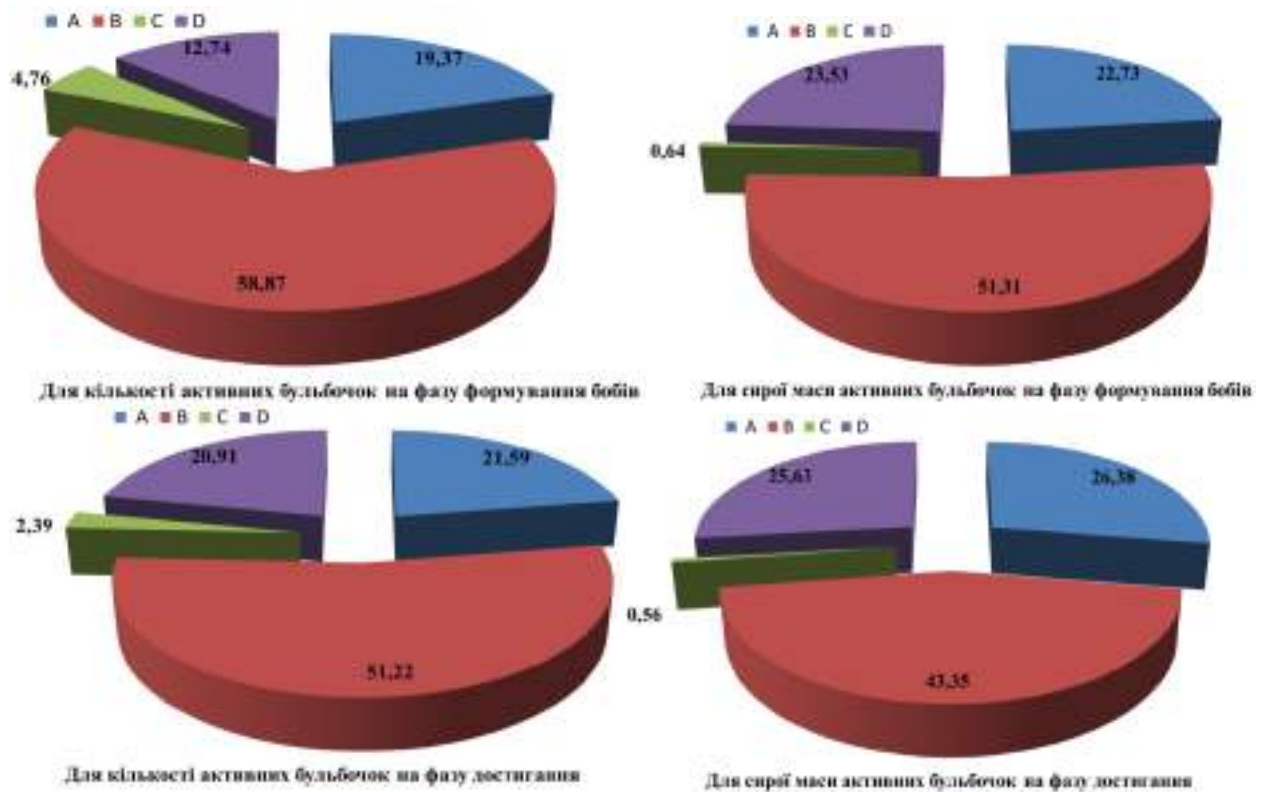
Такі результати підкреслюють той факт, що формування активної частини симбіотичного потенціалу рослин сочевиці має більш складу систему формування, ніж його загальної частини, зокрема що обумовлюється системою специфічних фізіологічних змін, які перебувають під генетичним

контролем рослини, а також специфікою взаємодії у системі симбіонт-рослина, що підтверджено низкою наукових публікацій [195, 366, 376–378].



Зміст факторів: A – річна варіанса умов року вегетації; B – інокуляція; C – обробка насіння; D – підживлення.

**Рисунок 5.5 – Частка головних факторів (%) у формуванні базових показників загальної кількості активних бульбочок та їх сирі маси у рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.**



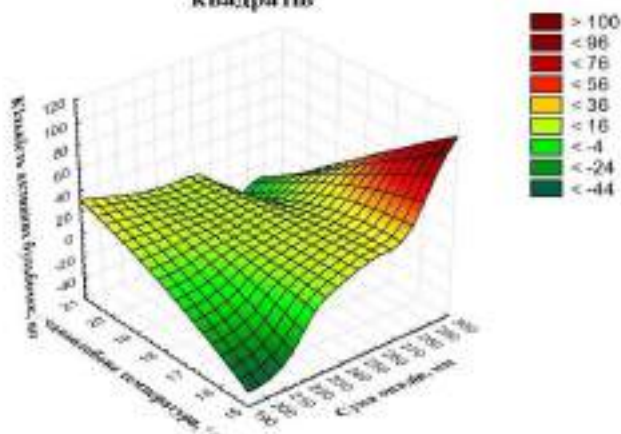
Зміст факторів: A – річна варіанса умов року вегетації; B – інокуляція; C – обробка насіння; D – підживлення.

Продовження рисунка 5.5 – **Частка головних факторів (%) у формуванні базових показників загальної кількості активних бульбочок та їх сирій маси у рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.**

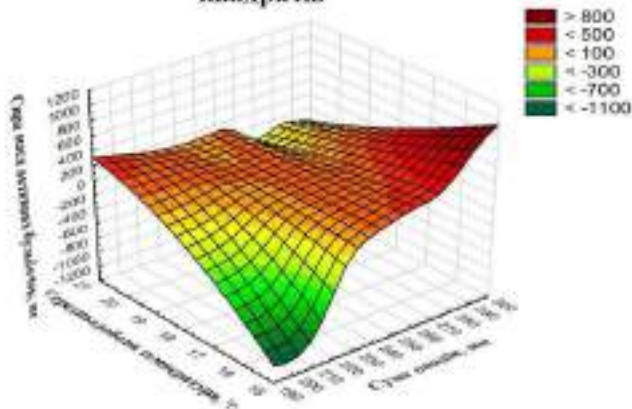
Деталізація залежності формування кількості та маси як у загальному, так і активному виразі, проведена на основі регресійного аналізу для системи основних погодних параметрів, представлена на рис. 5.6. Представлені реакційні поверхні за системою зважених найменших квадратів демонструють складний характер формування кількості та маси активних бульбочок. З врахуванням наших градацій показників для сочевиці на фоні застосованих варіантів досліджень оптимум при формуванні кількості активних бульбочок відмічається в інтервалі температур від 16 до 18 °C за умови кількості опадів за період сходи-формування бобів в діапазоні 220-280 мм. Залежність маси активних бульбочок має більш складний характер, на що вказує диференційована у просторовій структурі поверхня кольорової гами

величини показника. На основі цього можна зробити висновок, що формування маси активних бульбочок є результатом взаємодії температури та опадів з особливим формуванням для кожного міжфазного періоду у співвідношенні середньодобової температури в діапазоні 18–20 °С на фоні суми опадів за період сходи-формування бобів в діапазоні 200–240 мм та варіант 16–18 °С на фоні суми опадів за той же період в інтервалі 260–300 мм. При цьому з огляду на згадуваний складний характер реакційної поверхні залежностей більшу роль відіграє не так загальна сума опадів як їх рівномірний розподіл у критичні періоди водоспоживання сочевиці, що підтверджується у ряді досліджень [194, 195, 379–381].

Кількість активних бульбочок (шт.) = Відстань зважених найменших квадратів



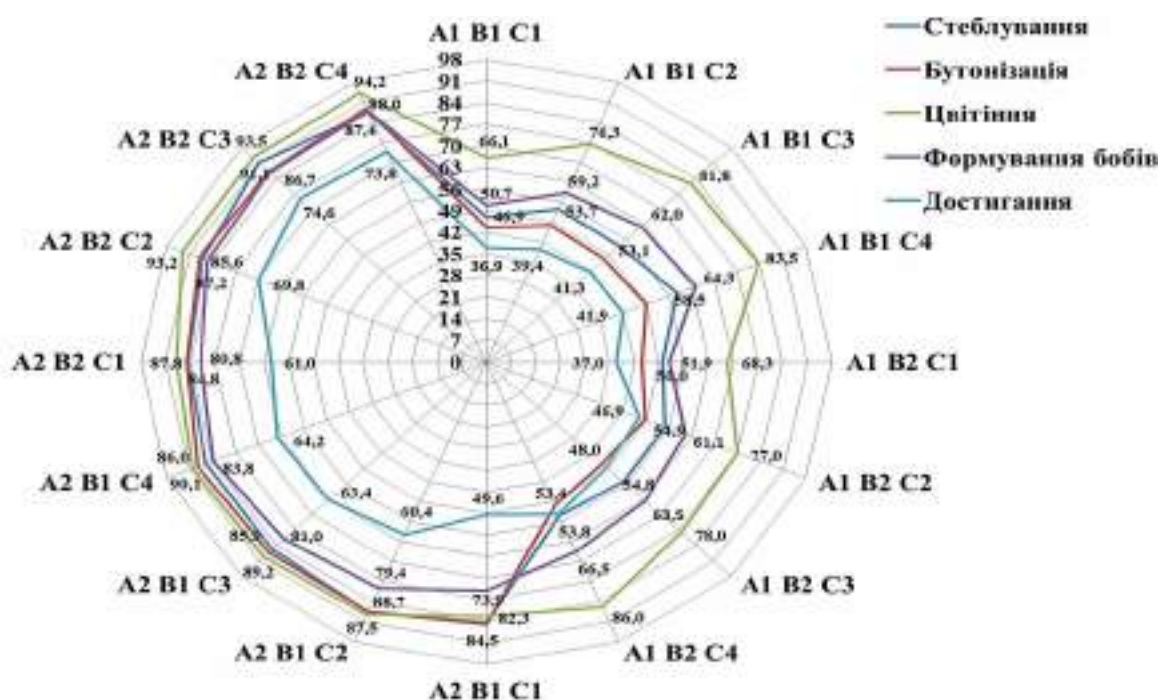
Сира маса активних бульбочок (мг) = Відстань зважених найменших квадратів



**Рисунок 5.6 – Реакційні поверхні залежності формування кількості активних бульбочок та їх сирої маси від зміни гідротермічних показників за міжфазний період сходи-формування бобів у сочевиці (у єдиному масиві даних за період 2019–2021 рр.)**



Важливим завданням в оцінці застосованих заходів оптимізації живлення сочевиці є дослідження співвідношення загального формування бульбочок та їх маси до їх активної частки [366, 382]. Нами встановлене закономірне зниження частки активних бульбочок у ході досягнення рослиною відповідної стадії стиглості, порівнюючи із їх значенням на період формування симбіотичного апарату рослин сочевиці. Така тенденція відповідає загальним закономірностям функціонування симбіотичного апарату для всіх зернобобових культур [366, 383]. Проте, застосування технологічних чинників поставлених на вивчення у досліді істотно впливало на вказане співвідношення (рис. 5.7).



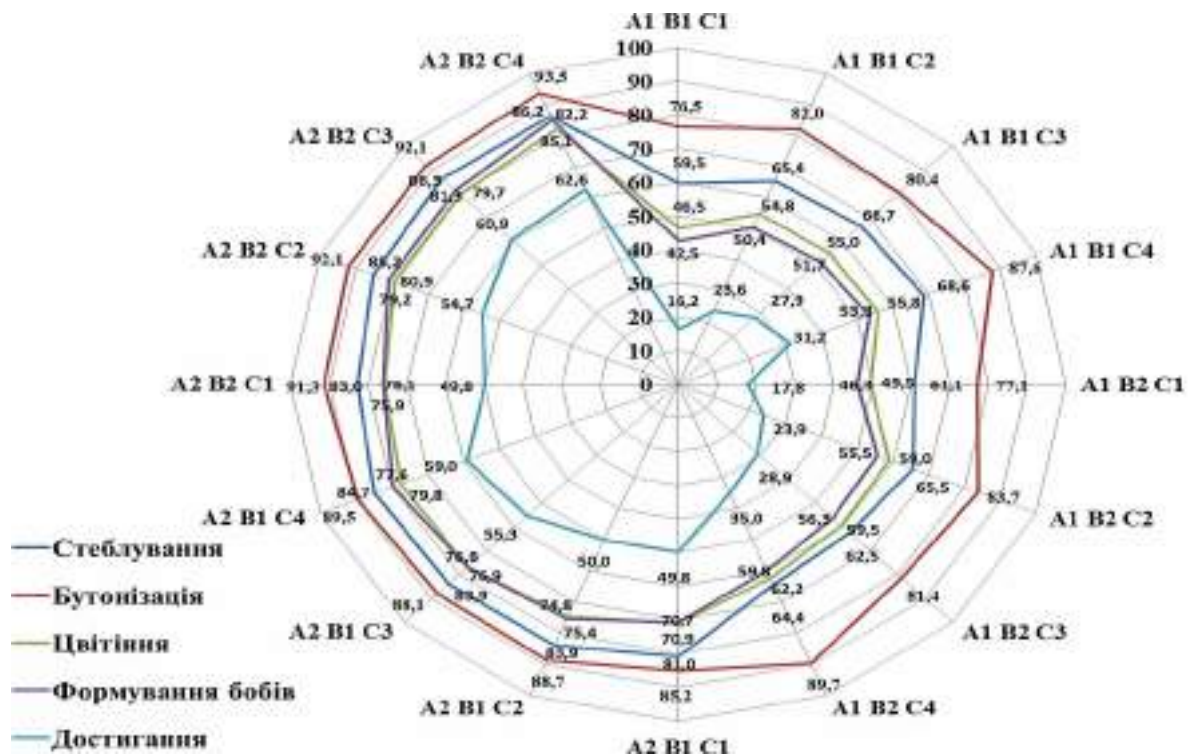
Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

**Рисунок 5.7 – Співвідношення кількості активних бульбочок до загальної кількості бульбочок сочевиці залежно від досліджуваних варіантів досліді, % (середнє за 2019–2021 рр.)**

Так, застосування інокуляції у порівнянні із середнім по варіантах, де її не застосовували, підвищувало частку активних бульбочок у загальній їх кількості від 82,4 до 89,9 % залежно від фенофази з максимумом на фазу

цвітіння сочевиці, що склало усереднений приріст на рівні 50,4 %. Частка впливу на дане співвідношення застосування обробки насіння мікроелементами була у середньому найменш значимою і склала 4,2 % на фонах без інокуляції та 6,4 % у середньому по варіантах досліду при її застосуванні. Вплив застосування позакореневих підживлень за значенням приростів до варіанту за їх відсутності послідовно від підживлення на фазу початку стеблування до граничного варіанту двохразового підживлення склала 10,1 %, 12,1 %, 15,0 %, відповідно. При цьому середня максимальна частка активних бульбочок за період досліджень 86,46 % відмічена у варіанті комплексного застосування всіх заходів оптимізації живлення сочевиці.

Подібний характер співвідношення відмічено і за співвідношенням сирової маси активних бульбочок до загальної їх маси (рис. 5.8).



Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

Рисунок 5.8 – Співвідношення сирової маси активних бульбочок до сирової маси загальної кількості бульбочок сочевиці залежно від досліджуваних варіантів досліду, % (середнє за 2019–2021 рр.)

## **5.2. Формування загального і активного симбіотичних потенціалів залежно від технологічних прийомів вирощування**

Наголошується, що важливим є не лише з'ясування питання формування симбіотичного потенціалу, але й дослідження ефективності його функціонування на фоні застосованих технологічних варіантів досліду [384, 385]. Разом з тим, для сочевиці з визначеними її фізіолого-біологічними особливостями питання дослідження симбіотичного потенціалу стоїть надзвичайно гостро [3, 54]. Рівні загального симбіотичного потенціалу (ЗСП) та активного симбіотичного потенціалу (АСП) для сочевиці за різними дослідженнями мають істотні коливання як з огляду на ґрунтово-кліматичну зону її культивування, так і з огляду на застосовані елементи технології її вирощування [54, 71, 108, 275]. Величина обох показників у сочевиці істотно впливає на процеси ґрунтового її живлення та значною мірою визначає майбутній рівень врожаю [71, 369, 386].

Нами встановлено, що з огляду на проаналізовані раніше особливості фенологічного розвитку рослин сочевиці і закономірності формування загальної кількості та маси бульбочок за видами, наявний істотний вплив досліджуваних факторів досліду на формування індивідуального загального та активного симбіотичного потенціалу сочевиці (табл. 5.3). При цьому найвище значення як ЗСП, так і АСП відмічено у міжфазний період формування бобів досягання, відповідно, із середнім значенням по досліді 3,69 г діб/рослину та 2,30 г діб/рослину, а мінімальний – на міжфазний період стеблуння-бутонізація – 0,38 та 0,33 г діб/рослину. При цьому, мінімальне значення як ЗСП, так і АСП відмічено за період досліджень у варіанті без застосування додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці із середнім значенням у розрізі облікованих міжфазних періодів на рівні 0,82 та 0,37 г діб/рослину відповідно. Максимальний показник цих же показників встановлено у варіанті комплексного застосування всіх чинників досліду у значенні 3,62 та 3,04 г діб/рослину відповідно.



Таблиця 5.3

**Індивідуальний загальний та активний симбіотичний потенціал  
сорту сочевиці Лінза залежно від впливу варіантів досліду вирощування,  
г діб/рослину (середнє за 2019–2021 рр.)**

| Інокуляція<br>(чинник В)            | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Варіант<br>позакореневого<br>підживлення<br>(чинник D) | Стеблю-<br>вання-<br>бутонізація |       | Бутонізація-<br>цвітіння |       | Цвітіння-<br>формування<br>бобів |       | Формування<br>бобів-<br>достигання |       |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|--------------------------|-------|----------------------------------|-------|------------------------------------|-------|
|                                     |                                  |                                                        | ЗСП                              | АСП   | ЗСП                      | АСП   | ЗСП                              | АСП   | ЗСП                                | АСП   |
| Без<br>інокуляції                   | Контроль<br>(без<br>обробки)     | 1                                                      | 0,10                             | 0,07  | 0,30                     | 0,21  | 1,25                             | 0,67  | 1,61                               | 0,53  |
|                                     |                                  | 2                                                      | 0,15                             | 0,11  | 0,35                     | 0,27  | 1,37                             | 0,83  | 1,77                               | 0,70  |
|                                     |                                  | 3                                                      | 0,13                             | 0,10  | 0,38                     | 0,31  | 1,47                             | 0,93  | 1,92                               | 0,81  |
|                                     |                                  | 4                                                      | 0,14                             | 0,11  | 0,40                     | 0,32  | 1,51                             | 0,96  | 2,07                               | 0,91  |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | 1                                                      | 0,14                             | 0,10  | 0,32                     | 0,23  | 1,30                             | 0,74  | 1,66                               | 0,59  |
|                                     |                                  | 2                                                      | 0,16                             | 0,13  | 0,40                     | 0,30  | 1,59                             | 1,01  | 1,98                               | 0,84  |
|                                     |                                  | 3                                                      | 0,16                             | 0,12  | 0,44                     | 0,34  | 1,59                             | 1,04  | 2,15                               | 0,96  |
|                                     |                                  | 4                                                      | 0,17                             | 0,14  | 0,46                     | 0,37  | 1,73                             | 1,18  | 2,18                               | 1,08  |
| Інокуляція<br>Андеріс-р<br>(2 л/т)  | Контроль<br>(без<br>обробки)     | 1                                                      | 0,51                             | 0,43  | 1,12                     | 0,94  | 3,69                             | 2,83  | 4,19                               | 2,64  |
|                                     |                                  | 2                                                      | 0,61                             | 0,53  | 1,29                     | 1,13  | 4,14                             | 3,35  | 5,13                               | 3,34  |
|                                     |                                  | 3                                                      | 0,59                             | 0,51  | 1,31                     | 1,20  | 4,64                             | 3,89  | 5,60                               | 3,81  |
|                                     |                                  | 4                                                      | 0,65                             | 0,58  | 1,51                     | 1,45  | 4,84                             | 4,24  | 6,25                               | 4,45  |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | 1                                                      | 0,53                             | 0,47  | 1,18                     | 1,03  | 4,07                             | 3,29  | 4,55                               | 2,97  |
|                                     |                                  | 2                                                      | 0,65                             | 0,59  | 1,39                     | 1,21  | 4,56                             | 3,81  | 5,23                               | 3,67  |
|                                     |                                  | 3                                                      | 0,65                             | 0,59  | 1,59                     | 1,46  | 5,21                             | 4,49  | 6,25                               | 4,54  |
|                                     |                                  | 4                                                      | 0,77                             | 0,71  | 1,69                     | 1,59  | 5,45                             | 4,89  | 6,58                               | 4,96  |
| НІР <sub>05</sub> , г діб/рослину А |                                  |                                                        | 0,012                            | 0,019 | 0,029                    | 0,027 | 0,052                            | 0,069 | 0,113                              | 0,083 |
| В                                   |                                  |                                                        | 0,010                            | 0,015 | 0,023                    | 0,022 | 0,043                            | 0,056 | 0,092                              | 0,068 |
| С                                   |                                  |                                                        | 0,010                            | 0,015 | 0,023                    | 0,022 | 0,043                            | 0,056 | 0,092                              | 0,068 |
| D                                   |                                  |                                                        | 0,014                            | 0,022 | 0,033                    | 0,031 | 0,060                            | 0,079 | 0,130                              | 0,096 |
| AB                                  |                                  |                                                        | 0,017                            | 0,027 | 0,041                    | 0,038 | 0,074                            | 0,097 | 0,160                              | 0,118 |
| AC                                  |                                  |                                                        | 0,017                            | 0,027 | 0,041                    | 0,038 | 0,074                            | 0,097 | 0,160                              | 0,118 |
| AD                                  |                                  |                                                        | 0,024                            | 0,038 | 0,057                    | 0,053 | 0,104                            | 0,138 | 0,226                              | 0,167 |
| BC                                  |                                  |                                                        | 0,014                            | 0,022 | 0,033                    | 0,031 | 0,060                            | 0,079 | 0,130                              | 0,096 |
| BD                                  |                                  |                                                        | 0,020                            | 0,031 | 0,047                    | 0,044 | 0,085                            | 0,112 | 0,184                              | 0,136 |
| CD                                  |                                  |                                                        | 0,020                            | 0,031 | 0,047                    | 0,044 | 0,085                            | 0,112 | 0,184                              | 0,136 |
| ABC                                 |                                  |                                                        | 0,024                            | 0,038 | 0,057                    | 0,053 | 0,104                            | 0,138 | 0,226                              | 0,167 |
| ABD                                 |                                  |                                                        | 0,034                            | 0,053 | 0,081                    | 0,075 | 0,148                            | 0,194 | 0,319                              | 0,236 |
| ACD                                 |                                  |                                                        | 0,034                            | 0,053 | 0,081                    | 0,075 | 0,148                            | 0,194 | 0,319                              | 0,236 |
| BCD                                 |                                  |                                                        | 0,028                            | 0,043 | 0,066                    | 0,062 | 0,121                            | 0,159 | 0,261                              | 0,193 |
| ABCD                                |                                  |                                                        | 0,048                            | 0,075 | 0,115                    | 0,107 | 0,209                            | 0,275 | 0,452                              | 0,333 |

*Чинник А – річні умови вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження. Варіанти підживлень: 1 – без підживлення; 2 – Ярило активний старт PRO; 3 – Авангард Комплекс Бобові; 4 – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.*

Слід зауважити, що на варіанті з мінімальним значенням ЗСП та АСП співвідношення між двома потенціалами більш істотно диспропорційне, ніж у варіанті із максимальним їх значенням. Тобто, послідовне поєднання інокуляції, обробки насіння мікроелементами та застосування позакореневих

підживлень сприяє зниженню різниці між ЗСП та АСП, що з огляду на твердження цілого ряду дослідників [3, 54, 55, 71, 81, 87, 203, 207, 217, 226, 229, 244, 264, 275, 387] істотно оптимізує ґрунтове живлення рослин сочевиці у частині його симбіотичного забезпечення та позитивно впливає на врожай її зерна.

При цьому встановлено також, загальне зростання показників ЗСП та АСП у порівнянні варіантів із інокуляцією та без неї за коефіцієнтом приросту у середньому по міжфазних облікових періодах на рівні 3,47 та 4,55 відповідно. Застосування заходу обробки насіння мікроелементами на фоні без інокуляції забезпечувало загальний приріст показників ЗСП та АСП на 10,1 % та 13,9 %, відповідно. Інокуляція підсилювала позитивний ефект від застосування обробки насіння мікроелементами у середньому на 3,3 % для показника ЗСП та на 4,2 % для показника АСП. Застосування позакореневих підживлень мікродобривами також мало позитивний вплив на величину обох симбіотичних потенціалів з посиленням їх дії на 3,5–7,2 % у співставленні фону з інокуляцією до фону без її застосування. В усередненому підсумку у розрізі облікових міжфазних періодів вегетації сочевиці одноразове застосування мікродобрива Ярило активний старт PRO у фазу початку стеблування забезпечило приріст показника ЗСП та АСП на 17,6 % та 23,6 %, відповідно. Застосування мікродобрива Авангард Комплекс Бобові у фазу початку бутонізації забезпечило ефект приросту на рівні 26,2 % і 37,1 %, відповідно. Максимальний же ефект від позакореневих підживлень відмічено у варіанті комбінованого застосування двох варіантів мікродобрив з приростами 36,9 % і 54,4 % відповідно.

Таким чином, оптимізація фізіологічних ростових процесів рослин сочевиці на фоні підвищення рівня активізації процесу симбіотичного заселення її ризосфери за рахунок інокуляції сприяло істотно вищому значенні індивідуального ЗСП та АСП.

Абсолютно аналогічний характер формування показників ЗСП та АСП у гектарному виразі з врахуванням густоти стояння рослин (табл. 5.4). У підсумку максимальний як ЗСП, так і АСП у виразі гектарної продуктивності

за період досліджень було сформовано у варіанті комплексного поєднання інокуляції насіння, обробки його мікроелементами при застосуванні двох позакоренових підживлень у значенні ЗСП 9,18 тис. кг діб/га та АСП 6,92 тис. кг діб/га.

Таблиця 5.4

**Загальний та активний симбіотичний потенціал сорту сочевиці  
Лінза залежно від впливу варіантів досліду вирощування,  
тис. кг діб/га (середнє за 2019–2021 рр.)**

| Інокуляція<br>(чинник В)             | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Варіант<br>позакоренового<br>підживлення<br>(чинник D) | Стеблю-<br>вання-<br>бутонізація |       | Бутонізація-<br>цвітіння |       | Цвітіння<br>формування<br>бобів |       | Формування<br>бобів-<br>достигання |       |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|--------------------------|-------|---------------------------------|-------|------------------------------------|-------|
|                                      |                                  |                                                        | ЗСП                              | АСП   | ЗСП                      | АСП   | ЗСП                             | АСП   | ЗСП                                | АСП   |
| Без<br>інокуляції                    | Контроль<br>(без<br>обробки)     | 1                                                      | 0,15                             | 0,11  | 0,40                     | 0,28  | 1,60                            | 0,86  | 2,01                               | 0,66  |
|                                      |                                  | 2                                                      | 0,22                             | 0,17  | 0,50                     | 0,38  | 1,83                            | 1,11  | 2,26                               | 0,90  |
|                                      |                                  | 3                                                      | 0,19                             | 0,15  | 0,54                     | 0,43  | 1,98                            | 1,25  | 2,47                               | 1,04  |
|                                      |                                  | 4                                                      | 0,21                             | 0,17  | 0,57                     | 0,45  | 2,06                            | 1,32  | 2,72                               | 1,20  |
|                                      | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | 1                                                      | 0,20                             | 0,14  | 0,44                     | 0,32  | 1,69                            | 0,96  | 2,09                               | 0,74  |
|                                      |                                  | 2                                                      | 0,24                             | 0,19  | 0,57                     | 0,43  | 2,15                            | 1,37  | 2,56                               | 1,09  |
|                                      |                                  | 3                                                      | 0,24                             | 0,18  | 0,63                     | 0,49  | 2,18                            | 1,43  | 2,81                               | 1,26  |
|                                      |                                  | 4                                                      | 0,25                             | 0,20  | 0,66                     | 0,53  | 2,43                            | 1,66  | 2,92                               | 1,44  |
| Інокуляція<br>Андеріс-р<br>(2 л/т)   | Контроль<br>(без<br>обробки)     | 1                                                      | 0,76                             | 0,64  | 1,60                     | 1,35  | 5,00                            | 3,84  | 5,51                               | 3,47  |
|                                      |                                  | 2                                                      | 0,91                             | 0,79  | 1,85                     | 1,62  | 5,71                            | 4,62  | 6,77                               | 4,41  |
|                                      |                                  | 3                                                      | 0,88                             | 0,76  | 1,88                     | 1,73  | 6,52                            | 5,48  | 7,58                               | 5,15  |
|                                      |                                  | 4                                                      | 0,98                             | 0,86  | 2,18                     | 2,10  | 6,85                            | 6,00  | 8,55                               | 6,08  |
|                                      | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | 1                                                      | 0,79                             | 0,70  | 1,71                     | 1,49  | 5,59                            | 4,52  | 6,05                               | 3,95  |
|                                      |                                  | 2                                                      | 0,99                             | 0,89  | 2,03                     | 1,77  | 6,41                            | 5,36  | 7,04                               | 4,94  |
|                                      |                                  | 3                                                      | 0,97                             | 0,88  | 2,34                     | 2,14  | 7,46                            | 6,42  | 8,60                               | 6,24  |
|                                      |                                  | 4                                                      | 1,18                             | 1,08  | 2,49                     | 2,36  | 7,88                            | 7,06  | 9,18                               | 6,92  |
| НІР <sub>05</sub> , тис. кг діб/га А |                                  |                                                        | 0,013                            | 0,022 | 0,034                    | 0,033 | 0,058                           | 0,079 | 0,134                              | 0,103 |
| В                                    |                                  |                                                        | 0,011                            | 0,017 | 0,027                    | 0,027 | 0,048                           | 0,064 | 0,109                              | 0,084 |
| С                                    |                                  |                                                        | 0,011                            | 0,017 | 0,027                    | 0,027 | 0,048                           | 0,064 | 0,109                              | 0,084 |
| D                                    |                                  |                                                        | 0,015                            | 0,025 | 0,038                    | 0,038 | 0,067                           | 0,091 | 0,155                              | 0,119 |
| AB                                   |                                  |                                                        | 0,019                            | 0,031 | 0,048                    | 0,046 | 0,082                           | 0,112 | 0,190                              | 0,146 |
| AC                                   |                                  |                                                        | 0,019                            | 0,031 | 0,048                    | 0,046 | 0,082                           | 0,112 | 0,190                              | 0,146 |
| AD                                   |                                  |                                                        | 0,026                            | 0,043 | 0,066                    | 0,065 | 0,115                           | 0,159 | 0,269                              | 0,207 |
| BC                                   |                                  |                                                        | 0,015                            | 0,025 | 0,038                    | 0,038 | 0,067                           | 0,091 | 0,155                              | 0,119 |
| BD                                   |                                  |                                                        | 0,022                            | 0,035 | 0,055                    | 0,054 | 0,094                           | 0,129 | 0,219                              | 0,169 |
| CD                                   |                                  |                                                        | 0,022                            | 0,035 | 0,055                    | 0,054 | 0,094                           | 0,129 | 0,219                              | 0,169 |
| ABC                                  |                                  |                                                        | 0,026                            | 0,043 | 0,066                    | 0,065 | 0,115                           | 0,159 | 0,269                              | 0,207 |
| ABD                                  |                                  |                                                        | 0,037                            | 0,060 | 0,094                    | 0,092 | 0,164                           | 0,223 | 0,380                              | 0,293 |
| ACD                                  |                                  |                                                        | 0,037                            | 0,060 | 0,094                    | 0,092 | 0,164                           | 0,223 | 0,380                              | 0,293 |
| BCD                                  |                                  |                                                        | 0,031                            | 0,049 | 0,077                    | 0,076 | 0,134                           | 0,183 | 0,311                              | 0,239 |
| ABCD                                 |                                  |                                                        | 0,053                            | 0,086 | 0,133                    | 0,131 | 0,232                           | 0,316 | 0,538                              | 0,413 |

Чинник А – річні умови вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження. Варіанти підживлень: 1 – без підживлення; 2 – Ярило активний старт PRO; 3 – Авангард Комплекс Бобові; 4 – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

На підставі проведеного кореляційного аналізу встановлено істотні на 0,1 та 1,0 % рівні значимості залежності прямого характеру середньої та тісної сили між показниками, які характеризують як інтенсивність вегетативного росту та морфогенезу рослин (накопичення на одиниці площі вегетативної маси та сухої речовини), так і загальну ефективність діяльності асиміляційної поверхні (ФП та ЧПФ). Калькуляція величини і аналіз закономірностей формування вказаних показників були зроблені у попередніх розділах дисертації. Подібний аналіз було застосовано у ряді наукових досліджень [275, 380]. Результати таких досліджень у нашому випадку (рис. 5.9) вказують на статистичне відособлення варіантів вирощування сочевиці без застосування інокуляції та при її застосуванні. На графіках перший та другий варіант мають абсолютно відокремлений масив точок – для комбінації варіантів дослідів без застосування інокуляції масив має нижче ординатне положення із більшим кутом нахилу до осі та менший ваіративний розмах розміщення точок у просторі. Для варіантів дослідів на фоні застосування інокуляції – масив точок, навпаки, має вище ординатне розміщення, більш гостріший кут нахилу до осі та більший розмах масиву точок. При цьому кореляційна система за участі показника сухої речовини, має окремий масив точок із максимальним наближенням до ординатної осі, який відповідає окремому варіанту без застосування обробки насіння мікроелементами. У випадку сухої речовини, такий характер тропції точок масиву даних пояснюється проаналізованими особливостями формування сухої речовини у сочевиці виходячи з особливостей формування вологості її листостеблової маси відповідно до варіантів дослідів. Таким чином, у системі кореляцій ЗСП тісно корелює із накопиченням вегетативної маси рослин сочевиці із рівнем детермінації 52,6 %, середньо корелює із накопиченням сухої речовини – рівень детермінації 40,0 %, тісно корелює з ФП та ЧПФ посіву сочевиці – рівень детермінації 69,2 % та 61,5 % відповідно.

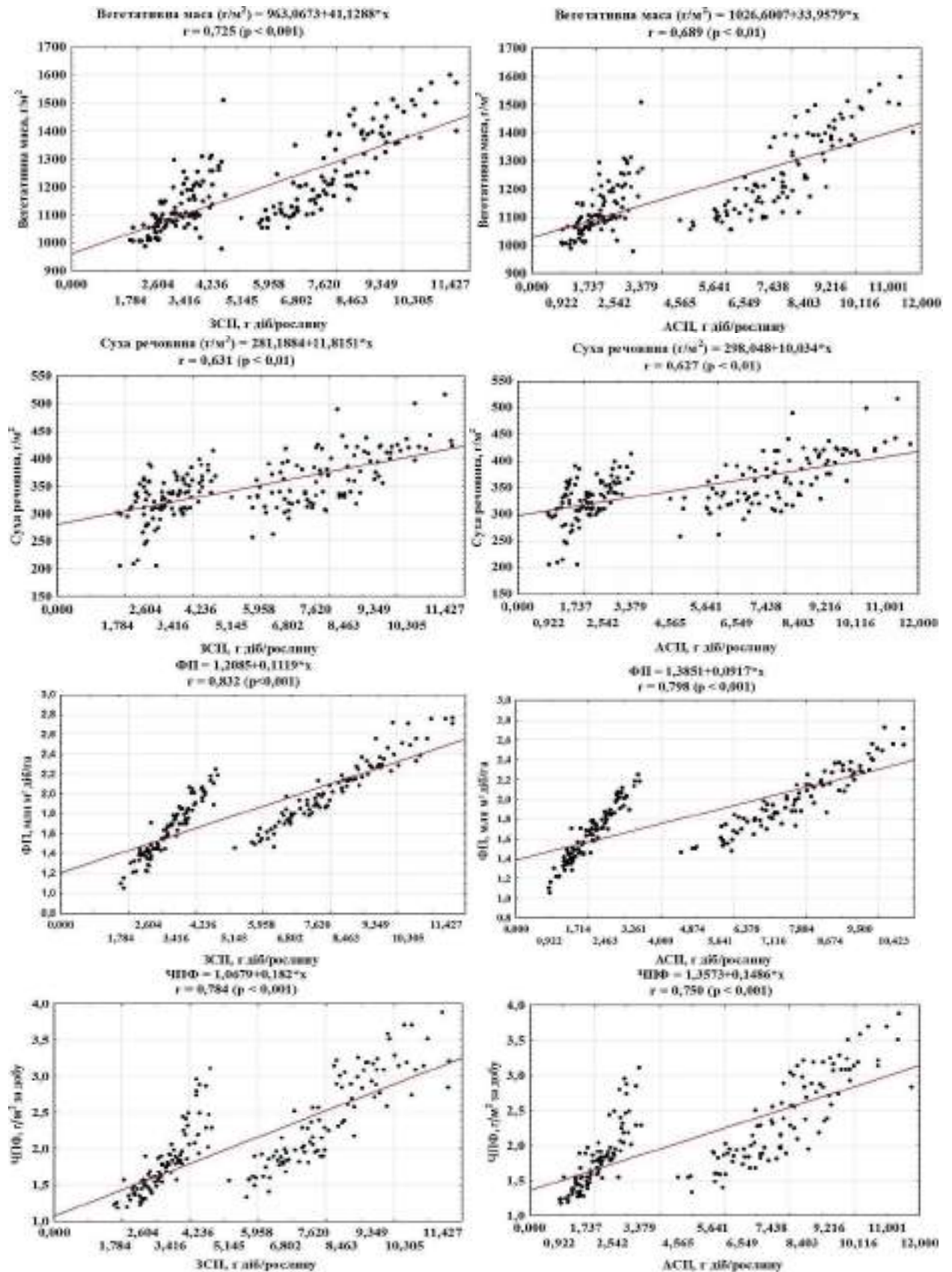


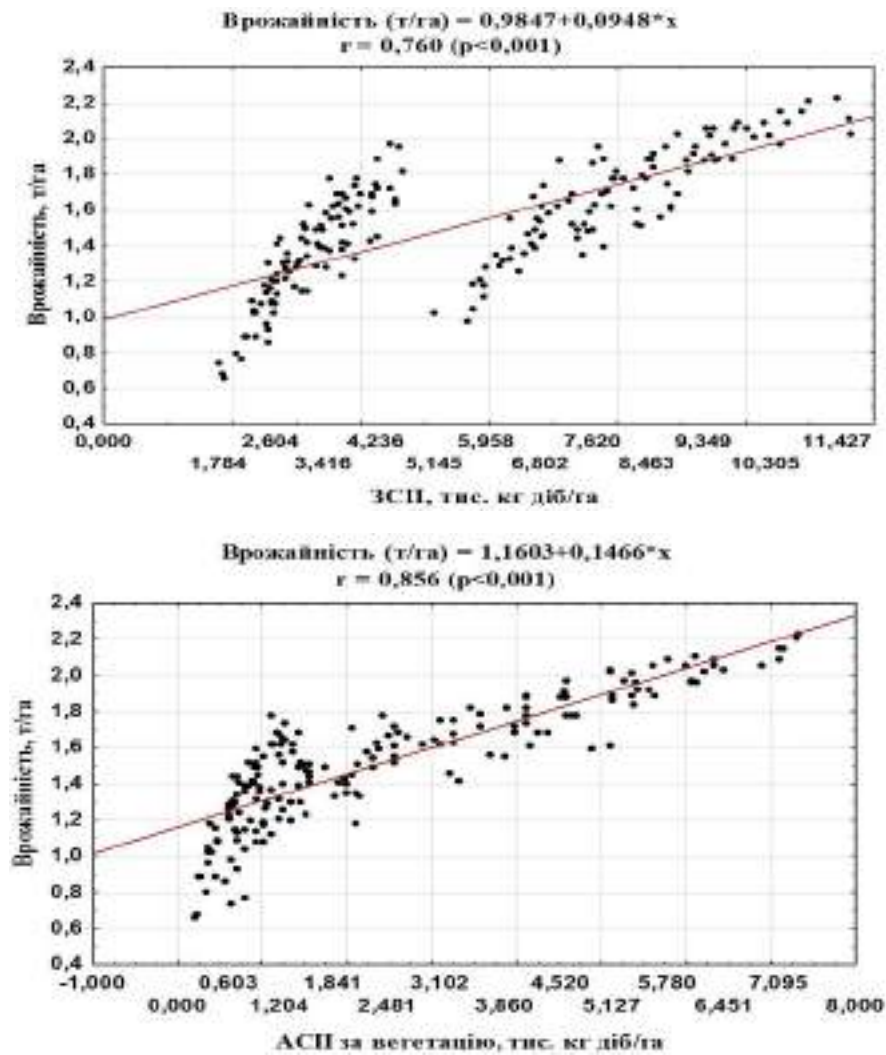
Рисунок 5.9 – Залежності між величиною ЗСП та АСП і низкою показників оцінки фотосинтетичної діяльності рослин та їх фітомасною продуктивністю (у загальному масиві даних роки-варіанти-повторення при  $n = 192$ )

У системі кореляцій АСП середньо корелює із накопиченням вегетативної маси рослин сочевиці із рівнем детермінації 47,4 %, середньо корелює із накопиченням сухої речовини – рівень детермінації 39,3 %, тісно корелює з ФП та ЧПФ посіву сочевиці – рівень детермінації 63,7 % та 56,3 %, відповідно. Отримані значення дозволяють додатково підтвердити встановлені залежності між інтенсивністю ростових процесів та фотосинтетичною активністю рослин на фоні застосованих заходів оптимізації живлення сочевиці. Що стосується тісноти зв'язку, то вона узгоджується у межах інтервалу подібності з результатами ряду вивчень [42, 54, 275].

У закономірному підсумку встановлено тісний кореляційний зв'язок ( $r = 0,760$ , коефіцієнт детермінації 57,8 %) між значенням ЗСП та врожайністю сочевиці, а також залежність тотожного характеру ( $r = 0,856$ , коефіцієнт детермінації 73,3 %) між АСП та врожайністю сочевиці (рис. 5.10). Слід відмітити, що зростання детермінації залежності на 15,5 % саме у варіанті АСП сочевиці та злиття точок масиву даних дослідів між згадуваною групою варіантів дослідів на фоні без інокуляції та при її застосуванні вказує на суттєвість саме продуктивного симбіотичного потенціалу в детермінації кінцевої урожайності сочевиці. З цих причин заходи направлені на підвищення ефективності використання АСП агроценозу сочевиці будуть позитивно та адекватно відображені у рівні сформованої врожайності.

Важливим в оцінці та пошуку оптимального варіанту вирощування будь-якої зернобобової культури є аналіз продуктивності симбіотичного апарату сочевиці за такими показниками як: тривалість симбіозу, питома активність симбіозу з розрахунком кількості фіксованого біологічного азоту [377]. Оцінка тривалості симбіозу із розподілом на загальний та продуктивний засвідчує ту частку участі бульбочкових бактерій у формуванні реалізації продуктивного потенціалу рослин, яка безпосередньо відповідає за

формування продуктивної архітектури рослин за рахунок оптимізації азотного живлення [123, 378].



**Рисунок 5.10 – Залежність між врожайністю і ЗСП (верхня позиція) та АСП за вегетацію (нижня позиція) у сочевиці (в загальній сукупності даних за 2019–2021 рр. (для  $n = 192$ , у співставленні варіанти-повторення-роки)**

У сочевиці тривалість загального та активного симбіозу змінюється від 47 до 71 доби для показника загальної та 35–67 діб для продуктивної її частини [71, 275] та визначається комплексом факторів технологічного та абіотичного характеру. Повідомляється що оптимум співвідношення між продуктивним та загальним симбіозом у сочевиці знаходиться в інтервалі від

75 до 95 % [42]. Результатами наших обліків встановлено (табл. 5.5), що тривалість цих періодів залежала від досліджуваних факторів досліду.

Таблиця 5.5

**Загальні показники продуктивності симбіотичного апарату сочевиці  
залежно від впливу варіантів досліду,  
середнє за 2019–2021 рр.**

| Інокуляція<br>(чинник В)            | Обробка<br>насіння<br>(чинник С) | Варіант<br>позако-<br>реневого<br>піджив-<br>лення<br>(чинник D) | Тривалість<br>симбіозу, діб |           | АСП за<br>вегетацію, кг<br>діб/га | Питома<br>активність<br>симбіозу,<br>(ПАС) г/кг за<br>добу | Фіксовано<br>біологічного<br>азоту, кг/га |
|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                     |                                  |                                                                  | загального                  | активного |                                   |                                                            |                                           |
| Без<br>інокуляції                   | Контроль<br>(без<br>обробки)     | 1                                                                | 54                          | 44        | 369,0                             | 7,4                                                        | 2,7                                       |
|                                     |                                  | 2                                                                | 57                          | 48        | 619,2                             | 7,8                                                        | 4,8                                       |
|                                     |                                  | 3                                                                | 59                          | 51        | 758,4                             | 8,8                                                        | 6,7                                       |
|                                     |                                  | 4                                                                | 61                          | 54        | 906,8                             | 9,5                                                        | 8,6                                       |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | 1                                                                | 56                          | 47        | 442,3                             | 7,9                                                        | 3,5                                       |
|                                     |                                  | 2                                                                | 57                          | 49        | 708,8                             | 8,3                                                        | 5,9                                       |
|                                     |                                  | 3                                                                | 61                          | 53        | 900,9                             | 8,8                                                        | 7,9                                       |
|                                     |                                  | 4                                                                | 62                          | 55        | 1122,3                            | 9,9                                                        | 11,1                                      |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | 1                                                                | 60                          | 52        | 2876,8                            | 11,5                                                       | 33,1                                      |
|                                     |                                  | 2                                                                | 62                          | 55        | 3591,3                            | 12,7                                                       | 45,6                                      |
|                                     |                                  | 3                                                                | 64                          | 57        | 4452,2                            | 13,6                                                       | 60,5                                      |
|                                     |                                  | 4                                                                | 66                          | 60        | 5209,5                            | 14,9                                                       | 77,6                                      |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | 1                                                                | 61                          | 53        | 3412,5                            | 12,2                                                       | 41,6                                      |
|                                     |                                  | 2                                                                | 63                          | 56        | 4108,5                            | 13,5                                                       | 55,5                                      |
|                                     |                                  | 3                                                                | 66                          | 60        | 5572,0                            | 15,5                                                       | 86,4                                      |
|                                     |                                  | 4                                                                | 68                          | 63        | 6173,5                            | 16,3                                                       | 100,6                                     |
| НІР <sub>05</sub> , діб А           |                                  |                                                                  | 0,33                        | 0,29      |                                   |                                                            |                                           |
| В                                   |                                  |                                                                  | 0,27                        | 0,24      |                                   |                                                            |                                           |
| С                                   |                                  |                                                                  | 0,27                        | 0,24      |                                   |                                                            |                                           |
| D                                   |                                  |                                                                  | 0,39                        | 0,33      |                                   |                                                            |                                           |
| AB                                  |                                  |                                                                  | 0,47                        | 0,41      |                                   |                                                            |                                           |
| AC                                  |                                  |                                                                  | 0,47                        | 0,41      |                                   |                                                            |                                           |
| AD                                  |                                  |                                                                  | 0,67                        | 0,58      |                                   |                                                            |                                           |
| BC                                  |                                  |                                                                  | 0,39                        | 0,33      |                                   |                                                            |                                           |
| BD                                  |                                  |                                                                  | 0,55                        | 0,47      |                                   |                                                            |                                           |
| CD                                  |                                  |                                                                  | 0,55                        | 0,47      |                                   |                                                            |                                           |
| ABC                                 |                                  |                                                                  | 0,67                        | 0,58      |                                   |                                                            |                                           |
| ABD                                 |                                  |                                                                  | 0,95                        | 0,82      |                                   |                                                            |                                           |
| ACD                                 |                                  |                                                                  | 0,95                        | 0,82      |                                   |                                                            |                                           |
| BCD                                 |                                  |                                                                  | 0,77                        | 0,67      |                                   |                                                            |                                           |
| ABCD                                |                                  |                                                                  | 1,34                        | 1,16      |                                   |                                                            |                                           |

*Чинник А – річні умови вегетації. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження. Варіанти підживлень: 1 – без підживлення; 2 – Ярило активний старт PRO; 3 – Авангард Комплекс Бобові; 4 – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.*



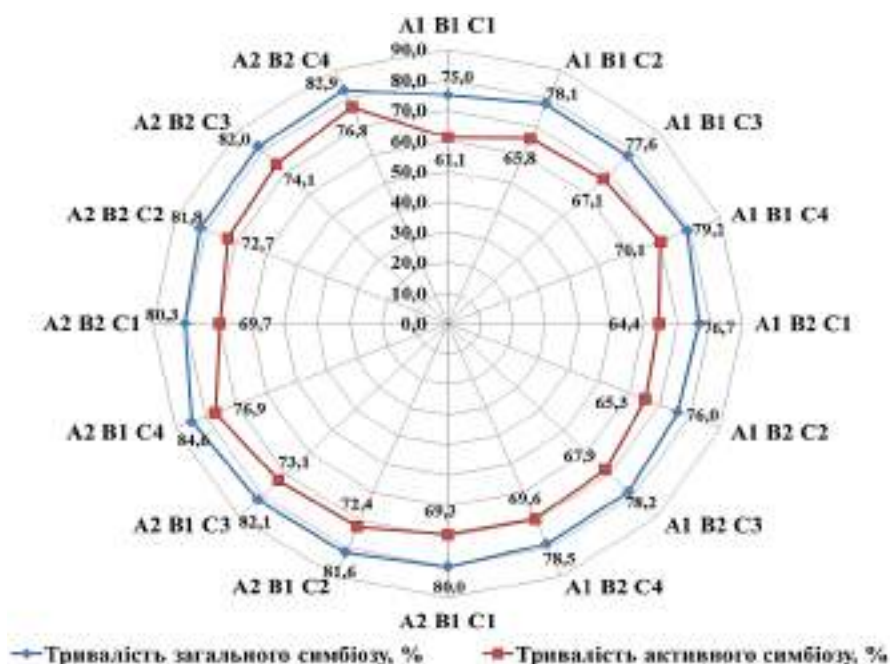
Так, загальна тривалість симбіозу знаходилась в інтервалі від 54 діб у варіанті з відсутністю додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці до 68 діб у варіанті комплексного і повного застосування вказаних заходів. Аналогічний характер формування показника відмічено і для показника тривалості періоду активного симбіозу – 44 і 63 доби, відповідно.

Це забезпечує співвідношення між продуктивним та загальним симбіотичним періодом у значенні 81,5 % для першого та 92,6 % для другого варіанту. Таким чином, інокуляція, передпосівна обробка насіння мікроелементами та застосування системи підживлень подовжує за граничним співставлення тривалість активного симбіотичного періоду на 19 діб, а загального симбіотичного періоду на 14 діб. При цьому у середньому по варіантах досліді на фоні з інокуляцією тривалість загального періоду симбіозу склала 63 доби, а на фоні без інокуляції 58 діб тобто на 5 діб коротший. Аналогічні показники для періоду активного симбіозу склали відповідно 57 та 50 діб за зростання відсотка тривалості активного симбіозу у загальному його періоді на 3,3 % (рис. 5.11).

Застосування передпосівної обробки насіння сочевиці подовжувало період загального та активного симбіозу на 2–3 доби на фоні з інокуляцією та на 1–2 доби без її застосування у варіанті, що підвищувало співвідношення між активною та загальною фазою симбіозу на 1–1,5 доби та підвищення частки продуктивного періоду на 1,0–1,3 %.

Застосування позакореневих підживлень сприяло подовженню періоду симбіозу, величина такого подовження тривалості визначалась варіантом підживлень. Встановлено, що у варіанті одноразового застосування мікродобрива Ярило активний старт PRO приріст до середнього по варіантах без його застосування склав у середньому 2 доби для показника загальної тривалості симбіозу та 3 доби для активної його фази за зростання частки активного симбіозу у загальній тривалості його періоду на 2,2 %. У варіанті одноразового застосування мікродобрива Авангард Комплекс Бобові вказана

тривалість періодів була на 5 та 7 діб довшою при прирості частки періоду активного симбіозу на 3,6 %. Максимальна тривалість з подовженням періодів на 8 та 9 діб та частки періоду активного симбіозу на 5,5 % відмічена у варіанті поєднаного застосування вказаних вище мікродобрих.

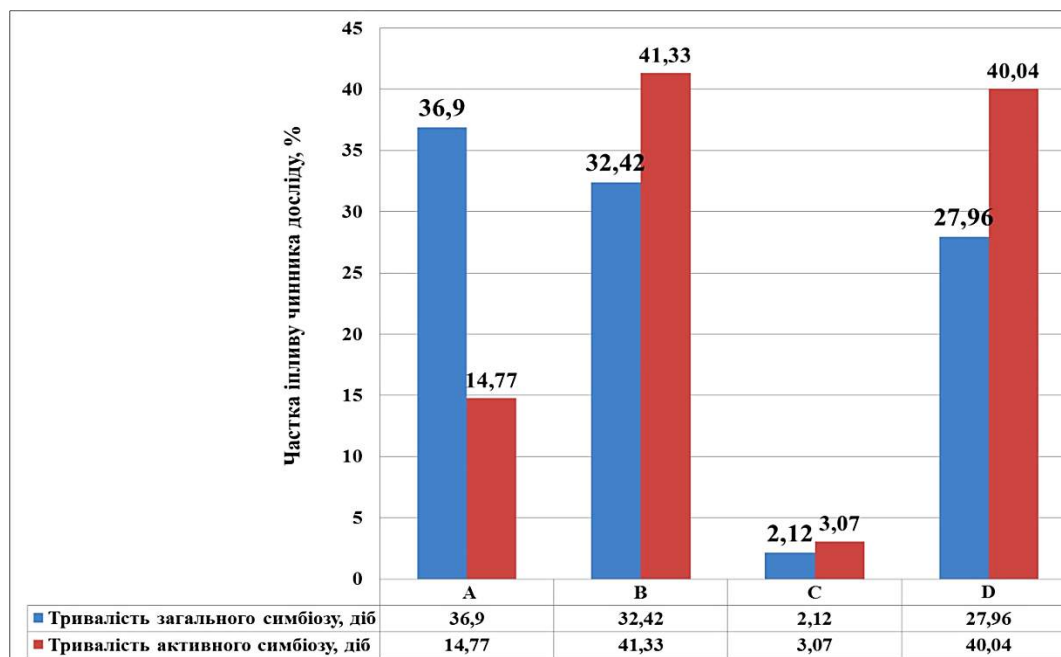


Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

**Рисунок 5.11 – Тривалість періоду загального та активного симбіозу у % до загальної тривалості вегетаційного періоду сочевиці залежно від досліджуваних варіантів досліду (середнє за 2019–2021 рр.)**

Зроблені висновки узгоджуються з результатами багатофакторного дисперсійного аналізу (рис. 5.12) відповідно до результатів якого залежність тривалості загального періоду симбіозу від абіотичних чинників року вегетації складає 36,9 %, на частку фактора інокуляції припало 32,42 %, передпосівної обробки насіння – 2,12 %, а застосування позакореневих підживлень – 27,96 %. Співвідношення частки факторів при формуванні тривалості періоду активного симбіозу було істотно іншим у відповідному значенні 14,77 %, 41,33 %, 3,07 % та 40,04 %. Тобто, процес формування

періоду активного симбіозу мав іншу факторну основу формування і в управлінні ним у сочевиці вагомість технологічних заходів оптимізації зростає.



Зміст факторів: A – річна варіанса умов року вегетації; B – інокуляція; C – обробка насіння; D – підживлення.

**Рисунок 5.12 – Частка впливу чинників досліді на тривалість загального та активного симбіозу сочевиці сорту Лінза, діб (у загальному масиві даних за 2019–2021 рр.)**

Важливим в оцінці діяльності симбіотичного апарату будь-якої зернобобової культури є визначення рівня біологічно фіксованого азоту [73, 376]. Зернобобові культури істотно різняться за цим показником [4, 291]. Його значення є відносно сталим та залежить від поєднання різноманітних факторів – від погодних умов до сортових особливостей [366]. Для сочевиці значення величини біологічно фіксованого азоту є величиною із широким спектром коливань від 65 до 140 кг/га [42, 290]. За оптимізації ростових процесів, поліпшення умов мікроелементного живлення на фоні оптимальності погодних умов, сочевиця у середньому для лісостепової зони накопичує від 80 до 120 кг/га біологічно фіксованого азоту [3, 42, 275].

Результатами наших досліджень (табл. 5.5) ряд зроблених літературних узагальнень підтверджено. У нашому випадку рівень біологічної азотфіксації сочевицею слід розділити на два істотно відмінні блоки. Один із них не передбачає застосування інокуляції насіння, а інший розглядає його як обов'язковий технологічний захід оптимізації живлення сочевиці. Для першого варіанту накопичення біологічного азоту склало інтервал 2,7–11,1 кг/га, а для другого – в інтервалі від 33,1 до 100,6 кг/га. Фактично така сегментація підтверджує отриманий нами у багатьох графічних інтерпритаціях кореляційних пар розподіл масиву точок даних із двох зон з інокуляцією і без. Тобто по своїй суті інокуляція істотно підвищує біологічні шанси сочевиці досягнути фізіологічно властивого їй рівня біологічної азотфіксації. Досягнути його без цього заходу за нашими даними технологічно неможливо. За цих умов застосування як передпосівної обробки насіння мікроелементами, так і застосування позакореневих підживлень істотно підвищує значення показника кількості симбіотично фіксованого азоту. При цьому фактори обробки насіння мікроелементами та проведення позакореневих підживлень у плані забезпечення зростання біологічно фіксованого азоту на варіантах без інокуляції більш суттєві, враховуючи що у даному випадку, на нашу думку, рослина перебуває з позиції живлення у значно більшому стресовому стані, ніж за умов інокуляції та оптимізації азотного ґрунтового живлення, що підтверджується у ряді наукових публікація не лише для сочевиці, але й для такої культури як соя [367, 374–376].

Таким чином, система вирощування сочевиці на основі поєднання інокуляції, стимулюючої обробкою мікроелементами на фоні двох позакореневих підживлень з їх розмежуванням для двох критичних фенологічних фаз її росту та розвитку – найбільш доцільний варіант як для значного підвищення функціонування симбіотичного апарату рослин сочевиці, так і для оптимізації її азотного живлення за рахунок накопичення істотно вищих рівнів біологічно фіксованого азоту.

## Висновки до розділу 5

На основі узагальнення результатів вивчення ростових процесів сочевиці, з огляду на застосовані технологічні рішення в оптимізації її живлення можна зробити наступні висновки:

1. Загальна кількість бульбочок змінювалась на варіанті без застосування додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці в інтервалі від 3,2 шт./рослину на фазу стеблуння до 14,2 шт./рослину на фазу формування бобів із зниженням до 11,1 на фазу досягання. На варіанті із застосуванням комплексного поєднання заходів оптимізації живлення сочевиці ці значення становили 11,1 шт./рослину, 40,8 шт./рослину та 34,7 шт./рослину. При цьому середня частка впливу у дисперсійній системі формування показника склала для річної варіанси умов 24,40 %, для інокуляції 55,0 %, для обробки насіння мікроелементами 4,34 %, для застосування позакореневих підживлень 14,52 %.

2. Сира маса бульбочок мала мінімальне значення від 4,2 до 100,5 мг/рослину залежно від фенологічної фази обліку у варіанті повної відсутності застосованих заходів оптимізації удобрення сочевиці та максимальне – в інтервалі 11,1–324,7 мг/рослину у варіанті комплексного поєднання факторів оптимізації живлення сочевиці із середнім співвідношенням між цими граничними варіантами як 1 до 4,7, із приростом від інокуляції у значенні коефіцієнту 3,36, із приростом від обробки насіння мікроелементами у інтервалі 7,0–11,2 % т з послідовними приростами від мікродобрих відповідно до технологічної схеми підживлень 16,1 %, 17,9 %, 26,1 %, відповідно за усередненої частки абіотичного впливу 21,44 %.

3. Максимальна кількість активних бульбочок в інтервалі залежно від фенофази обліку 9,7–35,9 шт./рослину та їх максимальна сира маса в інтервалі 18,7–276,3 мг/рослину сформувалась на варіанті із застосуванням комплексного поєднання заходів оптимізації живлення сочевиці. Усереднена частка впливу факторів у дисперсійній системі формування кількості

активних бульбочок склала для річної варіанси 16,39 %, для фактора інокуляції 61,03 %, для фактора обробки насіння мікроелементами 8,33 %, для фактора застосування позакореневих підживлень 10,1 %. У формуванні показника сирої маси активних бульбочок вказані фактори склали частку 19,2 %, 60,19 %, 2,08 % та 16,3 %, відповідно.

4. Визначено, що оптимум при формуванні кількості активних бульбочок відмічається в інтервалі температур від 16 до 18 °С за умови кількості опадів за період сходи-формування бобів в діапазоні 220-280 мм, а формування маси активних бульбочок у співвідношенні середньодобова температура в діапазоні 18–20 °С на фоні суми опадів за період сходи-формування бобів в діапазоні 200–240 мм та варіант 16–18 °С на фоні суми опадів за той же період в інтервалі 260–300 мм.

5. Відмічено підвищення частки активних бульбочок у загальній їх кількості від 82,4 до 89,9 % залежно від фенофази з максимумом за період досліджень 86,46 % у варіанті комплексного застосування всіх заходів оптимізації живлення сочевиці, при усередненому прирості в 50,4 % за рахунок інокуляції, на 4,2 % (неінокульований фон) та 6,4 % (фон з інокуляцією) за рахунок обробки насіння мікроелементами та на 10,1 %, 12,1 %, 15,0 %, відповідно, за рахунок застосування позакореневих підживлень у послідовній фенологічній послідовності варіанту їх застосування

6. Встановлено максимальне середнє по досліді значення як ЗСП, так і АСП у міжфазний період формування бобів-достигання 3,69 г діб/рослину та 2,30 г діб/рослину, а мінімальне на міжфазний період стеблуння-бутонізація – 0,38 та 0,33 г діб/рослину, відповідно. Мінімальне значення як ЗСП, так і АСП відмічено у варіанті без застосування додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці із середнім значенням у розрізі облікованих міжфазних періодів на рівні 0,82 та 0,37 г діб/рослину, відповідно, а мінімальне – у варіанті комплексного застосування чинників досліді – 3,62 та 3,04 г діб/рослину відповідно.

7. Визначено загальне зростання показників ЗСП та АСП у порівнянні варіантів із інокуляцією та без неї за коефіцієнтом приросту у середньому по міжфазних облікових періодах на рівні 3,47 та 4,55 відповідно. Застосування заходу обробки насіння мікроелементами на фоні без інокуляції забезпечувало загальний приріст показників ЗСП та АСП на 10,1 % та 13,9 %, відповідно. Застосування позакореневих підживлень мікродобривами у фазу початку стеблування забезпечило приріст обох показників на рівні 17,6 % та 23,6 %, на фазу початку бутонізації – на рівні 26,2 % і 37,1 %, а за комбінованого використання – 36,9 % і 54,4 % відповідно.

8. Максимальний як ЗСП, так і АСП у виразі гектарної продуктивності за період досліджень було сформовано у варіанті комплексного поєднання інокуляції насіння, обробки його мікроелементами при застосуванні двох позакореневих підживлень у значенні ЗСП 9,18 тис. кг діб/га та АСП 6,92 тис. кг діб/га.

9. Доведено, що ЗСП тісно корелює із накопиченням вегетативної маси рослин сочевиці із рівнем детермінації 52,6 %, середньо корелює із накопиченням сухої речовини – рівень детермінації 40,0 %, тісно корелює з ФП та ЧПФ посіву сочевиці – рівень детермінації 69,2 % та 61,5 %, відповідно. АСП середньо корелює із накопиченням вегетативної маси рослин сочевиці із рівнем детермінації 47,4 %, середньо корелює із накопиченням сухої речовини – рівень детермінації 39,3 %, тісно корелює з ФП та ЧПФ посіву сочевиці – рівень детермінації 63,7 % та 56,3 % відповідно.

10. Встановлено тісний кореляційний зв'язок ( $r = 0,760$ , коефіцієнт детермінації 57,8 %) між значенням ЗСП та врожайністю сочевиці, а також залежність тотожного характеру ( $r = 0,856$ , коефіцієнт детермінації 73,3 %) між АСП та її врожайністю.

11. Визначено, що загальна тривалість симбіозу знаходилась в інтервалі від 54 діб у варіанті з відсутністю додаткових заходів оптимізації

живлення сочевиці до 68 діб у варіанті комплексного і повного застосування вказаних заходів. Аналогічний характер формування показника відмічено і для показника тривалості періоду активного симбіозу – 44 і 63 доби, відповідно. При цьому показано, що залежність тривалості загального періоду симбіозу від абіотичних чинників року вегетації 36,9 %, від інокуляції 32,42 %, від передпосівної обробки насіння – 2,12 %, а від застосування позакореневих підживлень – 27,96 %. Співвідношення частки факторів при формуванні тривалості періоду активного симбіозу встановлено у співвідношенні 14,77 %, 41,33 %, 3,07 % та 40,04 %.

12. Визначено, що рівень накопичення рослинами сочевиці біологічного азоту можна розділити на два істотно відмінні блоки значень: без застосування інокуляції із рівнем накопичення біологічного азоту в інтервалі 2,7–11,1 кг/га та із застосуванням інокуляції – інтервал накопичення 33,1–100,6 кг/га.



## РОЗДІЛ 6.

### УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА СОЧЕВИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ

#### 6.1. Індивідуальна зернова продуктивність рослин сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень

Для сочевиці, так як і для інших зернобобових культур структура індивідуальної зернової продуктивності визначається такими показниками як кількість бобів на рослині, кількість зерен в бобі, маса 1000 зерен, вихід зерна з рослини та загальна врожайність [80, 184]. У сочевиці є і певні відмінності в особливостях формування вказаної структури. До них слід віднести: висока абортівність квіток та плодів за умов несприятливих погодних умов, особливо у період від початку цвітіння до початку утворення бобів [42]; наявність бобів без насіння, які відносять до так званої категорії «пустонасінних» [106, 275]; низька кількість насінин у бобі, яка зазвичай для різних генотипів змінюється у межах 1–3 насінин [3, 71, 80, 89, 290]; висока варіативність показника маси 1000 зерен, значення якого може змінюватись залежно від видових та генотипічних особливостей від 45 до 120 г [42].

Враховуючи досить низький показник кількості зерен у бобі, який крім того має високий ступінь генетичної детермінації, основними важелями регулювання урожайності агроценозу сочевиці є поєднання відповідних густот з огляду на зростання кількості бобів з насінням на рослині [54, 275].

При цьому відмічається [42, 85, 87, 275] що вплив на такий показник як кількість бобів на рослині, у першу чергу, найбільш ефективно у сочевиці регулюється за рахунок підбору відповідних норм висіву і, відповідно, похідним їм густотам стояння, а також за рахунок оптимізації живлення, застосування системи підживлень тощо.

Вказані висновки знайшли своє підтвердження за результатами наших досліджень (табл. 6.1). Слід відмітити, що показник кількості бобів на рослині

мав високу річну мінливість. Максимальна кількість бобів на рослині у середньому по досліді сформувалась у 2019 році – 26,6 шт./рослину, а мінімальна у 2021 році – 22,8 шт./рослину. Пояснення цьому було деталізовано у попередніх розділах, виходячи з особливості ростових процесів сочевиці у досліді залежно від гідротермічних умов, що відобразилось у комплексі виявлених кореляційних та регресійних залежностях і закономірно зумовило формування меншої кількості бобів на рослині.

Таблиця 6.1

**Загальна кількість бобів на рослині у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт., 2019–2021 рр. (передпосівний фон удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ )**

| Інокуляція<br>(чинник А)            | Обробка<br>насіння<br>(чинник В) | Позакореневе підживлення<br>(чинник С)                    | Роки |      |      | Середнє   |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|------|------|------|-----------|
|                                     |                                  |                                                           | 2019 | 2020 | 2021 |           |
| Без<br>інокуляції                   | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 22,9 | 21,0 | 18,2 | 20,7±2,4* |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 23,5 | 21,5 | 19,0 | 21,3±2,3  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 24,3 | 22,0 | 19,9 | 22,1±2,2  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 25,3 | 22,7 | 20,5 | 22,8±2,4  |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 23,8 | 21,9 | 19,4 | 21,7±2,2  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 24,6 | 22,6 | 20,5 | 22,6±2,1  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 25,5 | 23,3 | 21,9 | 23,6±1,8  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 26,7 | 24,2 | 22,7 | 24,5±2,0  |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                           | 25,9 | 24,2 | 22,3 | 24,1±1,8  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 26,8 | 25,1 | 23,4 | 25,1±1,7  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 28,3 | 26,2 | 24,7 | 26,4±1,8  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 29,8 | 26,3 | 25,8 | 27,3±2,2  |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                           | 27,5 | 25,9 | 24,4 | 25,9±1,6  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                                  | 28,6 | 26,8 | 25,3 | 26,9±1,7  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                                  | 30,4 | 28,8 | 27,6 | 28,9±1,4  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO<br>+ Авангард Комплекс<br>Бобові | 32,3 | 30,5 | 29,2 | 30,7±1,6  |
| H <sub>IP</sub> 05, шт. А           |                                  |                                                           | 0,26 | 0,28 | 0,28 |           |
| В                                   |                                  |                                                           | 0,26 | 0,28 | 0,28 |           |
| С                                   |                                  |                                                           | 0,36 | 0,40 | 0,39 |           |
| AB                                  |                                  |                                                           | 0,36 | 0,40 | 0,39 |           |
| AC                                  |                                  |                                                           | 0,51 | 0,56 | 0,55 |           |
| BC                                  |                                  |                                                           | 0,51 | 0,56 | 0,55 |           |
| ABC                                 |                                  |                                                           | 0,72 | 0,80 | 0,78 |           |

Примітка: \* – стандартне відхилення.

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

Застосовані фактори досліду позитивно вплинули на величину показника із співвідношенням середньої за період досліджень кількості бобів у варіанті комплексного застосування всіх чинників оптимізації живлення сочевиці до контрольного варіанту без їх застосування із коефіцієнтом загального приросту на рівні 1,489 (48,9 % приріст). При цьому застосування інокуляції у середньому за період досліджень по відношенню до середнього по варіантах без її застосування підвищила кількість бобів на рослині із 22,4 шт. до 26,9 (з приростом 20,4 %).

Ефективність обробки насіння мікроелементами на варіантах без фонові інокуляції у середньому за період досліджень обумовлюється зростанням кількості бобів на рослині із 21,7 до 23,1 шт./рослину (приріст 6,4 %), а для аналогічного варіанту на фоні з інокуляцією цей показник зріс із 25,7 до 28,1 шт./рослину (приріст 9,3 %).

Застосування позакореневих підживлень було в цілому на другому місці після прийому інокуляції насіння за позитивним ефектом. Так, застосування одноразового позакореневого підживлення Ярило активний старт PRO на фазу початку стеблуння, у співставленні до контрольного варіанту без застосування підживлень, забезпечило збільшення показника з 23,1 до 24,0 шт./рослину (приріст 3,7 %). Застосування у підживлення мікродобрива Авангард Комплекс Бобові у фазу початку бутонізації мало більшу ефективність, зумовлену, на нашу думку з огляду на ряд досліджень [81, 108, 173, 176, 282, 301, 388], ефективним наближенням підживлення до феностадії формування бобів на рослині. Так, у цьому варіанті кількість бобів на рослині зросла з 23,1 до 25,2 (приріст 9,3 %). Найбільш ефективним варіантом позакореневих підживлень був варіант поєднання застосування обох мікродобрив за зростання кількості бобів на рослині з 23,1 до 26,3 шт./рослину при прирості 14,0 %.

Важливим аспектом наших досліджень була і оцінка ефективності досліджуваних факторів досліду з позиції формування озернених бобів на сочевиці (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

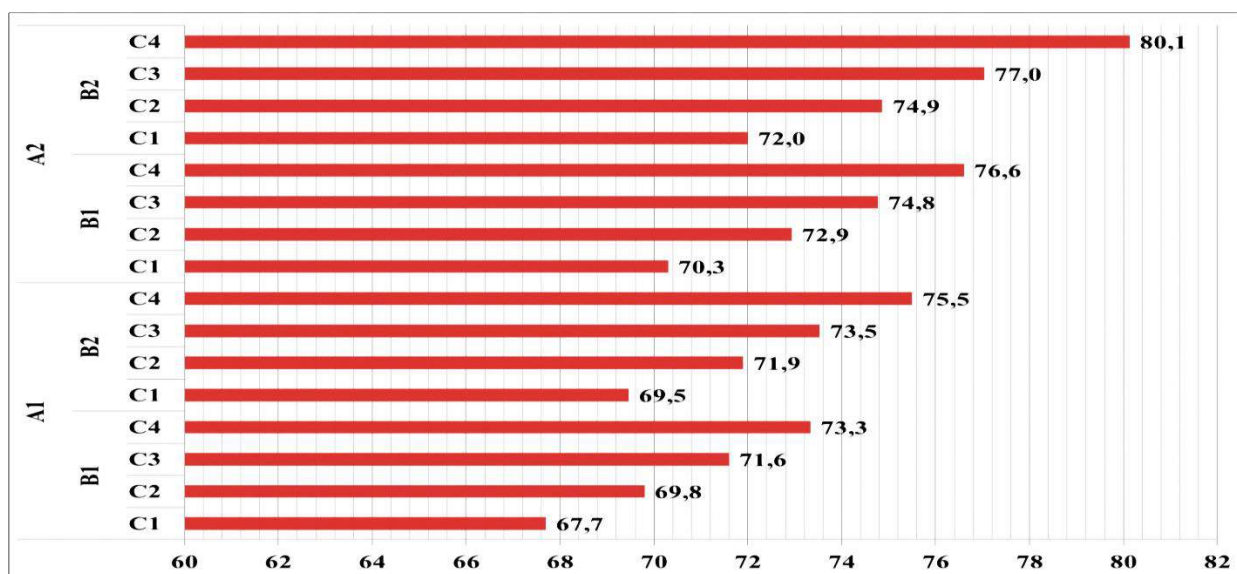
**Кількість бобів з насінням на рослині у сочевиці залежно від  
комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів,  
шт., 2019–2021 рр. (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція<br>(чинник А)            | Обробка<br>насіння<br>(чинник В) | Позакореневе підживлення<br>(чинник С)                 | Роки |      |      | Середнє   |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|-----------|
|                                     |                                  |                                                        | 2019 | 2020 | 2021 |           |
| Без<br>інокуляції                   | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 16,1 | 14,3 | 11,8 | 14,1±2,1* |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 16,9 | 15,2 | 12,7 | 14,9±2,1  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 18,0 | 15,8 | 13,7 | 15,8±2,2  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 19,2 | 16,7 | 14,5 | 16,8±2,3  |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 17,0 | 15,5 | 12,8 | 15,1±2,1  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 18,1 | 16,4 | 14,2 | 16,3±1,9  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 19,4 | 17,2 | 15,5 | 17,4±1,9  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 20,7 | 18,3 | 16,6 | 18,6±2,1  |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 19,0 | 17,0 | 15,0 | 17,0±2,0  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 20,3 | 18,2 | 16,5 | 18,3±1,9  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 22,0 | 19,5 | 17,8 | 19,8±2,2  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 23,8 | 20,2 | 18,9 | 21,0±2,5  |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 20,6 | 18,7 | 16,8 | 18,7±1,9  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 22,1 | 20,2 | 18,3 | 20,2±1,9  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 24,2 | 22,1 | 20,6 | 22,3±1,8  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 27,2 | 24,1 | 22,5 | 24,6±2,4  |
| H1P05, шт. А                        |                                  |                                                        | 0,30 | 0,45 | 0,35 |           |
| В                                   |                                  |                                                        | 0,30 | 0,45 | 0,35 |           |
| С                                   |                                  |                                                        | 0,43 | 0,63 | 0,50 |           |
| AB                                  |                                  |                                                        | 0,43 | 0,63 | 0,50 |           |
| AC                                  |                                  |                                                        | 0,60 | 0,89 | 0,71 |           |
| BC                                  |                                  |                                                        | 0,60 | 0,89 | 0,71 |           |
| ABC                                 |                                  |                                                        | 0,85 | 1,26 | 1,00 |           |

*Примітка: \* – стандартне відхилення. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.*

При цьому за того ж характеру формування середнього по досліді значення із максимумом у 2019 році – 20,3 шт/рослину та мінімумом у 2021 році – 16,1 шт/рослину фактори досліді мали вищий позитивний вплив на даний показник у порівнянні до аналогічної дії при формуванні загальної кількості бобів на рослині. Так, у системі аналогічного співставлення приріст від інокуляції склав 25,9 %, тобто на 0,9 вищий. Прирости від обробки насіння мікроелементами зросли до 9,30 % на фоні без інокуляції та до 13,0 % при її

застосуванні. Прирости від застосування позакореневих підживлень зросли у середньому на 4,8 % і склали 7,6 % для варіанту застосування Ярило активний старт PRO, 16,2 % – у варіанті застосування Авангард Комплекс Бобові та 24,9 % – за їх комбінованого застосування. У підсумку загальна позитивна роль поєднання інокуляції, обробки насіння мікроелементами та застосування двох позакореневих підживлень зросла на 15,7 %. Вказані результати наглядно підтверджуються визначенням середньої частки бобів із насінням на рослинах сочевиці залежно від застосованих варіантів дослідів (рис. 6.1), де значення показника зросло на 12,4 % у співставленні двох граничних варіантів у системі дослідів за збереження аналогічного характеру приростів від застосованих факторів оптимізації живлення сочевиці.



Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

**Рисунок 6.1 – Частка бобів із насінням від загальної кількості бобів на рослині у сочевиці залежно від досліджуваних варіантів дослідів, % (середнє за 2019–2021 рр.)**

Визначені відмінності у характері формування структури бобоутворення сочевиці залежно від варіантів дослідів наглядно підтверджується даними рисунків 6.2–6.3.



*Рисунок 6.2 – Загальний вигляд ценозу сочевиці на варіанті застосування комбінованого посєднання інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та подвійного застосування мікродобрив у позакореневе підживлення, 2019 рік*



*Рисунок 6.5 – Структура плодоутворення головного стебла сочивиці сорту Лінза на варіанті застосування комбінованого посєднання інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та подвійного застосування мікродобрив у позакореневе підживлення, 2020 рік*

Для сочевиці одним із факторів, які обмежують її продуктивний потенціал є низька озерненість бобу [52, 389] – від 1 до 3 насінин. Проблемним є також регулювання цього процесу за рахунок застосування агротехнологічних заходів [299, 304, 390, 391]. Результати наших досліджень підтверджують дані висновки (табл. 6.3, рис. 6.4).

Таблиця 6.3

**Кількість насінин у бобі сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт., 2019–2021 рр.**  
(передпосівний фон удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ )

| Інокуляція<br>(чинник А)            | Обробка<br>насіння<br>(чинник В) | Позакореневе підживлення<br>(чинник С)                 | Роки |      |      | Середнє    |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|------------|
|                                     |                                  |                                                        | 2019 | 2020 | 2021 |            |
| Без<br>інокуляції                   | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 1,35 | 1,17 | 0,89 | 1,14±0,23* |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 1,38 | 1,32 | 1,12 | 1,27±0,14  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,45 | 1,35 | 1,15 | 1,32±0,15  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 1,46 | 1,44 | 1,27 | 1,39±0,10  |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 1,36 | 1,21 | 1,00 | 1,19±0,18  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 1,42 | 1,38 | 1,20 | 1,33±0,12  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,47 | 1,39 | 1,20 | 1,35±0,14  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 1,50 | 1,44 | 1,24 | 1,39±0,14  |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 1,39 | 1,31 | 1,17 | 1,29±0,11  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 1,48 | 1,45 | 1,30 | 1,41±0,11  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,55 | 1,52 | 1,33 | 1,47±0,12  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 1,56 | 1,54 | 1,34 | 1,48±0,12  |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 1,43 | 1,43 | 1,36 | 1,41±0,14  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 1,52 | 1,55 | 1,41 | 1,49±0,17  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,57 | 1,57 | 1,44 | 1,53±0,15  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 1,64 | 1,58 | 1,47 | 1,56±0,16  |
| HIP <sub>05</sub> , шт.             |                                  |                                                        |      |      |      |            |
| А                                   |                                  |                                                        | 0,04 | 0,04 | 0,04 |            |
| В                                   |                                  |                                                        | 0,04 | 0,04 | 0,04 |            |
| С                                   |                                  |                                                        | 0,06 | 0,06 | 0,05 |            |
| AB                                  |                                  |                                                        | 0,06 | 0,06 | 0,05 |            |
| AC                                  |                                  |                                                        | 0,08 | 0,08 | 0,08 |            |
| BC                                  |                                  |                                                        | 0,08 | 0,08 | 0,08 |            |
| ABC                                 |                                  |                                                        | 0,11 | 0,11 | 0,11 |            |

Примітка: \* – стандартне відхилення.

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.





**Рисунок 6.4 – Морфологічний характер бобу сочевиці із детермінацією кількості насінин у ньому, 2019–2021 рр.**

За результатами представлених даних кількість насінин у бобі сочевиці у межах варіантів дослідів варіювала в інтервальних межах від 1 до 2 насінин та істотно різнилася у різні роки досліджень. Так, у середньому по досліді максимальний даний показник був в умовах 2019 року вегетації сочевиці – 1,47 шт/біб, а мінімальний у 2021 році вегетації – 1,24 шт/біб. При цьому



максимум показника у розрізі варіантів дослідів відмічено у варіанті комплексного застосування факторів оптимізації живлення сочевиці – 1,56 шт./біб, а мінімальне – у варіанті без застосування вказаних заходів – у середньому 1,14 шт./біб із співставним приростом на рівні 40,6 %. Застосування інокуляції у порівнянні із варіантами без її застосування, підвищувала показник на 12,5 %. Обробка насіння мікроелементами на фоні без інокуляції сприяла збільшенню показника на 3,1 %, а на фоні з інокуляцією – на 6,3 %. Застосування одноразового позакореневого підживлення у порівнянні із середнім по варіантах де воно не застосовувалось у фенологічну фазу початку стеблуння мікродобривом Ярило активний старт PRO збільшувало показник на 10,0 %, за використання мікродобрива Авангард Комплекс Бобові у фазу початку бутонізації приріст склав 13,0 % та 16,3 % – за поєданого застосування обох мікродобрив у підживлення. Отримані нами результати підтверджені і іншими дослідженнями на сочевиці [42, 52, 69, 78, 87, 91, 108, 275, 290, 392, 393].

Взаємодія проаналізованих показників кількості на рослині бобів із насінням у добутку на кількість насінин у бобі дала очікуваний результат кількості насінин на рослині сочевиці залежно від досліджуваних факторів дослідів (табл. 6.4) із тим же характером отриманих значень у межах досліджуваних варіантів дослідів. Так різниця між граничними технологічними варіантами за кількістю насінин на рослині у середньому за період досліджень склала 12 шт. насінин тобто більш ніж у два рази. За цих умов усереднений приріст показника склав: за рахунок інокуляції 9,0 насінин на рослину (приріст 43,7 %), за рахунок застосування обробки насіння мікроелементами 2,4 насінини (12,7 %) на фоні без інокуляції та 5,6 насінин (21,9 %) при її застосуванні. Одноразове позакореневе підживлення Ярило активний старт PRO у середньому за період досліджень забезпечило середній приріст по варіантах застосування у 3,9 насінини, при підживленні мікродобривом Авангард Комплекс Бобові – 6,5 насінин, а за їх поєднання – 9,0 насінин (рис. 6.5).

Таблиця 6.4

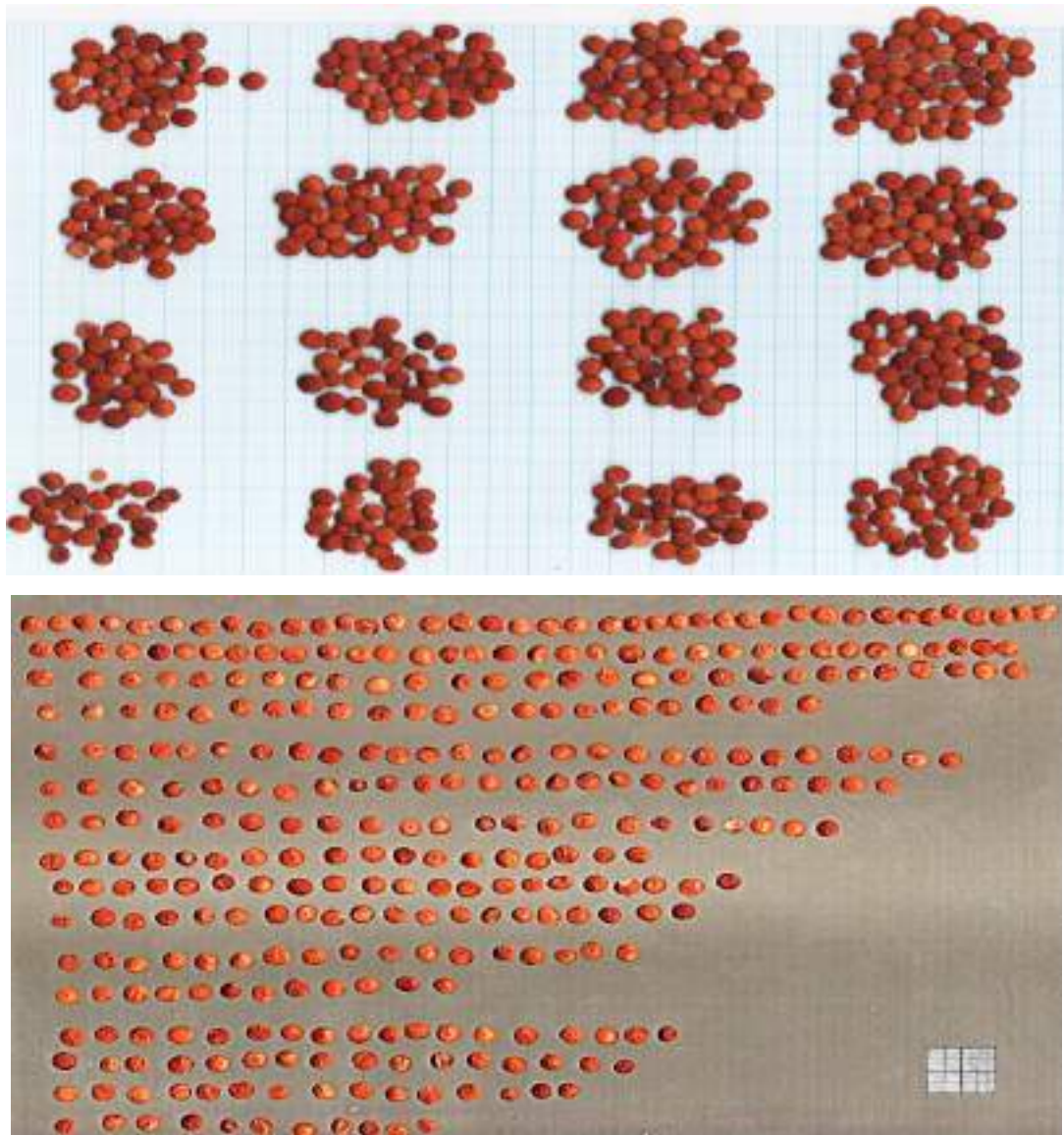
**Кількість насінин на рослині у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт., 2019–2021 рр.**  
(передпосівний фон удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ )

| Інокуляція<br>(чинник А)            | Обробка<br>насіння<br>(чинник В) | Позакореневе підживлення<br>(чинник С)                 | Роки |      |      | Середнє   |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|-----------|
|                                     |                                  |                                                        | 2019 | 2020 | 2021 |           |
| Без<br>інокуляції                   | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 21,7 | 16,7 | 10,5 | 16,3±5,6* |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 23,4 | 20,0 | 14,2 | 19,2±4,7  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 26,2 | 21,3 | 15,8 | 21,1±5,2  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 28,0 | 24,0 | 18,5 | 23,5±4,8  |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 23,1 | 18,8 | 12,9 | 18,3±5,1  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 25,7 | 22,6 | 17,1 | 21,8±4,4  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 28,4 | 23,9 | 18,6 | 23,6±4,9  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 31,1 | 26,4 | 20,6 | 26,0±5,3  |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 26,5 | 22,3 | 17,6 | 22,1±4,5  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 31,1 | 26,4 | 21,6 | 26,4±4,8  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 34,1 | 29,8 | 23,6 | 29,2±5,2  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 37,0 | 31,1 | 25,4 | 31,2±5,8  |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 29,5 | 26,7 | 22,8 | 26,3±3,4  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 35,1 | 31,3 | 28,1 | 31,5±3,5  |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 38,4 | 34,7 | 32,0 | 35,0±3,2  |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 41,8 | 38,0 | 35,2 | 38,3±3,3  |
| НІР <sub>05</sub> , шт. А           |                                  |                                                        | 0,41 | 0,35 | 0,37 |           |
| В                                   |                                  |                                                        | 0,41 | 0,35 | 0,37 |           |
| С                                   |                                  |                                                        | 0,58 | 0,50 | 0,52 |           |
| АВ                                  |                                  |                                                        | 0,58 | 0,50 | 0,52 |           |
| АС                                  |                                  |                                                        | 0,82 | 0,70 | 0,74 |           |
| ВС                                  |                                  |                                                        | 0,82 | 0,70 | 0,74 |           |
| АВС                                 |                                  |                                                        | 1,15 | 1,00 | 1,05 |           |

*Примітка:* \* – стандартне відхилення. Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

Слід зауважити, що крім різниці у загальній кількості насінин на рослині залежно від варіанту досліду, нами відмічено і різницю у фракційному складі насіння та його індивідуальній масі. Нажаль, це питання детально нами не досліджувалось, але як свідчать представлені дані на рис. 6.5 у варіантах без застосування інокуляції та без позакорневих підживлень, насіння є менш вирівняним за розмірами (із меншими показниками морфометрії) при наявності насіння дрібного та щуплого (див. перша колонка верхньої позиції рис. 6.5). Тобто варіанти різнилися ще й за індивідуальними характеристиками самого

насіння, що підтверджується даними виходу насіння у ваговому значенні із рослини залежно від варіанту досліду (табл. 6.5) та низкою досліджень [42, 275, 394, 395].



Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

Рисунок 6.5 – Вихід насіння з типової рослини сочевиці у варіантах досліду (послідовно зліва-направо і зверху вниз: *Верхня позиція*: ряд 1 ( $A_2B_2C_1$ ,  $A_2B_2C_2$ ,  $A_2B_2C_3$ ,  $A_2B_2C_4$ ); ряд 2 ( $A_2B_1C_1$ ,  $A_2B_1C_2$ ,  $A_2B_1C_3$ ,  $A_2B_1C_4$ ), ряд 3 ( $A_1B_2C_1$ ,  $A_1B_2C_2$ ,  $A_1B_2C_3$ ,  $A_1B_2C_4$ ); ряд 4 ( $A_1B_1C_1$ ,  $A_1B_1C_2$ ,  $A_1B_1C_3$ ,  $A_1B_1C_4$ ), 2019 рік. *Нижня позиція*: ряд 1 –  $A_2B_2C_4$ , ряд 2 –  $A_2B_2C_3$ , ряд 3 –  $A_2B_2C_2$ , ряд 4 –  $A_2B_2C_1$ ); ряд 5 –  $A_2B_1C_4$ , ряд 6 –  $A_2B_1C_3$ , ряд 7 –  $A_2B_1C_2$ , ряд 8 –  $A_2B_1C_1$ , ряд 9 –  $A_1B_2C_4$ , ряд 10 –  $A_1B_2C_3$ , ряд 11 –  $A_1B_2C_2$ , ряд 12 –  $A_1B_2C_1$ , ряд 13 –  $A_1B_1C_4$ , ряд 14 –  $A_1B_1C_3$ , ряд 15 –  $A_1B_1C_2$ , ряд 16 –  $A_1B_1C_1$ , 2021 рік.

Таблиця 6.5

**Маса насіння на рослині у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г/рослину, 2019–2021 рр. (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція<br>(чинник А)           | Обробка<br>насіння<br>(чинник В) | Позакореневе підживлення<br>(чинник С)                 | Роки  |       |       | Середнє    |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------------|
|                                    |                                  |                                                        | 2019  | 2020  | 2021  |            |
| Без<br>інокуляції                  | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 0,84  | 0,70  | 0,48  | 0,67±0,18* |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 0,97  | 0,83  | 0,62  | 0,81±0,17  |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,01  | 0,88  | 0,69  | 0,86±0,16  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 1,02  | 0,89  | 0,74  | 0,88±0,14  |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 0,90  | 0,78  | 0,57  | 0,75±0,16  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 0,99  | 0,92  | 0,73  | 0,88±0,13  |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,09  | 0,97  | 0,80  | 0,95±0,15  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 1,12  | 1,01  | 0,87  | 1,00±0,12  |
| Інокуляція<br>Андеріс-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 0,95  | 0,83  | 0,67  | 0,82±0,14  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 1,14  | 0,99  | 0,83  | 0,99±0,16  |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,17  | 1,03  | 0,89  | 1,03±0,14  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 1,22  | 1,07  | 0,92  | 1,07±0,15  |
|                                    | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 0,99  | 0,89  | 0,77  | 0,88±0,11  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 1,17  | 1,07  | 0,98  | 1,07±0,09  |
|                                    |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,22  | 1,11  | 1,03  | 1,12±0,09  |
|                                    |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 1,25  | 1,14  | 1,10  | 1,16±0,08  |
| НІР <sub>05</sub> , г/рослину      |                                  |                                                        |       |       |       |            |
| А                                  |                                  |                                                        | 0,038 | 0,044 | 0,044 |            |
| В                                  |                                  |                                                        | 0,038 | 0,044 | 0,044 |            |
| С                                  |                                  |                                                        | 0,053 | 0,062 | 0,062 |            |
| АВ                                 |                                  |                                                        | 0,053 | 0,062 | 0,062 |            |
| АС                                 |                                  |                                                        | 0,075 | 0,088 | 0,087 |            |
| ВС                                 |                                  |                                                        | 0,075 | 0,088 | 0,087 |            |
| АВС                                |                                  |                                                        | 0,106 | 0,124 | 0,123 |            |

Примітка: \* – стандартне відхилення.

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

В цілому за показником формування маси насіння на рослині отримано подібний характер формування показника залежно від варіантів досліду. Так, мінімальне значення показника відмічено у варіанті повної відсутності застосування заходів оптимізації живлення сочевиці – 0,67 г/рослину, а максимальне за їх повного застосування відповідно до технологічної схеми

варіантів досліду – 1,16 г/рослину (приріст 80,3 %). Усереднений приріст від інокуляції у співставленні до середнього по варіантах без її застосування склав 0,17 г/рослину або ж 20,6 %. Обробка насіння мікроелементами сформувала у середньому масу зерна на рослині на 10,6 %. Дія позакореневих підживлень також була позитивно формуючою забезпечуючи послідовне зростання показника у порівнянні із варіантом без їх застосування у ряду способів використання мікродобрих на 20,7 %, 27,9 % та 33,2 %, відповідно.

Відомо [60, 106, 184, 211, 291, 396, 397], що для зернобобових культур показник маси 1000 зерен є показником у значній мірі генетично контрольованим. У сочевиці він має певні варіативні межі коливання і за рахунок низької окультуреності самого виду на даний час має істотні міжвидові та внутрішньовидові відмінності [219]. Разом із тим його значення позитивно корелює із цілим низкою морфоознак сочевиці [394] та змінюється під дією застосування заходів агрохімічної інтенсифікації за вирощування сучасних сортів сочевиці [295]. Вказані твердження знайшли свої відображення у результатах обліків цього показника у межах досліджуваних варіантів досліду (табл. 6.6). Слід відмітити, що відповідно до характеристики сорту сочевиці Лінза [109, 110] значення маси 1000 зерен, за результатами проведених сортовипробувальних оцінок, знаходиться у межах 60–70 г. Наші дослідження показали нижче його значення, що відповідає інтервалу 58,9–64,2 і визначається застосованими заходами оптимізації живлення сочевиці. Річні умови впливали на величину показника. Максимальне його значення у середньому по досліді встановлено у 2019 році 63,4 г, а мінімальне для умов 2021 року вегетації сочевиці – 59,1 г. Фактори досліду позитивно вплинули на значення показника: застосування інокуляції у співставленні до середнього по варіантах без її застосування склало 3,2 г або ж 5,3 % приросту. Середній приріст від застосування передпосівної обробки насіння мікроелементами коливався у межах 0,5–0,9 %, залежно від варіанту досліду. Одноразове позакореневе підживлення Ярило активний

старт PRO поліпшило значення показника на 0,6 %, одноразове підживлення у фазу початку бутонізації Авангард Комплекс Бобові – на 1,5 %, а у варіанті їх поєднання по вегетації сочевиці – на 2,4 %. Тобто, застосування позакоренових підживлень на сочевиці з наближенням до фенодат формування її плодоеlementів є більш продуктивним з формування вагових характеристик індивідуальної зернової продуктивності рослин.

Таблиця 6.6

**Маса 1000 насінин у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г, 2019–2021 рр.**

(передпосівний фон удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ )

| Інокуляція<br>(чинник А)            | Обробка<br>насіння<br>(чинник В) | Позакореневе підживлення<br>(чинник С)                 | Роки  |       |       | Середнє  |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------|-------|----------|
|                                     |                                  |                                                        | 2019  | 2020  | 2021  |          |
| Без<br>інокуляції                   | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 61,5  | 59,7  | 55,5  | 58,9±3,1 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 61,8  | 60,3  | 56,6  | 59,6±2,7 |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 62,0  | 60,7  | 57,4  | 60,0±2,4 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 62,2  | 60,8  | 57,7  | 60,2±2,3 |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 61,8  | 60,3  | 56,4  | 59,5±2,8 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 62,0  | 60,5  | 57,0  | 59,8±2,6 |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 62,3  | 60,9  | 57,8  | 60,3±2,3 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 62,5  | 61,0  | 59,1  | 60,9±1,7 |
| Інокуляція<br>Андерізі-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)     | Без підживлення                                        | 64,4  | 62,7  | 59,4  | 62,2±2,5 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 63,7  | 63,1  | 60,2  | 62,3±1,9 |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 64,9  | 63,4  | 60,8  | 63,0±2,1 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 65,4  | 63,8  | 61,9  | 63,7±1,8 |
|                                     | Оракул<br>насіння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 64,8  | 63,1  | 60,3  | 62,7±2,3 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO                               | 64,9  | 63,3  | 60,8  | 63,0±2,1 |
|                                     |                                  | Авангард Комплекс Бобові                               | 65,2  | 63,6  | 61,5  | 63,4±1,9 |
|                                     |                                  | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 65,7  | 64,2  | 62,7  | 64,2±1,5 |
| НІР <sub>05, 2</sub>                |                                  |                                                        |       |       |       |          |
| А                                   |                                  |                                                        | 0,421 | 0,274 | 0,455 |          |
| В                                   |                                  |                                                        | 0,421 | 0,274 | 0,455 |          |
| С                                   |                                  |                                                        | 0,596 | 0,387 | 0,643 |          |
| АВ                                  |                                  |                                                        | 0,596 | 0,387 | 0,643 |          |
| АС                                  |                                  |                                                        | 0,843 | 0,548 | 0,910 |          |
| ВС                                  |                                  |                                                        | 0,843 | 0,548 | 0,910 |          |
| ABC                                 |                                  |                                                        | 1,192 | 0,775 | 1,286 |          |

Примітка: \* – стандартне відхилення.

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

Зроблені висновки щодо впливу факторів у системі варіантів досліду на формування показників індивідуальної зернової продуктивності рослин підтверджуються результатами дисперсійного багатфакторного аналізу у річному порівнянні (рис. 6.6, Додатки (послідовно) Ф.1–Ф.3, Х.1–Х.3, Ц.1–Ц.3).

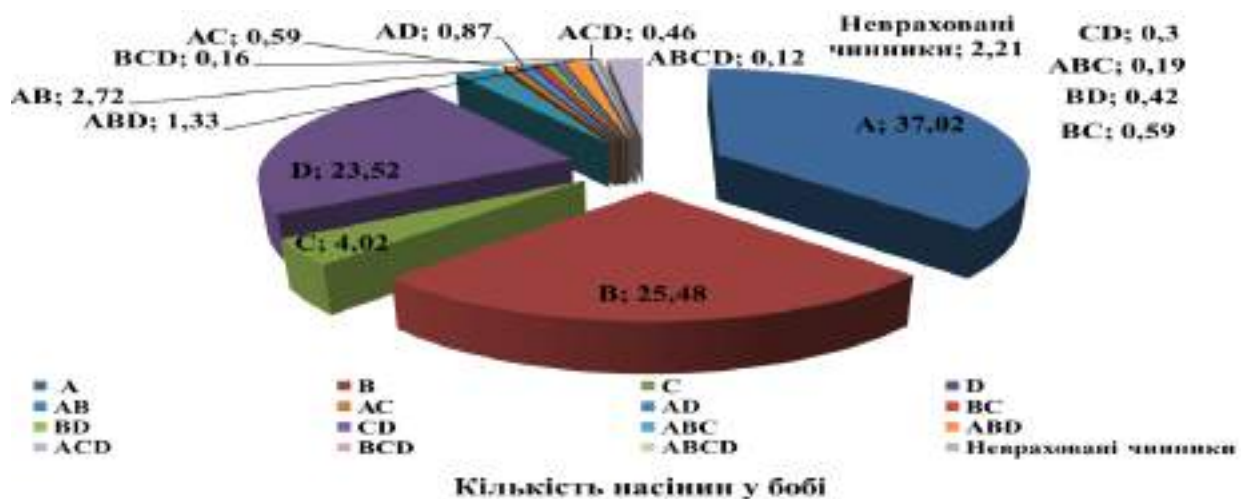
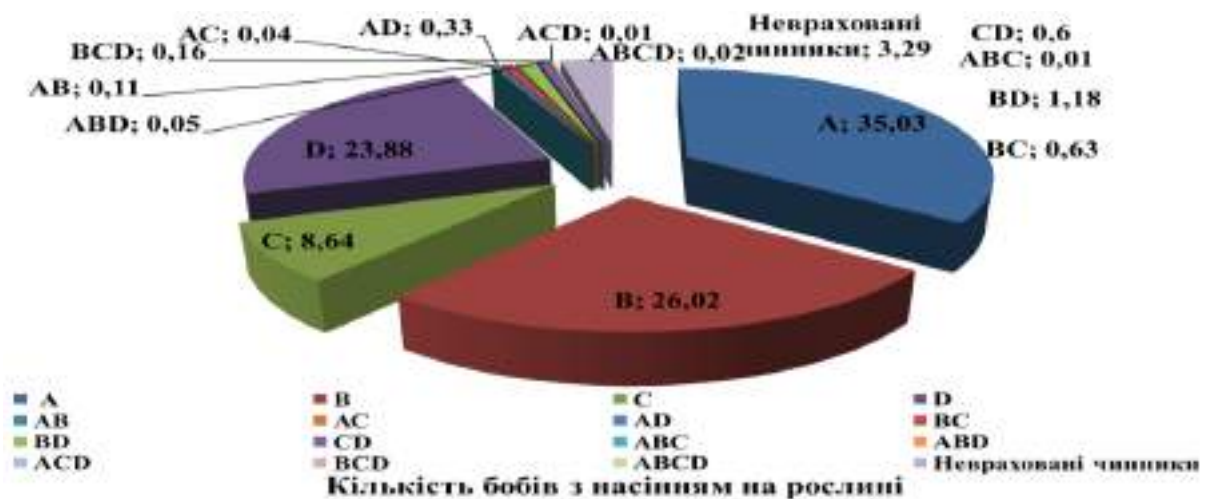
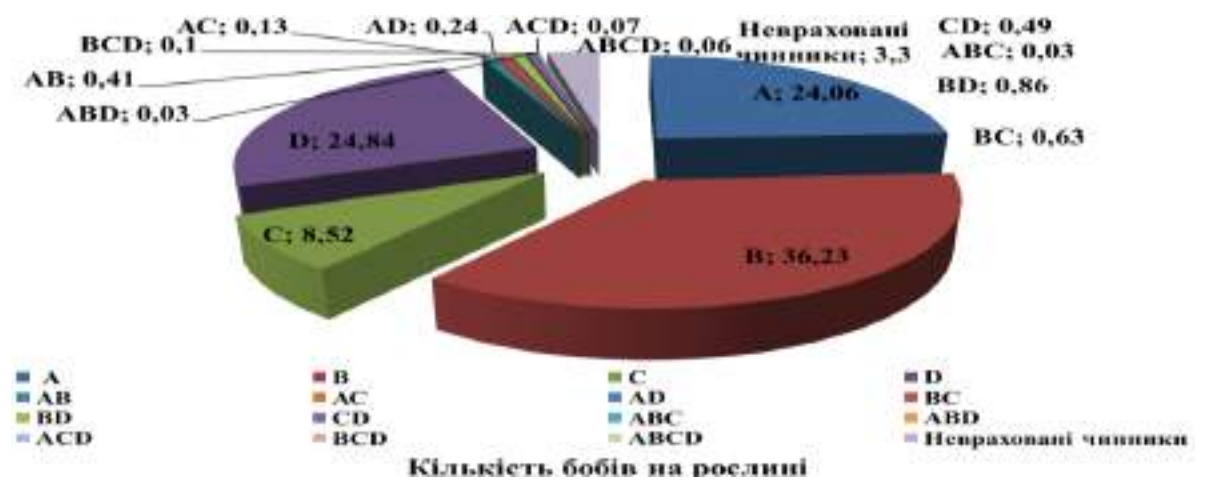
Істотні відмінності у значеннях показників структури зернової продуктивності підтверджено високою часткою річних умов вегетації прирівняних до погодних від сходів до облікової феностадії рослин в інтервалі від 24,06 до 46,3 % із мінімальним значенням для показника кількості бобів на рослині та максимальним для показника маси 1000 насінин. Останній факт на фоні найнижчих значень приростів маси 1000 насінин від застосованих інокуляції, підживлення, обробки насіння мікроелементами вказує на досить низьку адаптивність сорту Лінза з огляду на високу ступінь детермінації цього показника на генетичному рівні у сочевиці [275, 394].

Частка фактора інокуляції була максимальною за впливом у формуванні такого показника як кількість насінин на рослині у значенні 36,38 % при граничному розмаху значень у межах 22,2–36,38 %

Частка фактора обробки насіння мікроелементами була максимальною за формуючим впливом на величину показника кількість бобів з насінням на рослині 8,64 % при коливанні за показниками на рівні 3,96–8,64 %.

Частка фактора позакореневих підживлень мала близькі максимальні значення 24,79 % та 24,84 % при формуванні величини таких показників як маса насіння на рослині та кількість бобів на рослині із коливанням в інтервалі 10,6–24,84 % залежно від показника структури індивідуальної зернової продуктивності рослин сочевиці. На підставі чого, можна зробити загальний висновок про складний синергічно-комплементарний зв'язок у формуванні індивідуальних показників продуктивності сочевиці при системній взаємодії інокуляції, обробки насіння та позакореневих підживлень, що підтверджується дослідженнями V.S. Chauhan та P.K. Sinha [394].

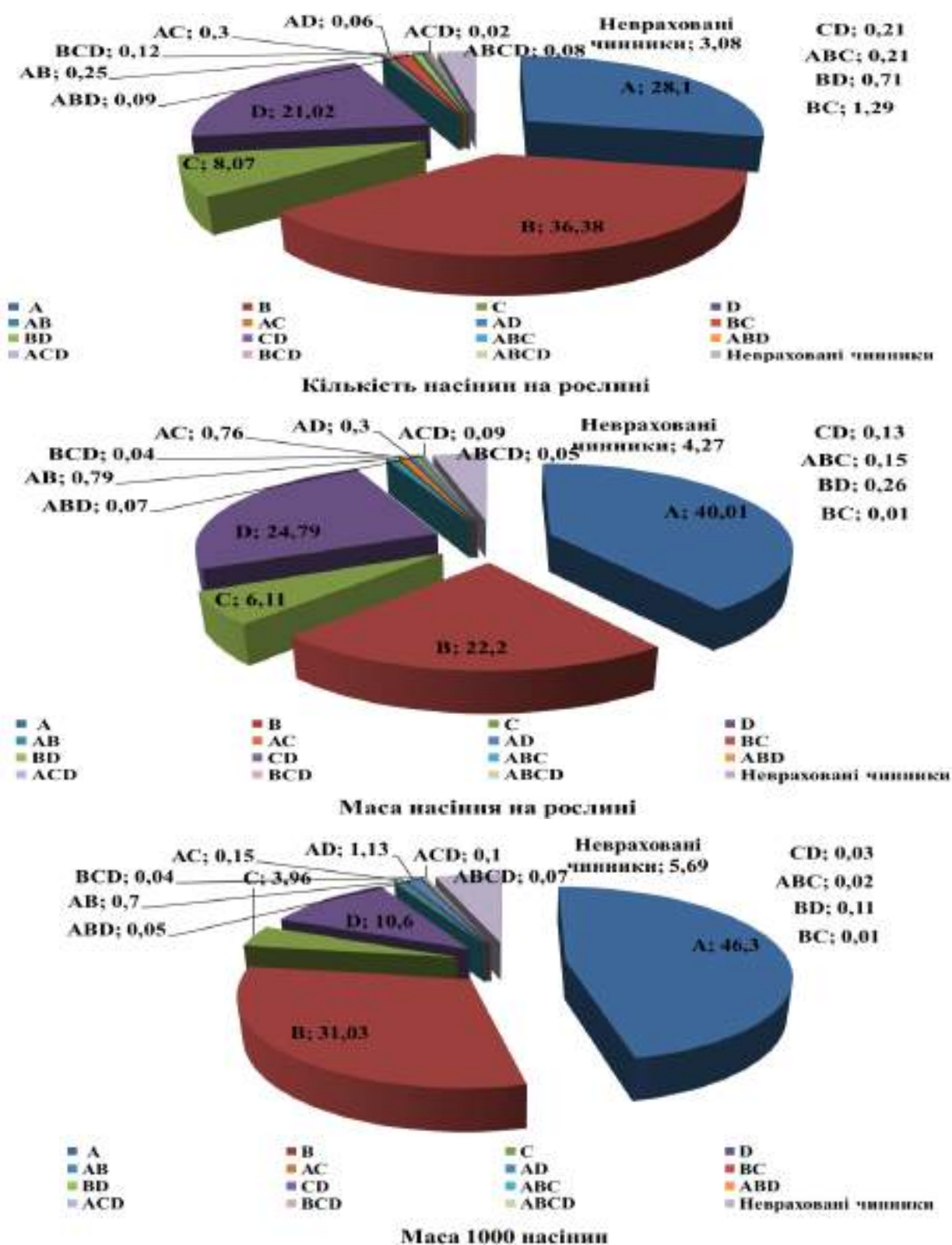




Зміст факторів: A – умови року вегетації; B – інокуляція; C – обробка насіння; D – підживлення.

Рисунок 6.6 – Частка факторів (%) у формуванні показників структури індивідуальної зернової продуктивності рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.





Продовження Рисунка 6.6 – Частка факторів (%) у формуванні показників структури індивідуальної зернової продуктивності рослин сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.

## **6.2. Врожайність зерна сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень**

Не дивлячись на досить давню історію культивування сочевиці та цілий ряд технологічних розробок, які рекомендовані за її вирощування, рівень її урожайності залишається досить низьким [68, 121, 124, 290]. Для України значення цього показника варіює у досить широких межах від 0,7 до 2,7 т/га і визначається ефективністю застосованих агротехнологічних заходів серед яких важлива роль належить системам удобрення та застосування стимуляторів і регуляторів росту, різних варіантів інокуляції [16, 39, 42].

Сучасні кліматичні зміни та зростання інтересу аграріїв до вирощування і використання сочевиці на різні цілі зумовлює необхідність розробки адаптивних технологій її вирощування та пошук оптимальних заходів її удобрення при поєднанні цих агротехнологічних рішень із застосуванням широкого спектру біопрепаратів та рістрегулюючих речовин [7].

Разом із тим, сочевиця позитивно реагує на варіанти оптимізації її живлення за самого широкого застосування варіантів від інокуляції насіння до застосування різноваріантних підживлень речовинами різного фізіологічного спрямування [1, 18].

Результати наших досліджень стосовно обліку найважливішого показника – урожайності, підтверджують вище зроблені висновки (табл. 6.7). Урожайність сочевиці у досліді за період досліджень залежно від застосованих варіантів коливалась у межах від 1,05 т/га, у варіанті без застосування будь-яких заходів оптимізації живлення сочевиці до 1,98 т/га, у варіанті поєднання інокуляції, обробки насіння мікроелементами та двох позакоренових підживлень. При цьому, у середньому по досліді врожайність була максимальною у 2019 році – 1,76 т/га, а мінімальною у 2021 році – 1,26 т/га із середнім значенням по масиву даних у розріз застосованих варіантів досліді за трьохрічний період на рівні 1,52 т/га.

Відмічено послідовне збільшення урожайності при додаванні до технологічної схеми вирощування сочевиці обробки насіння мікроелементами

та проведення інокуляції в інтервалі від 0,23 т/га до 0,93 т/га у співставленні до контрольного варіанту із повною відсутністю досліджуваних факторів оптимізації та в інтервалі 0,23–0,52 т/га приростів від застосування варіантів позакоренових підживлень.

Таблиця 6.7

**Врожайність насіння сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, т/га, 2019–2021 рр.**  
(передпосівний фон удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ )

| Інокуляція<br>(чинник А)           | Обробка<br>насіяння<br>(чинник В) | Позакоренове підживлення<br>(чинник С)                 | Роки  |       |      | Середня   | Приріст, т/га    |                                      |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------|------|-----------|------------------|--------------------------------------|
|                                    |                                   |                                                        | 2019  | 2020  | 2021 |           | піджив-<br>лення | до абсо-<br>лютного<br>кон-<br>тролю |
| Без інокуляції                     | Контроль<br>(без обробки)         | Без підживлення                                        | 1,33  | 1,09  | 0,72 | 1,05±0,31 | —                | —                                    |
|                                    |                                   | Ярило активний старт PRO                               | 1,56  | 1,31  | 0,96 | 1,28±0,30 | 0,23             | 0,23                                 |
|                                    |                                   | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,62  | 1,39  | 1,06 | 1,36±0,28 | 0,31             | 0,31                                 |
|                                    |                                   | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 1,68  | 1,45  | 1,16 | 1,43±0,26 | 0,38             | 0,38                                 |
|                                    | Оракул<br>насіяння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 1,42  | 1,22  | 0,87 | 1,17±0,28 |                  | 0,12                                 |
|                                    |                                   | Ярило активний старт PRO                               | 1,61  | 1,48  | 1,14 | 1,41±0,24 | 0,24             | 0,36                                 |
|                                    |                                   | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,78  | 1,57  | 1,25 | 1,53±0,27 | 0,36             | 0,49                                 |
|                                    |                                   | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 1,85  | 1,64  | 1,38 | 1,62±0,24 | 0,45             | 0,58                                 |
| Інокуляція<br>Андрізі-р<br>(2 л/т) | Контроль<br>(без<br>обробки)      | Без підживлення                                        | 1,57  | 1,36  | 1,06 | 1,33±0,26 |                  | 0,28                                 |
|                                    |                                   |                                                        | 1,88  | 1,61  | 1,31 | 1,60±0,29 | 0,27             | 0,55                                 |
|                                    |                                   | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,96  | 1,71  | 1,43 | 1,72±0,24 | 0,39             | 0,67                                 |
|                                    |                                   | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 2,07  | 1,80  | 1,49 | 1,82±0,25 | 0,49             | 0,77                                 |
|                                    | Оракул<br>насіяння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 1,66  | 1,47  | 1,23 | 1,45±0,22 |                  | 0,41                                 |
|                                    |                                   | Ярило активний старт PRO                               | 1,97  | 1,77  | 1,58 | 1,77±0,19 | 0,32             | 0,73                                 |
|                                    |                                   | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,08  | 1,87  | 1,69 | 1,88±0,20 | 0,43             | 0,83                                 |
|                                    |                                   | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 2,16  | 1,95  | 1,82 | 1,98±0,17 | 0,52             | 0,93                                 |
| H <sub>IP</sub> 05, т/га           |                                   |                                                        |       |       |      |           |                  |                                      |
| А                                  |                                   | 0,036                                                  | 0,042 | 0,045 |      |           |                  |                                      |
| В                                  |                                   | 0,036                                                  | 0,042 | 0,045 |      |           |                  |                                      |
| С                                  |                                   | 0,050                                                  | 0,059 | 0,064 |      |           |                  |                                      |
| АВ                                 |                                   | 0,050                                                  | 0,059 | 0,064 |      |           |                  |                                      |
| АС                                 |                                   | 0,071                                                  | 0,083 | 0,091 |      |           |                  |                                      |
| ВС                                 |                                   | 0,071                                                  | 0,083 | 0,091 |      |           |                  |                                      |
| АВС                                |                                   | 0,101                                                  | 0,118 | 0,128 |      |           |                  |                                      |

Примітка: \* – стандартне відхилення.

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

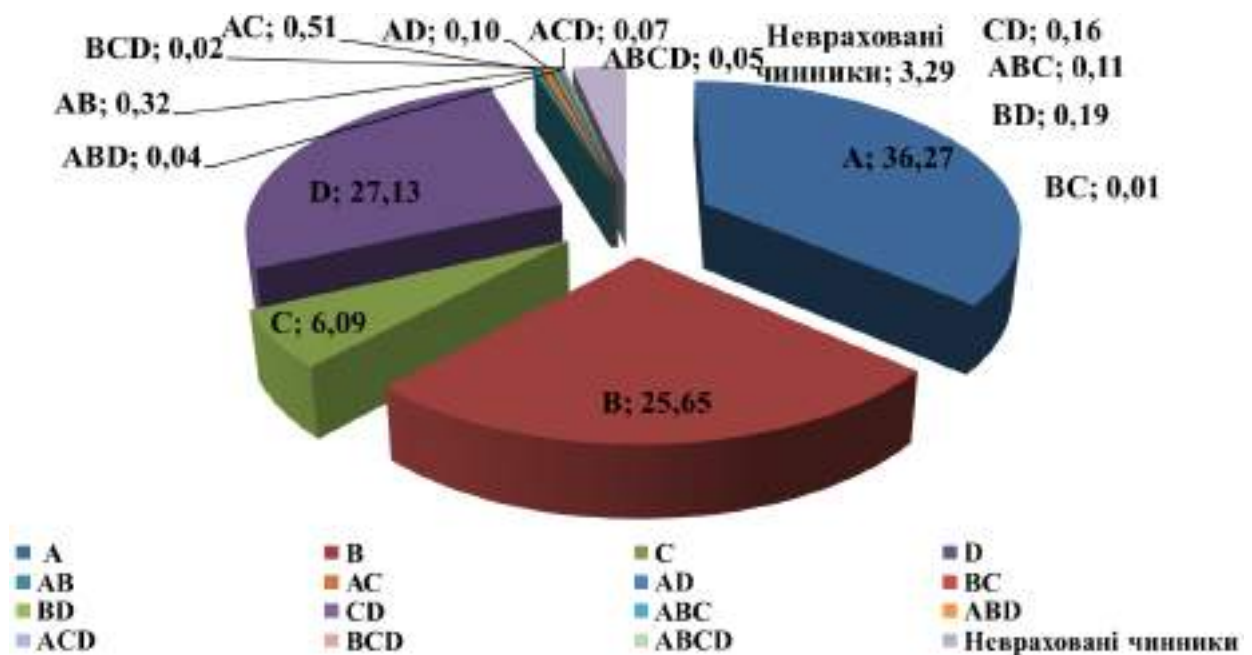
Застосування інокуляції у середньому по фоні з її застосуванням формувало на 25,6 % вищу врожайність сочевиці у порівнянні до середнього значення по варіантах без її застосування.

Застосування обробки насіння мікроелементами перед посівом формувало урожай на 11,2 % (середнє по варіантах на фоні без інокуляції насіння) та 13,2 % (фон з інокуляцією) вищий.

Більш раннє феностадійне позакореневе підживлення Ярило активний старт PRO формувало у середньому вищий на 0,26 т/га урожай до середнього по контрольних варіантах без його застосування. Проведення позакореневого підживлення у фазу початку бутонізації із максимальним технологічним наближенням до стадії формування плодоеlementів було ефективнішим із приростом врожаю за аналогічного співставлення на рівні 0,37 т/га. Максимальна ж ефективність позакореневих підживлень відмічена у варіанті подвійного позакореневого підживлення із приростом до середнього по контрольних варіантах на рівні 0,45 т/га. При цьому сумарна дія такого підживлення є нижчою, ніж їх сума для окремих підживлень, що пояснюється нами і певними негативними аспектами ростових і репродуктивних процесів у даному варіанті, зокрема більша схильність до вилягання, формування загущеного просторового розміщення асиміляційної поверхні, певний диспаритет між вегетативним та репродуктивним зусиллям рослин. Тому, при позитивному впливові він є нижчим ніж потенційно очікуваний за простої арифметичної суми від приростів при застосуванні відповідних варіантів одинарних позакореневих підживлень. Такі ж ефекти відмічено на сочевиці і в інших дослідженнях [52, 87, 88, 93, 141, 143, 150, 275].

Окреслені ефекти на формування врожаю сочевиці у досліді підтверджуються результатами оцінки частки впливу факторів на її формування відповідно до факторної схеми досліду (рис. 6.7, Додатки III.1–III.4). Відповідно до представлених даних за головними факторами частка умов року у виразі впливу погодних умов становить 36,27 %, частка фактора – 25,65 %,

передпосівної обробки насіння мікроелементами – 6,09 %, а застосування позакореневих підживлень – 27,13 %.



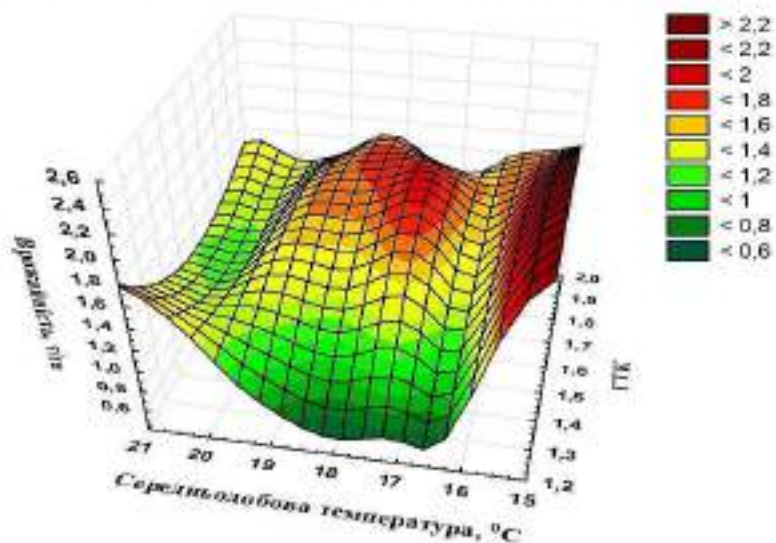
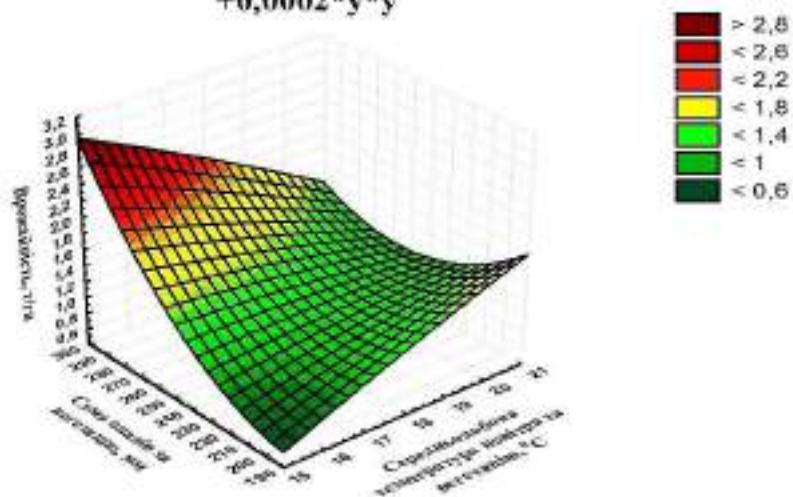
Зміст факторів: A – умови року вегетації; B – інокуляція; C – обробка насіння; D – підживлення.

Рисунок 6.7 – Частка факторів (%) у формуванні врожайності сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.

Деталізація впливу погодних умов на формування врожайності сочевиці за системою регресійного аналізу (рис. 6.8), дає нам підстави на основі аналізу реакційних поверхонь, створених при взаємодії базових погодних параметрів і врожайності сочевиці, визначити оптимальні погодні умови, які на фоні застосованих заходів оптимізації живлення сочевиці дозволять оптимізувати процес реалізації врожайного потенціалу сучасних генотипів сочевиці, до яких можна віднести і сорт сочевиці Лінза. Такими умовами є: сума опадів за період вегетації в інтервалі 270–300 мм при рівневі середньодобової температури в інтервалі 16–19 °C при ГТК в широкому діапазоні (на що вказує складність реакційної поверхні із хвилястим мікрорельєфом) 1,3–1,8. При цьому слід зауважити, що косий характер градаційного розміщення перспектив точок на

реакційній поверхні та ситуаційне їх розміщення у зонах з істотно меншими значеннями вказує на високий потенціал сочевиці з позиції її пристосування до умов посухи, інтенсивного коливання температур та нерівномірного зволоження. А з огляду на складний коливальний характер реакційної поверхні для сочевиці важливим є не сама величина кількості опадів, а їх рівномірний розподіл, або ж співпадання критичної вологопотреби із реальним надходженням вологи навіть за умови високих температур (ситуативний ГТК). Вказані висновки узгоджуються із цілим низкою досліджень на сочевиці [32, 42, 92, 101, 113, 118, 119, 275, 290].

$$\text{Врожайність (т/га)} = -10,4669 + 1,1335 * x + 0,0059 * y - 0,0037 * x * x - 0,0042 * x * y + 0,0002 * y * y$$



*Рисунок 6.8 – Реакційна поверхня залежності врожайності сочевиці залежно від суми опадів, середньодобової температури та ГТК за період її вегетації (у масиві даних за період 2019–2021 рр.)*

### **6.3. Показники якості зерна сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень**

Відомо [3, 42, 398, 399], що сочевиця є цінною харчовою зернобобовою культурою, яка з давніх часів використовуються на харчові цілі.

Сочевиця та продукти її переробки є сировиною для виготовлення різноманітних комбікормових та харчових продуктів різного харчового використання [290], завдяки своїм унікальним властивостям, які було детально описано в розділі 1 дисертації сочевиця в сучасному світі переробляється як для виготовлення концентратів заміників класичних молочних продуктів до компонентів заміників м'яса і навіть виготовлення ліків [219, 400–407]. У зв'язку із цим, важливого значення набуває оцінка формування якісних показників зерна сочевиці залежно від застосованих агротехнологічних заходів її вирощування з огляду на відмічене багатоцільове її використання. Результати такого вивчення за основними показниками хімічного складу зерна представлено у табл. 6.8.

Слід відмітити, що застосовані фактори оптимізації живлення сочевиці впливали на показники якості її зерна. Так відмічено збільшення вмісту сирого протеїну за поступового зростання факторів інтенсифікації варіантів дослідів із мінімального середнього за період досліджень значення 27,2 % у варіанті без застосування додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці до 29,7 % у варіанті повного і комплексного їх поєднання. При цьому відмічено зростання його значення у співставленні середнього по варіантах без інокуляції і при її застосуванні на 1,3 %. Збільшення вмісту сирого протеїну на 0,2–0,3 % визначено у варіантах застосування обробки насіння мікроелементами та на 0,2 %, 0,5 % та 0,8 % за послідовного використання позакоренових підживлень Ярило активний старт PRO, Авангард Комплекс Бобові та їх поєднання.

Вміст загального азоту також послідовно підвищувався за інтенсифікації факторів оптимізації живлення сочевиці з максимальним значенням на рівні 4,69 % у варіанті комплексного застосування технологічних факторів дослідів із



приростом 0,33 % у співставлені до мінімального значення у контрольному варіанті.

Таблиця 6.8

**Якісні показники зерна сочевиці залежно від комбінованого  
поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, %, середнє за  
2019–2021 рр. (передпосівний фон удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>)**

| Інокуляція<br>(чинник В)                                | Обробка<br>насіяння<br>(чинник С) | Позакореневе підживлення<br>(чинник D)                 | Сирий<br>протеїн, % | Загальний<br>азот, % | Вміст<br>крохмалю,<br>% (на<br>аб.сух.реч.) | Вміст сирової<br>клітковини,<br>% |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| Без інокуляції                                          | Контроль<br>(без<br>обробки)      | Без підживлення                                        | 27,2                | 4,36                 | 53,4                                        | 3,32                              |
|                                                         |                                   | Ярило активний старт PRO                               | 27,4                | 4,38                 | 53,8                                        | 3,35                              |
|                                                         |                                   | Авангард Комплекс Бобові                               | 27,6                | 4,41                 | 54,2                                        | 3,37                              |
|                                                         |                                   | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 27,9                | 4,46                 | 54,5                                        | 3,39                              |
|                                                         | Оракул<br>насіяння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 27,5                | 4,37                 | 53,6                                        | 3,34                              |
|                                                         |                                   | Ярило активний старт PRO                               | 27,8                | 4,39                 | 53,9                                        | 3,37                              |
|                                                         |                                   | Авангард Комплекс Бобові                               | 28,1                | 4,40                 | 54,1                                        | 3,39                              |
|                                                         |                                   | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 28,4                | 4,42                 | 54,5                                        | 3,42                              |
| Інокуляція<br>Андрієз-р<br>(2 л/т)                      | Контроль<br>(без<br>обробки)      | Без підживлення                                        | 28,6                | 4,57                 | 54,3                                        | 3,35                              |
|                                                         |                                   | Ярило активний старт PRO                               | 28,8                | 4,60                 | 54,8                                        | 3,39                              |
|                                                         |                                   | Авангард Комплекс Бобові                               | 29,0                | 4,64                 | 55,1                                        | 3,41                              |
|                                                         |                                   | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 29,2                | 4,68                 | 55,3                                        | 3,44                              |
|                                                         | Оракул<br>насіяння<br>(1 л/т)     | Без підживлення                                        | 28,8                | 4,59                 | 54,5                                        | 3,36                              |
|                                                         |                                   | Ярило активний старт PRO                               | 29,1                | 4,61                 | 54,7                                        | 3,38                              |
|                                                         |                                   | Авангард Комплекс Бобові                               | 29,3                | 4,65                 | 54,9                                        | 3,41                              |
|                                                         |                                   | Ярило активний старт PRO +<br>Авангард Комплекс Бобові | 29,7                | 4,69                 | 55,2                                        | 3,44                              |
| HIP <sub>05</sub> (після арктангенсного перетворення %) |                                   |                                                        |                     |                      |                                             |                                   |
| A                                                       |                                   |                                                        | 0,21                | 0,034                | 0,33                                        | 0,03                              |
| B                                                       |                                   |                                                        | 0,17                | 0,028                | 0,27                                        | 0,03                              |
| C                                                       |                                   |                                                        | 0,17                | 0,028                | 0,27                                        | 0,03                              |
| D                                                       |                                   |                                                        | 0,24                | 0,040                | 0,38                                        | 0,04                              |
| AB                                                      |                                   |                                                        | 0,30                | 0,049                | 0,46                                        | 0,05                              |
| AC                                                      |                                   |                                                        | 0,30                | 0,049                | 0,46                                        | 0,05                              |
| AD                                                      |                                   |                                                        | 0,42                | 0,069                | 0,65                                        | 0,07                              |
| BC                                                      |                                   |                                                        | 0,24                | 0,040                | 0,38                                        | 0,04                              |
| BD                                                      |                                   |                                                        | 0,34                | 0,056                | 0,53                                        | 0,06                              |
| CD                                                      |                                   |                                                        | 0,34                | 0,056                | 0,53                                        | 0,06                              |
| ABC                                                     |                                   |                                                        | 0,42                | 0,069                | 0,65                                        | 0,07                              |
| ABD                                                     |                                   |                                                        | 0,60                | 0,097                | 0,92                                        | 0,10                              |
| ACD                                                     |                                   |                                                        | 0,60                | 0,097                | 0,92                                        | 0,10                              |
| BCD                                                     |                                   |                                                        | 0,49                | 0,080                | 0,75                                        | 0,08                              |
| ABCD                                                    |                                   |                                                        | 0,84                | 0,138                | 1,31                                        | 0,14                              |

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження.

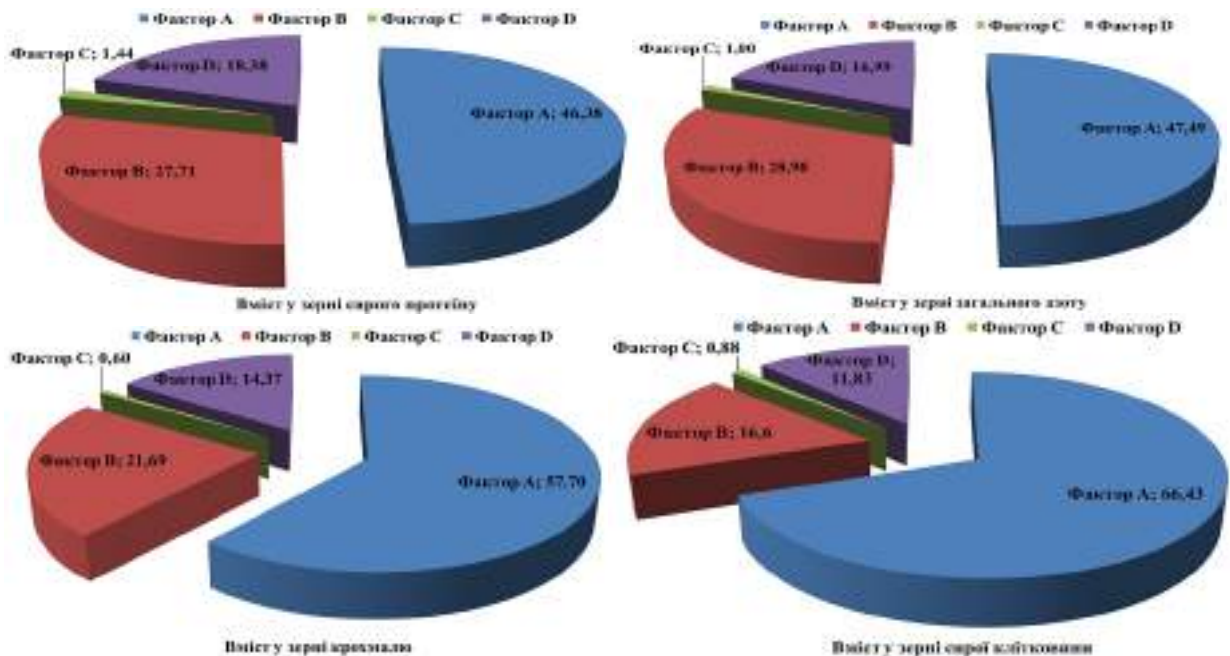


При цьому у середньому варіанти з інокуляцією мали вміст загального азоту на 0,23 % вищий у співставленні до середнього на варіантах без інокуляції. Істотних змін у величині показника при застосуванні обробки насіння мікроелементами не відмічено, а комбіноване застосування підживлень мікродобривами забезпечило статистично істотний приріст до контролю без застосування даного заходу на рівні 0,17 %.

Вміст крохмалю у середньому за період досліджень також мав стійку тенденцію до зростання із різницею між граничними варіантами схеми досліду на рівні 1,8 %. Різниця між фоновими варіантами з інокуляцією і без неї за період досліджень сягнула значення 0,85 %, застосування обробки насіння мікроелементами підвищило значення показника на 0,40 %. Застосування позакореневих підживлень послідовно з одинарного на фазу стеблуння до комбінованого у дві фази забезпечили послідовне збільшення вмісту крохмалю на 0,35 %, 0,62 % та 0,93 %.

Вміст сирої клітковини мав найменш виражену реакцію на застосовані заходи оптимізації живлення сочевиці із незначним приростом на рівні 0,12 % при співставленні граничних технологічних варіантів у розрізі системи досліду і статистично достовірна різниця відмічалась лише при співставленні варіантів із подвійним позакореневим підживленням як на фонах без інокуляції насіння, так і на фонах із її застосуванням. Такий характер пояснюється певними закономірностями у хімічному складі зерна за співвідношенням протеїнів, жиру, клітковини і золи [263] та визначеним різномірним характером впливу на окремі вказані складові застосованих заходів у досліді.

Ці ж висновки підтверджуються результатами дисперсійного багатофакторного аналізу з оцінкою впливу факторів досліду на формування величини результативної ознаки (рис. 6.9, послідовно Додатки Щ–АА), де найменша частка факторів поставлених на вивчення встановлена для показника вмісту сирої клітковини.



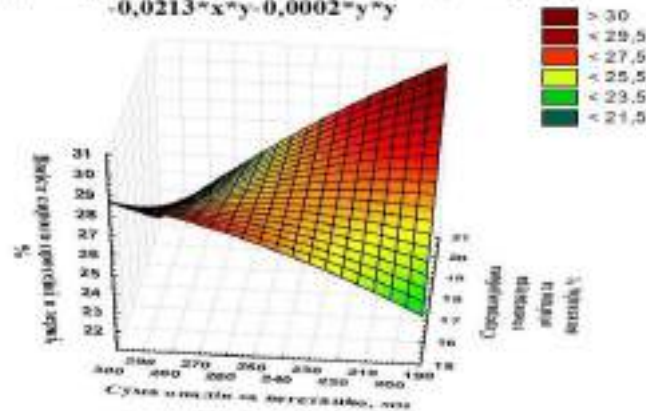
*Зміст факторів: А – умови року вегетації; В – інокуляція; С – обробка насіння мікродобрином; D – підживлення.*

**Рисунок 6.9 – Частка головних факторів (%) у формуванні показників якості зерна сочевиці залежно від поєднання умов року вегетації, інокуляції, обробки насіння та застосування мікроелементів у підживлення, 2019–2021 рр.**

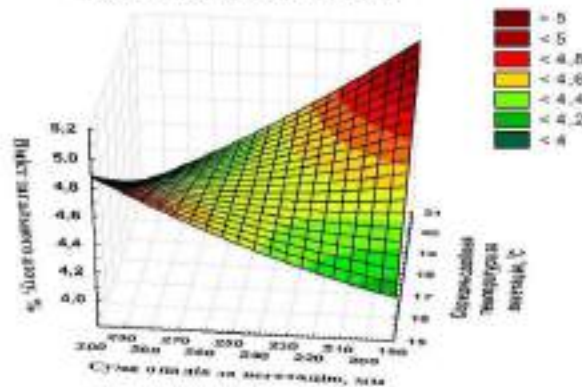
Слід відмітити високий рівень детермінації всіх показників якісного складу зерна сочевиці від чинника погодних умов у даний рік вегетації в інтервалі від 46,38 % для показника вмісту сирого протеїну, до 66,43 % для показника вмісту сирої золи. Такі результати спонукали нас до проведення регресійного аналізу залежності між показниками якості зерна сочевиці та базовими гідротермічними параметрами погодних умов за період вегетації сочевиці у досліді (рис. 6.10).

На підставі аналізу реакційних поверхонь визначених залежностей можна зробити наступні узагальнення, що вміст як сирого протеїну, так і загального азоту у зерні сочевиці на фоні застосованих заходів оптимізації її живлення зростатиме за зниження кількості опадів на рівні 190–200 мм за вегетацію на фоні зростання середньодобової температури до рівня 20–21 °С і вище, що цілком узгоджується із загальноприйнятою теорією синтезу стресових білків при зростанні показників засушливості періоду вегетації культури [168, 279, 363].

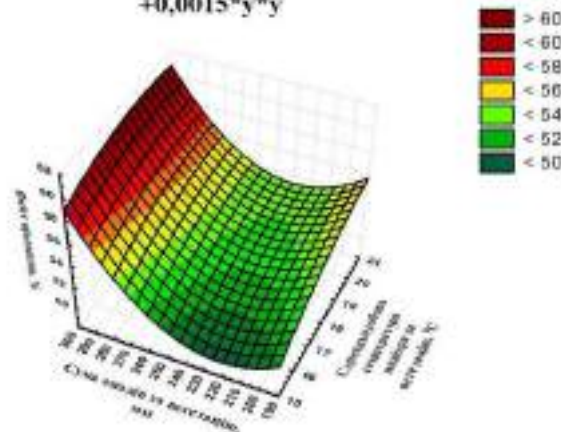
$$\text{Вміст сирого протеїну (\%)} = -71,725 + 4,8803 \cdot x + 0,4645 \cdot y + 0,0082 \cdot x \cdot x - 0,0213 \cdot x \cdot y - 0,0002 \cdot y \cdot y$$



$$\text{Вміст загального азоту, \%} = -6,5166 + 0,698 \cdot x + 0,0398 \cdot y + 0,0003 \cdot x \cdot x - 0,0029 \cdot x \cdot y + 2,1336 \cdot 10^{-5} \cdot y \cdot y$$



$$\text{Вміст крохмалю (\%)} = 70,5503 + 5,0779 \cdot x - 0,6171 \cdot y - 0,0964 \cdot x \cdot x - 0,0043 \cdot x \cdot y + 0,0015 \cdot y \cdot y$$



$$\text{Вміст сирової клітковини (\%)} = -6,7161 + 0,3854 \cdot x + 0,0615 \cdot y - 0,0033 \cdot x \cdot x - 0,0012 \cdot x \cdot y - 9,0979 \cdot 10^{-5} \cdot y \cdot y$$

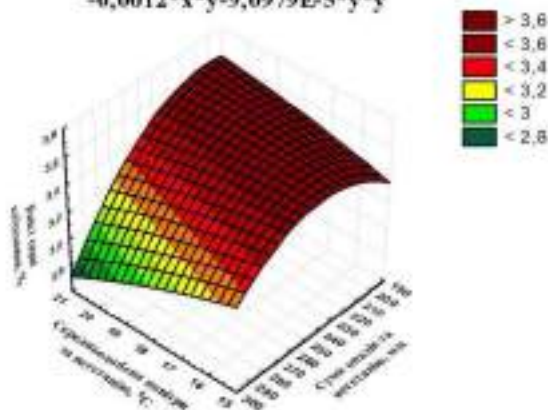


Рисунок 6.10 – Реакційна поверхня залежності якості зерна сочевиці сорту Лінза залежно від суми опадів та середньодобової температури за період її вегетації (у масиві даних за період 2019–2021 рр.)

Вміст крохмалю у зерні сочевиці зростатиме за збільшення кількості опадів впродовж вегетації до рівня 270–300 мм без чіткої диференціації від температури – у широкому діапазоні оптимуму в інтервалі від 17 до 20 °С.

Вміст сирової клітковини у зерні сочевиці досягатиме максимального значення в інтервалі суми опадів за вегетацію 220-250 мм в інтервалі середньодобових температур 17–19 °С, на що вказує характер реакційної поверхні для даного показника із піковим екстремумом у середній зоні поверхні та кутовим зміщенням стосовно результуючої осі показника.

Таким чином, застосовані у досліді заходи оптимізації живлення сочевиці разом із формуванням вищих рівнів її урожайності підвищували і якість зерна, що є важливим, враховуючи багатовекторне спрямування використання сочевиці в Україні.

### **Висновки до розділу 6**

На основі узагальнення результатів вивчення процесів формування врожайності сочевиці, з огляду на застосовані технологічні рішення з позиції оптимізації її живлення, можна зробити наступні висновки:

1. Максимальна кількість бобів на рослині у середньому по досліді сформувалась у 2019 році – 26,6 шт./рослину, а мінімальна у 2021 році – 22,8 шт./рослину. Максимальна ж кількість бобів на рослині у межах варіантів 30,7 шт./рослину відмічена у варіанті комплексного поєднання всіх факторів досліді із приростом до контрольних варіантів порівняння для фону з інокуляцією 20,4 %, для фону із застосуванням позакоренових підживлень 7,8 %, для позакоренових підживлень у послідовній схемі одне підживлення у фазу початку стеблування – одне підживлення у фазу початку бутонізації – поєднання підживлень прирости показника послідовно склали 3,7 %, 9,3 % та 14,0 %, відповідно.

2. Частка бобів із насінням у варіантах дослідів була максимальною 80,1 % у варіанті комплексного застосування технологічних факторів дослідів із приростом в 12,4 % до варіанту без такого застосування.

3. Кількість насінин у бобі сочевиці у межах варіантів дослідів варіювала в інтервальних межах від 1 до 2 насінин та істотно різнилася у різні роки досліджень. Максимум показника відмічено у варіанті комплексного застосування факторів оптимізації живлення сочевиці – 1,56 шт./біб, а мінімальне – у варіанті без застосування вказаних заходів – у середньому 1,14 шт./біб із співставним приростом на рівні 40,6 %. Інокуляція в середньому забезпечувала приріст кількості насінин у бобі на 12,5 % за рахунок інокуляції, на 4,7 % за рахунок обробки насіння мікроелементами та в інтервалі 10,0–16,3 % за рахунок позакоренових підживлень з максимум дії за поєднання двох підживлень.

4. Маса сформованого насіння на рослині була максимальною 1,16 г/рослину у варіанті повного поєднання технологічних факторів дослідів з усередненим приростом від інокуляції 20,6 %, від обробки насіння мікроелементами – 10,6 %, від позакоренових підживлень у ряду способів використання мікродобрив на 20,7 %, 27,9 % та 33,2 % відповідно.

5. Маса 1000 зерен залежала від погодних умов та була істотно різною у різні роки вегетації – від 63,4 г у 2019 році до 59,1 у 2021 році. Інокуляція забезпечила зростання показника на 5,3 %, передпосівна обробка мікроелементами на 0,5–0,9 %, застосування позакоренових підживлень у ряду способів використання мікродобрив на 0,6 %, 1,5 % та 2,4 % відповідно.

6. Результатами визначення впливу факторів на формування базових показників індивідуальної структури зернової продуктивності рослин сочевиці у системі дисперсійного аналізу встановлена частка фактора інокуляції 22,2–36,38 %, частка фактора обробки насіння мікроелементами 3,96–8,64 %, частка фактора позакоренових підживлень 10,6–24,84 % залежно

від показника структури індивідуальної зернової продуктивності рослин сочевиці.

7. Відмічено максимальний рівень врожайності сочевиці у 2019 році – 1,76 т/га, а мінімальний у 2021 році – 1,26 т/га із середнім значенням по досліді за трьохрічний період на рівні 1,52 т/га. Максимальна урожайність у розрізі варіантів досліді у всі роки відмічена за повного поєднання всіх технологічних факторів досліді – 1,98 т/га. Встановлено послідовне збільшення урожайності при додаванні до технологічної схеми вирощування сочевиці обробки насіння мікроелементами та проведення інокуляції в інтервалі від 0,23 т/га до 0,93 т/га та в інтервалі 0,23–0,52 т/га приростів від застосування варіантів позакоренових підживлень.

8. Доведено, що максимальний рівень урожаю сочевиці формується за такого режиму погодних умов впродовж її вегетації: сума опадів за період вегетації в інтервалі 270–300 мм при рівневі середньодобової температури в інтервалі 16–19 °С при ГТК в широкому діапазоні (на що вказує складність реакційної поверхні із хвилястим мікрорельєфом) 1,3–1,8.

9. Встановлено збільшення вмісту сирого протеїну та загального азоту за поступового зростання факторів інтенсифікації варіантів досліді із мінімального середнього за період досліджень значення 27,2 % і 4,36 %, у варіанті без застосування додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці до 29,7 % та 4,69 %, у варіанті повного і комплексного їх поєднання. Збільшення вмісту сирого протеїну на 0,2–0,3 % визначено у варіантах застосування обробки насіння мікроелементами та на 0,2 %, 0,5 % та 0,8 % у ряду способів (за схемою досліді) використання мікродобрів.

10. Вміст крохмалю мав різницю між граничними варіантами схеми досліді 1,8 % із усередненими приростами за рахунок інокуляції 0,85 %, застосування обробки насіння мікроелементами 0,40 %, застосування позакоренових підживлень у ряду способів (за схемою досліді) використання мікродобрів у досліді на 0,35 %, 0,62 % та 0,93 % відповідно.

11. Вміст сирової клітковини мав найменш виражену реакцію на застосовані заходи оптимізації живлення сочевиці із незначним приростом на рівні 0,12 % при співставленні граничних технологічних варіантів досліду.

12. Визначено залежність якісного складу зерна сочевиці від гідротермічних режимів її вегетації: вміст як сирого протеїну, так і загального азоту на фоні застосованих заходів оптимізації її живлення зростатиме за зниження кількості опадів на рівні 190–200 мм за вегетацію на фоні зростання середньодобової температури до рівня 20–21 °C і вище. Вміст крохмалю зростатиме за збільшення кількості опадів впродовж вегетації до рівня 270–300 мм за вегетацію у при температурі 17–20 °C, а вміст сирової клітковини досягатиме максимального значення при аналогічних параметрах 220–250 мм та 17–19 °C.

## РОЗДІЛ 7.

### ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЧЕВИЦІ ТА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ НА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ

#### 7.1. Економічна ефективність варіантів передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень сочевиці з оцінкою їх конкурентоспроможності

Економічна складова оцінки результатів досліджень, з врахуванням істотного підняття цін на енергетичні ресурси, мінеральні добрива та засоби захисту є важливим аспектом вибору оптимального технологічного варіанту за результатами дослідів за критерієм можливого поєднання високої агротехнологічної ефективності за достатніх рівнів економічної рентабельності варіанту [1, 14, 46, 83].

Сама система оцінок економічної ефективності вирощування сочевиці засвідчила, що найбільш вагомою часткою у структурі витрат при вирощуванні сочевиці є паливно-мастильні матеріали (30–42 % у сукупному розмірі витрат та мінеральні добрива на частку яких припадає до 20–27 %) [408].

Відмічається [411], що сортові особливості за рахунок відповідного рівня технологічної ємності вирощування сорту, можуть певною мірою визначати ефективність економічної складової вирощування сочевиці в Україні [411].

Важливим є також розуміння, що у системі прогнозування рівня рентабельності вирощування сочевиці проблемними аспектами є низька конкурентоздатність сочевиці по відношенню до рівня забур'яненості із відповідною маловивченою системою ефективних композицій гербіцидів [99, 412] та низький рівень її урожайності у порівнянні з іншими зернобобовими культурами [275].



Разом із тим, цілим низкою досліджень [17, 67, 68, 98, 408–410] за тривалий період оцінок всвідмічається, що вирощування сочевиці з отриманням її врожайності вже на рівні 1,0 т/га є економічно вигідним. Обумовлюється це високими світовими [410] та українськими цінами на зерно сочевиці [413], а також багатопрофільним її застосуванням як цінної нішевої зернобобової культури, яка за багатьма параметрами на рівні або ж перевищує такі зернобобові культури в Україні та світі як горох та соя [42, 290, 410, 413].

Калькуляція економічної оцінки застосованих варіантів вирощування сочевиці засвідчила істотні відмінності у рівнях їх рентабельності (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

**Показники економічної ефективності вирощування сорту сочевиці Лінза залежно від досліджуваних варіантів оптимізації системи живлення (середнє за 2019–2021рр.) (передпосівний фон удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ )**

| Інокуляція (чинник А)         | Обробка насіння (чинник В) | Позакореневе підживлення (чинник С)                 | Урожайність, т/га | Вартість продукції з 1 га, тис. грн | Витрати на, 1 га, тис грн | Собівартість 1 т зерна, тис. грн | Прибуток, тис. грн/га | Рівень рентабельності, % |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Без інокуляції                | Контроль (без обробки)     | Без підживлення                                     | 1,05              | 18,90                               | 14,7                      | 14,00                            | 4,20                  | 28,6                     |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO                            | 1,28              | 23,04                               | 15,4                      | 12,03                            | 7,64                  | 49,6                     |
|                               |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 1,36              | 24,48                               | 15,2                      | 11,18                            | 9,28                  | 61,1                     |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 1,43              | 25,74                               | 16,1                      | 11,26                            | 9,64                  | 59,9                     |
|                               | Оракул насіння (1 л/т)     | Без підживлення                                     | 1,17              | 21,06                               | 15,1                      | 12,91                            | 5,96                  | 39,5                     |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO                            | 1,41              | 25,38                               | 15,8                      | 11,21                            | 9,58                  | 60,6                     |
|                               |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 1,53              | 27,54                               | 15,6                      | 10,20                            | 11,94                 | 76,5                     |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 1,62              | 29,16                               | 16,3                      | 10,06                            | 12,86                 | 78,9                     |
| Інокуляція Андерізі-р (2 л/т) | Контроль (без обробки)     | Без підживлення                                     | 1,33              | 23,94                               | 16,7                      | 12,56                            | 7,24                  | 43,4                     |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO                            | 1,60              | 28,80                               | 17,4                      | 10,88                            | 11,40                 | 65,5                     |
|                               |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 1,72              | 30,96                               | 17,2                      | 10,00                            | 13,76                 | 80,0                     |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 1,82              | 32,76                               | 18,1                      | 9,95                             | 14,66                 | 81,0                     |
|                               | Оракул насіння (1 л/т)     | Без підживлення                                     | 1,45              | 26,10                               | 17,1                      | 11,79                            | 9,00                  | 52,6                     |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO                            | 1,77              | 31,86                               | 17,8                      | 10,06                            | 14,06                 | 79,0                     |
|                               |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 1,88              | 33,84                               | 17,6                      | 9,36                             | 16,24                 | 92,3                     |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 1,98              | 35,64                               | 18,5                      | 9,34                             | 17,14                 | 92,6                     |

Джерело: сформовано автором за результатами досліджень.

Значення рівня рентабельності було відмінним у межах застосованих варіантів досліджу. Мінімальне її значення відмічено у варіанті де додаткові заходи оптимізації живлення сочевиці не застосовувались 28,6 %, а максимальне – на технологічно протилежному технологічному варіанті при повному і комплексному застосуванні вказаних заходів – 92,6 %.

Середня рентабельність по варіантах із фоновію інокуляцією була на 16,5 % вищою. Застосування передпосівної обробки насіння мікроелементами на варіанті без інокуляції забезпечила середнє зростання рівня рентабельності на 11,7 %, а на варіанті з її застосуванням – 14,1 %.

Відмічено зростання рівня рентабельності від застосування всіх варіантів позакореневих підживлень. Так, за одноразового підживлення Ярило активний старт PRO показник, у співставленні до середнього по варіантах без застосування позакореневих підживлень, зріс на 22,7 %, у варіанті застосування Авангард Комплекс Бобові – на 36,5 %, а у варіанті їх комбінованого застосування – на 37,1 %.

Основними лімітуючими чинниками в обмежені рівня рентабельності вирощування сочевиці була вартість паливно-мастильних матеріалів та добрив. З врахуванням рівня вартості статей технологічного забезпечення виконання схеми досліджу, рівень рентабельності сочевиці був нижчим у співставленні до показників його калькуляції у ряді досліджень впродовж 2013–2020 рр. [14, 15, 46, 83, 224, 413, 414–418].

Таким чином, підтверджено економічно технологічну доцільність застосування варіанту із комплексним поєднанням інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та двох позакореневих підживлень із їх застосуванням у основні критичні періоди росту і розвитку сочевиці.

Сучасна стратегія оцінки економічно-виробничої доцільності застосування виділеного у результаті багаторічних досліджень оптимального варіанту передбачає визначення рівня його конкурентоздатності по відношенню до базових (регіональних) технологій вирощування даної культури [408]. З урахуванням цього, нами було проведено оцінку

конкурентоспроможності технології проводили за коефіцієнтом комплексної оцінки  $K_{н-б}$  зд (табл. 7.2, рис. 7.1).

Порівняння енерговитрат нової технології по відношенню до базової проводили за допомогою коефіцієнта енергетичної оцінки ( $K_e^{н-б}$ ) [268, 418].

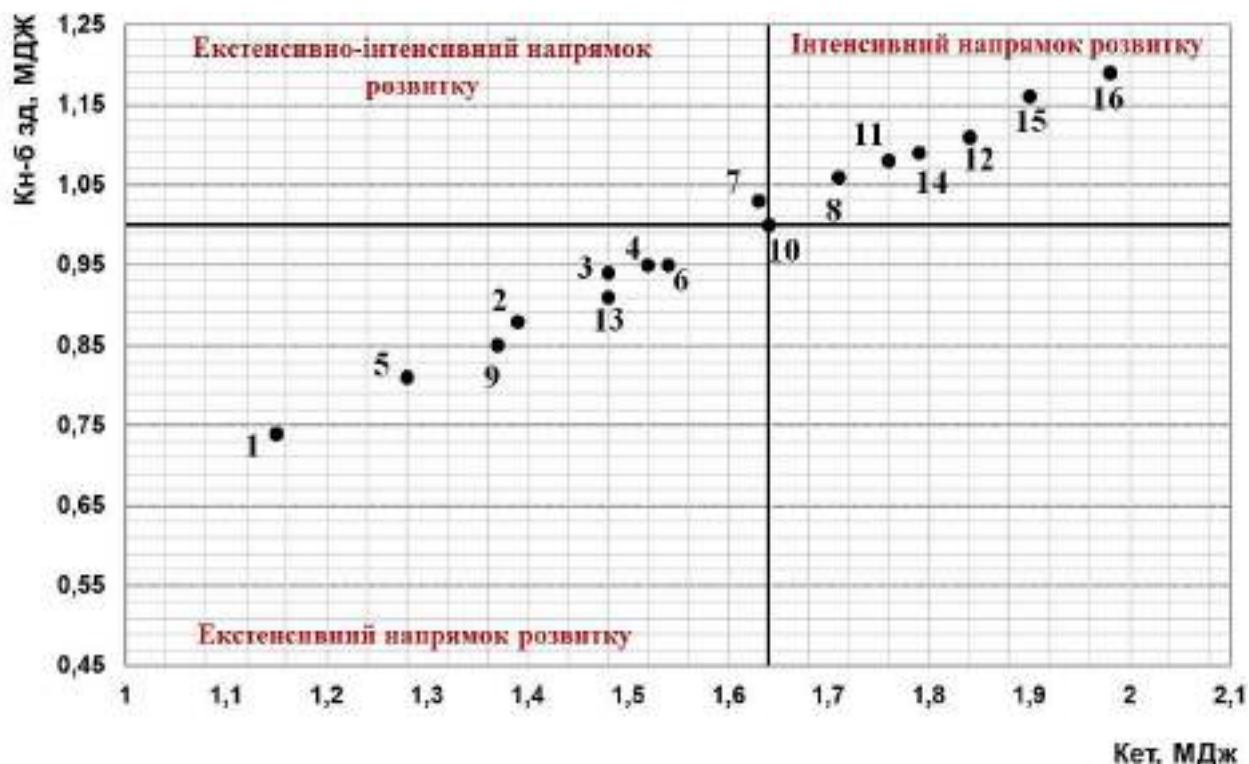
Економічну складову енерговитрат оцінювали за коефіцієнтом інтегральної оцінки (J), який є виразом відношення виробленої продукції на 1 грн наведених затрат.

Таблиця 7.2

**Комплексна оцінка технології вирощування сорту сочевиці Лінза**  
**залежно від досліджуваних варіантів оптимізації системи живлення**  
**(середнє за 2019–2021 рр.) (передпосівний фон удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ )**

| Інокуляція (чинник А)        | Обробка насіння (чинник В) | Позакореневе підживлення (чинник С)                 | Коефіцієнт енергетичної ефективності технології ( $K_{en}$ ) | Коефіцієнт енергетичної оцінки ( $K_e^{н-б}$ ) | Коефіцієнт інтегральної оцінки (J) | Коефіцієнт комплексної оцінки на конкурентоспроможність ( $K_{н-б}$ зд) |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Без інокуляції               | Контроль (без обробки)     | Без підживлення                                     | 1,15                                                         | 0,70                                           | 0,78                               | 0,74                                                                    |
|                              |                            | Ярило активний старт PRO                            | 1,39                                                         | 0,85                                           | 0,90                               | 0,88                                                                    |
|                              |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 1,48                                                         | 0,90                                           | 0,97                               | 0,94                                                                    |
|                              |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 1,54                                                         | 0,94                                           | 0,97                               | 0,95                                                                    |
|                              | Оракул насіння (1 л/т)     | Без підживлення                                     | 1,28                                                         | 0,78                                           | 0,84                               | 0,81                                                                    |
|                              |                            | Ярило активний старт PRO                            | 1,52                                                         | 0,93                                           | 0,97                               | 0,95                                                                    |
|                              |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 1,63                                                         | 0,99                                           | 1,07                               | 1,03                                                                    |
|                              |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 1,71                                                         | 1,04                                           | 1,08                               | 1,06                                                                    |
| Інокуляція Андеріс-р (2 л/т) | Контроль (без обробки)     | Без підживлення                                     | 1,37                                                         | 0,84                                           | 0,87                               | 0,85                                                                    |
|                              |                            | <b>Ярило активний старт PRO*</b>                    | <b>1,64</b>                                                  | <b>1,00</b>                                    | <b>1,00</b>                        | <b>1,00</b>                                                             |
|                              |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 1,76                                                         | 1,07                                           | 1,09                               | 1,08                                                                    |
|                              |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 1,84                                                         | 1,12                                           | 1,09                               | 1,11                                                                    |
|                              | Оракул насіння (1 л/т)     | Без підживлення                                     | 1,48                                                         | 0,90                                           | 0,92                               | 0,91                                                                    |
|                              |                            | Ярило активний старт PRO                            | 1,79                                                         | 1,09                                           | 1,08                               | 1,09                                                                    |
|                              |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 1,9                                                          | 1,16                                           | 1,16                               | 1,16                                                                    |
|                              |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 1,98                                                         | 1,21                                           | 1,16                               | 1,19                                                                    |

Джерело: сформовано автором за результатами досліджень. \* – варіант технології прийнятий за базовий (відповідно до [39, 42]).



Зміст варіантів: Зміст факторів:  $A_1$  – без інокуляції;  $A_2$  – з інокуляцією;  $B_1$  – без обробки насіння;  $B_2$  – обробка насіння (Оракул 1 л/т);  $C$  – підживлення:  $C_1$  – без підживлення;  $C_2$  – Ярило активний старт PRO;  $C_3$  – Авангард Комплекс Бобові;  $C_4$  – Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові.

Комбінаторика: 1 –  $A_1B_1C_1$ ; 2 –  $A_1B_1C_2$ ; 3 –  $A_1B_1C_3$ ; 4 –  $A_1B_1C_4$ ; 5 –  $A_1B_2C_1$ ; 6 –  $A_1B_2C_2$ ; 7 –  $A_1B_2C_3$ ; 8 –  $A_1B_2C_4$ ; 9 –  $A_2B_1C_1$ ; 10 –  $A_2B_1C_2$ ; 11 –  $A_2B_1C_3$ ; 12 –  $A_2B_1C_4$ ; 13 –  $A_2B_2C_1$ ; 14 –  $A_2B_2C_2$ ; 15 –  $A_2B_2C_3$ ; 16 –  $A_2B_2C_4$ .

Рисунок 7.1 – Напрямок розвитку моделей технологій вирощування сочевиці залежно від досліджуваних варіантів оптимізації системи живлення (у середньому за 2019–2021 рр.)

Відповідно до отриманих результатів варіанти досліджуваних технологій оптимізації живлення сочевиці, відповідно до базового визначеного рівня (передбачав застосування інокуляції та одноразового позакореневого підживлення у фазу початку стеблування без застосування передпосівної обробки насіння мікроелементами (позиція 10 у переліку комбінацій варіантів відповідно до схеми досліду) розподілились на три групи інтенсивного, екстенсивного та екстенсивно інтенсивного напрямку. У доцільну групу за показниками конкурентоспроможності віднесено всі варіанти, які передбачають застосування при вирощуванні сочевиці

інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та двохразове застосування позакореневих підживлень. При цьому найвище ординатне положення і, відповідно, найвищий рівень конкурентоспроможності встановлено для варіанту повного комплексного застосування заходів оптимізації живлення сочевиці (16 позиція на графіку (рис. 7.1)). До екстенсивно-інтенсивної групи віднесено варіант без інокуляції, але із застосуванням передпосівної обробки мікроелементами та застосування позакореневого підживлення у фенофазу початку бутонізації мікродобривом Авангард Комплекс Бобові (7 позиція на графіку). Всі інші комбінації варіантів віднесено до екстенсивної групи.

Таким чином, підтверджено також, за критеріями конкурентоспроможності, доцільність застосування варіанту із комплексним поєднанням інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та двох позакореневих підживлень із їх застосуванням у основні критичні періоди росту і розвитку сочевиці.

## **7.2. Енергетична оцінка передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень сочевиці**

Розробка будь-якої технології вирощування сільськогосподарських культур має бути також енергетично ефективною та доцільною. Енергетичний аналіз являє собою оцінку витрат непоновлювальної енергії на виробництво продукції в порівнянні з кількістю отриманої енергії, вираженої в порівняльних одиницях. Співвідношення між енергією отриманою з урожаєм та енергією затраченою на вирощування даного урожаю виражають як коефіцієнт енергетичної ефективності ( $K_{ee}$ ) [268].

Головним завданням оптимізації технології вирощування є отримання максимальної кількості енергії з урожаєм при зниженні енергоємності 1 т сухої речовини або ж 1 т кормових одиниць [419].

Результати калькуляції енергетичної ефективності застосованих у вивченні варіантів досліду представлено у табл. 7.3. На підставі представлених даних мінімальне значення коефіцієнту енергетичної ефективності отримано для варіанту без застосування заходів оптимізації живлення сочевиці на рівні 1,15, а максимальне, відповідно, у варіанті комплексного поєднання вказаних заходів – на рівні 1,98. Отримані дані узгоджуються з оцінками розмаху значень коефіцієнту енергетичної ефективності різноваріантних технологій вирощування сочевиці в Україні [418].

Таблиця 7.3

**Енергетична ефективність вирощування сорту сочевиці Лінза залежно від досліджуваних варіантів оптимізації системи живлення (середнє за 2019–2021 рр.) (передпосівний фон удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ )**

| Інокуляція (чинник А)         | Обробка насіння (чинник В) | Позакореневе підживлення (чинник С)                 | Вміст енергії в урожаї, ГДж/га | Витрати енергії на 1 га, ГДж/га | Коефіцієнт енергетичної ефективності, $K_{ee}$ |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| Без інокуляції                | Контроль (без обробки)     | Без підживлення                                     | 19,76                          | 17,14                           | 1,15                                           |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO                            | 24,09                          | 17,27                           | 1,39                                           |
|                               |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 25,60                          | 17,31                           | 1,48                                           |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 26,91                          | 17,46                           | 1,54                                           |
|                               | Оракул насіння (1 л/т)     | Без підживлення                                     | 22,02                          | 17,27                           | 1,28                                           |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO                            | 26,54                          | 17,43                           | 1,52                                           |
|                               |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 28,79                          | 17,68                           | 1,63                                           |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 30,49                          | 17,82                           | 1,71                                           |
| Інокуляція Андерізі-р (2 л/т) | Контроль (без обробки)     | Без підживлення                                     | 25,03                          | 18,21                           | 1,37                                           |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO                            | 30,11                          | 18,38                           | 1,64                                           |
|                               |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 32,37                          | 18,44                           | 1,76                                           |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 34,25                          | 18,63                           | 1,84                                           |
|                               | Оракул насіння (1 л/т)     | Без підживлення                                     | 27,29                          | 18,39                           | 1,48                                           |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO                            | 33,31                          | 18,58                           | 1,79                                           |
|                               |                            | Авангард Комплекс Бобові                            | 35,38                          | 18,65                           | 1,90                                           |
|                               |                            | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 37,26                          | 18,86                           | 1,98                                           |

Джерело: сформовано автором за результатами досліджень.

Застосування додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці мало позитивний вплив на значення показника коефіцієнту енергетичної ефективності. Так, середнє його значення на фонових варіантах із

застосуванням інокуляції було на 0,26 вищим. Додатковий захід передпосівної обробки насіння мікроелементами підвищував енергетичну ефективність за зростання коефіцієнту енергетичної ефективності на 0,12–0,15 залежно від застосування інокуляції. Коефіцієнт енергетичної ефективності зростає при застосуванні позакореневих підживлень – послідовно на 0,27 у варіанті підживлення мікродобривом Ярило активний старт PRO у фазу початку стеблуння, на 0,37 мікродобривом Авангард Комплекс Бобові у фазу початку бутонізації та на 0,45 за поєданого застосування вказаних мікродобрив. У підсумку енергетична ефективність варіанту вирощування сочевиці за комплексного поєднання інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та двохразового підживлення мікродобривами була в 1,7 рази вищою, ніж у варіанті за повної відсутності застосованих заходів оптимізації живлення сочевиці.

### **Висновки до розділу 7**

1. Визначено істотний вплив застосованих додаткових заходів оптимізації удобрення сочевиці (інокуляція, обробка насіння мікроелементами, позакореневі підживлення по вегетації) із формуванням максимального рівня рентабельності на рівні 92,6 % із приростом до контрольного варіанту без застосування вказаних заходів із коефіцієнтом росту 1,7.

2. Найвищий рівень конкурентоспроможності встановлено для варіанту повного комплексного застосування заходів оптимізації живлення сочевиці із коефіцієнтом комплексної оцінки на конкурентоспроможність у значенні 1,19, що на 19,0 % вище, ніж базовий варіант вирощування сочевиці у зоні досліджень.

3. Розраховано мінімальне значення коефіцієнту енергетичної ефективності у варіанті без застосування заходів оптимізації живлення сочевиці на рівні 1,15, а максимальне, відповідно, у варіанті комплексного поєднання вказаних заходів – на рівні 1,98.

## ВИСНОВКИ

1. У дисертаційній роботі експериментально досліджено, теоретично узагальнено та вирішено наукове завдання щодо обґрунтування оптимізації системи живлення сочевиці за поєднання комплексу заходів передпосівної підготовки насіння та застосування системи позакоренових підживлень по вегетації культури в умовах Лісостепу правобережного шляхом застосування інокулянта та мікродобрих як для передпосівної обробки насіння, так і для позакоренових підживлень. За підсумками досліджених елементів технології сформульовано теоретичні та узагальнено практичні основи удосконалення адаптивних підходів до технології вирощування сочевиці на сірих лісових ґрунтах лісостепової зони України.

2. Встановлено, що гідротермічні режими років досліджень мали відмінності за базовими показниками від середньобагаторічних даних, із розподілом їх у ряду зростання стресовості по відношенню до забезпечення оптимальних темпів росту і розвитку рослин сочевиці у наступному порядку 2019–2020–2021 роки.

3. Визначено, що загальна тривалість вегетаційного періоду сочевиці залежала від погодних умов із рівнем частки детермінації у загальній схемі факторів 50,19 % із граничною різницею у розрізі років досліджень 7 діб при середній тривалості вегетації у досліді 77 діб. Застосування технологічного заходу інокуляції насіння подовжувало загальну тривалість вегетації на 2–4 доби за подовження тривалості окремих міжфазних періодів на 1–2 доби, а позакоренових підживлень на 1–3 доби та 1–2 доби залежно від року дослідження та варіантів і строків підживлень. Максимальна тривалість вегетаційного періоду 82 доби відмічена у варіанті поєднання інокуляції насіння Андеріс-р (2 л/та) з передпосівною обробкою насіння Оракул насіння (1 л/т) за позакоренових підживлень у поєднанні Ярило активний старт PRO



(2.0 л/га у фазу початку стеблуння) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації).

4. Доведено, що польова схожість насіння за період досліджень залежала від погодних умов із часткою впливу на рівні 27,5 % та була на 1,3 % вища на варіантах із застосуванням інокуляції, а збереженість рослин на період збирання була максимальною у варіанті комплексного застосування інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та застосування двох позакореневих підживлень на рівні 86,9 % що на 5,5 % вище ніж у середньому на варіантах без інокуляції, на 2,2–4,6 % вище, ніж у варіантах за одноразового застосування позакореневих підживлень та на 6,3 % вище, ніж на варіанті без застосування заходів оптимізації живлення сочевиці.

5. Встановлено, що лінійний ріст стебла сочевиці визначався як погодними умовами за період досліджень (частка факторного впливу 28,5 %) та застосованими факторами оптимізації живлення сочевиці у досліді, що у підсумку забезпечило максимальне значення висоти стебла на фазу досягання у варіанті поєднання інокуляції насіння Андеріз-р (2 л/га) (частка факторного впливу 26,99 %) з передпосівною обробкою насіння Оракул насіння (1 л/т) (частка факторного впливу 8,31 %) за позакореневих підживлень (частка факторного впливу 27,9 %) у поєднанні Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації) – на рівні 55,9 см із приростом до контролю 19,8 см (54,8 %) при найвищих темпах приросту висоти стебла у міжфазний період бутонізація-цвітіння у інтервалі 1,18–1,85 см/добу.

6. Визначено, що максимальна висота розміщення нижнього бобу 34,5 см та максимальна кількість стебел на рослину 4,24 шт. відмічена у варіанті поєднання інокуляції, обробки насіння мікродобривом Оракул насіння та застосування двох мікродобрив у позакореневе підживлення в єдиному технологічному циклі.

7. Показано, що потенціал накопичення вегетативної маси у розрізі варіантів досліду досягався на фенологічну фазу формування бобів і становив 1037,1–1597,8 г/м<sup>2</sup> із максимумом у варіанті комплексного застосування інокуляції, передпосівної обробки насіння мікроелементами та застосування двох позакореневих підживлень на фоні приростів за період сходи-формування бобів на рівні 25,3 г/м<sup>2</sup> за добу, що на 8,0 г/м<sup>2</sup> за добу більше ніж на варіанті за повної відсутності застосованих заходів оптимізації живлення на фоні усередненої частки впливу погодних умов 29,1 %, інокуляції – 16,49 %, обробки насіння мікроелементами 5,51 %, позакореневих підживлень 37,3 %.

8. Визначено максимальне накопичення сухої речовини на фазу формування бобів 435,8 г/м<sup>2</sup> на фоні максимальних приростів в інтервалі 3,6–12,8 г/м<sup>2</sup> за добу у варіанті комбінованого поєднання факторів досліду, що в 2,1 раза більше у співставленні до контролю без їх застосування. За цих умов усереднений приріст показника від інокуляції склав 32,8 %, обробки насіння мікроелементами 11,5 %, позакореневих підживлень 15,6 %.

9. Відмічено загальну оптимізацію морфогенезу рослин сочевиці у варіанті комбінованого поєднання інокуляції, обробки насіння мікродобривом та двох позакореневих підживлень за максимальним для досліду показником індексу віталітету в інтервалі 1,157–1,277 залежно від фенофази сочевиці.

10. Визначено максимальну стійкість рослин сочевиці до вилягання 8,7 бали на варіанті без застосування інокуляції та застосування мікродобрив, що на 1,4 бали вище, ніж на варіантах комплексного застосування заходів оптимізації живлення сочевиці за зниження показника від інокуляції до 0,5 бала, обробки насіння мікроелементами на 0,25 бала, застосування підживлення на фазу початку стеблуння на 0,25 бала, підживлення на фазу початку бутонізації на 0,5–0,75 бала, подвійне підживлення на 0,75–1,4 бала.

11. Встановлена максимальна збереженість асиміляційної поверхні рослин сочевиці за рівнем облистківності у варіанті комплексного застосування інокуляції, обробки насіння мікродобривом та застосування

двох позакореневих підживлень на рівні 39,1 % на фазу досягання з приростом 15,7 % до контрольного варіанту без застосування вказаних варіантів живлення.

12. Визначено середній вміст хлорофілів із середнім значенням для досліду на фазу бутонізації 1,30 мг/г сирової речовини хлорофілу а та 0,58 мг/г сирової речовини хлорофілу б, на фазу цвітіння – відповідно 1,25 та 0,53 мг/г сирової речовини, а на фазу досягання – 1,16 та 0,42 мг/г сирової речовини із максимумом у варіанті комплексного застосування технологічних чинників оптимізації живлення сочевиці із приростом до контролю за сумою хлорофілів а і б був на рівні 27,8 % на фазу бутонізації, 48,6 % на фазу цвітіння та 31,7 % на фазу досягання на фоні частки впливу погодних умов впродовж вегетації сочевиці у інтервалі 21,92–38,47 %.

13. Відмічено, що хлорофільний індекс агроценозу сочевиці змінювався у середньому по досліді від 1,48 г/м<sup>2</sup> на фазу бутонізації до 2,02 г/м<sup>2</sup>, на фазу цвітіння у значенні вищому на 21,9–26,5 % на варіантах із застосуванням інокуляції, на 3,3–12,5 % при обробці насіння мікроелементами, на 34,4–56,8 % при застосуванні двох позакореневих підживлень при детермінації кореляційної прямої залежності його значення на фазу формування бобів сочевиці на рівні 75,9 % з урожайністю зерна.

14. Показано, що максимальна площа асиміляційної поверхні сочевиці у всіх варіантах досліду сформувалась на фазу формування бобів із середнім значенням на рівні 39,8 тис. м<sup>2</sup>/га. Варіанти з інокуляцією у середньому забезпечили вищі значення показника на 13,4 %, варіанти з обробкою насіння мікроелементами на 3,4 %, варіанти із застосуванням позакореневих підживлень на 30,5 %. За одноразового підживлення у фазу початку стеблування та 51,3 % у варіанті Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблування) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації). При цьому максимальна позитивна динаміка наростання площі листової поверхні в інтервалі 0,368–1,355 тис. м<sup>2</sup>/га за добу відмічена у

варіанті поєднання інокуляції, обробки насіння мікродобрином та застосування двох підживлень мікродобривами.

15. Визначено мінімальне значення ФП у варіанті без застосування будь-яких додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці за міжфазний період сходи-достигання 1,491 млн. м<sup>2</sup>/га, а максимальне – на варіанті із комплексним застосуванням даних заходів – 2,395 млн. м<sup>2</sup>/га тобто вище значення з коефіцієнтом приросту 1,60. Усереднений приріст показника за рахунок застосування інокуляції склав 21,0 %, за рахунок застосування обробки насіння мікроелементами 7,5 %, а за рахунок застосування позакореневих підживлень послідовно від одноразового на фазу початку стеблуння, одноразового на фазу початку бутонізації та комбінованого склали 12,2 %, 18,0 % та 24,4 % відповідно.

16. Доведено, що варіант комплексного використання заходів оптимізації забезпечив максимальні значення ЧПФ на рівні 2,15 та 1,51 г/м<sup>2</sup> за добу у відповідні міжфазні періоди сходи-цвітіння та цвітіння-достигання. Усереднені значення ЧПФ по фоні з інокуляцією насіння були 2,02 г/м<sup>2</sup> за добу що на 8,5 % вище, ніж на усередненому значенні показника без застосування інокуляції. Застосування обробки насіння мікроелементами сприяло підвищенню значення ЧПФ в інтервалі 1,9–11,1 % залежно від міжфазного періоду. Одноразове підживлення на початку стеблуння забезпечило приріст ЧПФ 12,0 та 12,5 % для обох міжфазних періодів, за підживлення на початку бутонізації – 10,3 та 31,0 %, а за комбінованого використання вказаних мікродобрив – 10,9 та 35,0 % відповідно.

17. Встановлено тісний зв'язок прямого характеру між ФП та накопиченням вегетативної маси (детермінація 79,2 %) та сухої речовини (детермінація 73,4 %). Відмічено подібні залежності між ЧПФ і накопиченням відповідно вегетативної маси та сухої речовини (детермінація 80,1 та 73,4 %, відповідно). Доведена тісна залежність прямого характеру між

ФП і ЧПФ агроценозу сочевиці за міжфазний період сходи-достигання та його врожайністю (детермінація 83,4 % та 71,2 %, відповідно).

18. Визначено мінімальний коефіцієнт використання ФАР агроценозом сочевиці був у варіанті повної відсутності застосованих заходів оптимізації живлення сочевиці на рівні 0,771 %, а максимальний у варіанті максимального технологічного навантаження із застосуванням всіх факторів оптимізації – 1,427 % (коефіцієнт росту 1,85).

19. Встановлена, за базовими показниками кривої ІФХ ( $F_0$ ,  $F_{pl}$ ,  $F_m$ ,  $F_{st}$ ), чутливість фотосистеми рослин сочевиці на оптимізацію їх живлення. Відмічено результуюче зростання при застосуванні інокуляції на 34,6 % для показника початкової флуоресценції ( $F_0$ ), на 38,5 % для показника флуоресценції зони «плато» ( $F_{pl}$ ), на 52,1 % для показника максимальної флуоресценції ( $F_m$ ) та на 23,3 % для стаціонарної флуоресценції ( $F_{st}$ ). Для цих же показників приріст до контролю від застосування обробки насіння мікроелементами на фоні без інокуляції склав 2,3 %, 6,9 %, 3,4 %, 1,9 %, а на фоні з інокуляцією – 2,7%, 7,2 %, 3,7 % та 2,6 %, відповідно. Одноразове позакореневе підживлення на фазу початку стеблуння у співставленні до середнього по контрольних варіантах без підживлень забезпечило зростання цих же базових показників кривої ІФХ на 4,1 %, 3,8 %, 6,7 % та 4,7 %. Аналогічні прирости у варіантах підживлення на початку бутонізації – 7,1 %, 9,1 %, 13,0 % та 5,8 % відповідно. Максимальні ж прирости від позакоренових підживлень відмічено у варіанті комбінованого застосування мікродобрих – 10,9 %, 15,1 %, 18,0 % та 7,2 % відповідно.

20. Доведено, за зростання значень базових показників кривої ІФХ ( $F_0$ ,  $F_{pl}$ ,  $F_m$ ,  $F_{st}$ ), підвищення ефективності функціонування фотосистеми рослин сочевиці у співставленні граничних досліджуваних технологічних варіантів оптимізації живлення сочевиці у плані зростання показника життєздатності агроценозу ( $RF_d$ ) на 66,8 %, водного потенціалу листків ( $L_{wp}$ ) на 13,1 %, підвищення стресостійкості рослин до абіотичних чинників за рахунок

підвищення енергоефективності діяльності фотосистеми (за показниками величина фотохімічного гасіння флуоресценції (QP) на 2,1 % та зниження показника фотохімічне гасіння ( $Q_{ue}$  – в інтервалі від 5,2 до 16,2 % залежно від варіанту) на фоні спаду відносної зміни флуоресценції в час  $t$  ( $V_t$ ).

21. Встановлена залежність між показниками кривої ІФХ  $F_m$  і  $F_{pl}$  та ФП ( $r = 0,750-0,788$ ). Аналогічний характер залежності встановлено і для цих же показників та показником ЧПФ із детермінацією у значенні 54,0 % та 49,6 %, показником накопичення вегетативної маси 58,2 % і 59,3 %, виходом сухої речовини 41,7 % для обох показників відповідно, а також за врожайністю зерна із тісним кореляційним зв'язком прямоформуєчого характеру при величині детермінації для показника  $F_m$  56,9 %, а для  $F_{pl}$  53,3 %.

22. Визначено, що максимальна кількість бульбочок та їх сира маса мали оптимум формування в інтервалі температур від 16 до 18 °C за умови кількості опадів за період сходи-формування бобів в діапазоні 220-280 мм з максимумом формування на фенологічну фазу формування бобів у варіанті комплексного поєднання інокуляції, обробки насіння та двох позакорневих підживлень у значенні 40,8 шт./рослину та 324,7 мг/рослину, відповідно. Для цього ж варіанту визначені і максимальні показники активних бульбочок 35,9 шт./рослину (при 86,46 % частці активних бульбочок) і 276,3 мг/рослину відповідно. При цьому, середня частка впливу у дисперсійній системі формування показників склала: для річної варіанси умов 22,51 % і 16,39 %, для інокуляції 55,0% і 61,03 %, для обробки насіння мікроелементами 4,34 % і 8,33 %, для застосування позакорневих підживлень 14,52 % і 16,3 %.

23. Встановлено, що максимальне середнє по досліді значення як ЗСП, так і АСП у міжфазний період формування бобів-достигання 3,69 г діб/рослину та 2,30 г діб/рослину, а мінімальне на міжфазний період стеблукання-бутонізація – 0,38 та 0,33 г діб/рослину відповідно. Мінімальне значення як ЗСП, так і АСП відмічено у варіанті без застосування додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці із середнім значенням у розрізі

облікованих міжфазних періодів на рівні 0,82 та 0,37 г діб/рослину, відповідно, а мінімальне – у варіанті комплексного застосування чинників досліду – 3,62 та 3,04 г діб/рослину або ж у гектарному виразі 9,18 тис. кг діб/га та 6,92 тис. кг діб/га відповідно.

24. Доведено, що ЗСП тісно корелює із накопиченням вегетативної маси рослин сочевиці із рівнем детермінації 52,6 %, середньо корелює із накопиченням сухої речовини (рівень детермінації 40,0 %), тісно корелює з ФП та ЧПФ посіву сочевиці (рівень детермінації 69,2 % та 61,5 %) та тісно корелює з урожайністю зерна сочевиці (детермінація 57,8 %). АСП середньо корелює із накопиченням вегетативної маси рослин сочевиці (рівень детермінації 47,4 %), середньо корелює із накопиченням сухої речовини (рівень детермінації 39,3 %), тісно корелює з ФП та ЧПФ посіву сочевиці (рівень детермінації 63,7 % та 56,3 %) та урожайністю зерна (детермінація 73,3 %).

25. Визначено, що загальна тривалість симбіозу та тривалість активного симбіозу була 54 і 44 діб у варіанті з відсутністю додаткових заходів оптимізації живлення сочевиці до 68 і 63 доби у варіанті комплексного і повного застосування вказаних заходів при визначеній тривалості загального періоду симбіозу від абіотичних чинників року вегетації 36,9 %, від інокуляції 32,42 %, від передпосівної обробки насіння – 2,12 %, а від застосування позакореневих підживлень – 27,96 %. Для тривалості періоду активного симбіозу – 14,77 %, 41,33 %, 3,07 % та 40,04 % із накопиченням біологічного азоту у варіанті максимальної тривалості періоду активного симбіозу на рівні 100,6 кг/га.

26. Відмічено, що максимальна зернова продуктивна архітектоніка рослин сочевиці формується за суми опадів в період вегетації на рівні 270–300 мм при інтервалі середньодобової температури 16–19 °С у технологічному варіанті поєднання інокуляції, обробки насіння мікроелементами та двох позакореневих підживлень за поєднання

мікродобрив Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові – кількість бобів на рослині 30,7 шт/рослину (24,6 шт/рослину бобів із насінням (частка бобів із насінням 80,1 %) при 1,56 шт. насінин у бобі з масою 1000 зерен 62,4 г, що забезпечило вихід зерна з рослини на рівні 1,16 г/рослину та формування врожайності у варіанті 1,98 т/га із вмістом сирого протеїну 29,7 %, загального азоту 4,69 %, крохмалю 55,2 %, сирі клітковини 3,44 %.

27. Визначено максимальний показник рівня рентабельності 92,6 %, комплексного коефіцієнта конкурентоспроможності 1,19 та коефіцієнта енергетичної ефективності 1,98 у варіанті поєднання інокуляції насіння Андеріз-р (2 л/га) з передпосівною обробкою насіння Оракул насіння (1 л/т) за позакореневих підживлень у поєднанні Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблуння) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації).



## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для отримання врожайності сочевиці на сірих лісових ґрунтах на рівні 2,0 т/га в умовах Лісостепу правобережного агроформуванням регіону досліджень рекомендується:

1. Висівати сочевицю за передпосівного фонового удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$  при застосуванні передпосівної обробки насіння мікродобривом Оракул насіння (1 л/т) та застосування інокуляції препаратом Андеріз-р (2 л/т).

2. Застосовувати комбіноване внесення високоефективних мікродобрив на хелатній основі у варіанті позакореневого підживлення у технологічній схемі: Ярило активний старт PRO (2.0 л/га у фазу початку стеблування (ВВСН 13–15) + Авангард Комплекс Бобові (2.0 л/га у фазу початку бутонізації (ВВСН 53–55)).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ

### Вступ

1. Січкарь, В.І. Бобова для сівозмін Півдня. *Farmer*. 2017. № 10 (94). С. 68–72.
2. Орехівський В.Д., Січкарь В.І., Овсянникова Л.К., Маматов М.О., Соломонов Р.В. Сочевиця – джерело рослинного білка. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Т. 17. №. 4. С. 22–29.
3. Shikhalieva K. Potenzial des Genpools von Kichererbsen und Linsen für die Zucht in Aserbaidshan. German edition. Verlag Unser Wisse. 2023. 80 p.
4. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві / А.М. Развадовський, А.О. Бабич та ін. Київ, Урожай 1990. 174 с.

### Огляд літератури

5. Овсянникова Л.К. Фізико-технологічні властивості сучасних сортів дрібнонасіненевих культур. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Т. 17. Вип. 1. № 65. С. 9–15.
6. Alo F., Furman B.J., Akhunov E. Leveraging Genomic Resources of Model Species for the Assessment of Diversity and Phylogeny in Wild and Domesticated Lentil. *Journal of Heredity*. 2011. Vol. 102. Is. 3. P. 315–329.
7. Sichkar V.I., Kryvenko A.I., Solomonov R.V. Lantil in world and Ukraine: current state and prospect. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2020. Vol. 16. P. 178–193.
8. Cokkizgin A., Shtaya M.J.Y. Lentil: Origin, Cultivation Techniques, Utilization and Advances in Transformation. *Agricultural Science*. 2013. Vol. 1. Iss. 1. P. 55–62.
9. Javaloyes P., O’Broin S., Bruque R., Puzzilli F., Umena M., Grafica I., Dougherty S. Pulses: nutritious seeds for a sustainable future. FAO. Rome. 2016. 189 p.

10. Johnson N., Johnson C.R., Thavarajah P., Kumar S., Thavarajah D. The roles and potential of lentil prebiotic carbohydrates in human and plant health. *Plants, People, Planet*. 2020. P. 1–10.
11. Özder C. How did Canada's Increasing lentil Production affect Turkey? Is there a possible win-win situation for both countries. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*. 2018. Vol. 6. № 12. P. 1708–1712.
12. Rawal V., Navarro D.K. The global Economy of Pulses. Rome: FAO. 2019. 188 p.
13. Saskatchewan Pulse Crops. Seeding and Variety Guide. Saskatchewan Pulse Growers. Saskatchewan, Saskatoon, Canada. 2017. 25 p.
14. Nurbekow R. Kazakhstan intends to become world's fourth largest lentils exporter. Kazinform. Intern. News Agency. 12 September 2017. 2017/ URL.: [https://www.inform.kz/en/kazakhstan-intends-to-become-world-s-fourth-largest-lentils-exporter\\_a3064034](https://www.inform.kz/en/kazakhstan-intends-to-become-world-s-fourth-largest-lentils-exporter_a3064034) (Дата звернення: 01.09.2022).
15. Fedorchenko A. Lentil. 2015. TutKnow.ru. URL.: <https://tutknow.ru/meal/2386-chechevi-ca.html> (дата звернення 01.09.2022).
16. Січкач В. Урожайність сортів сої в суходольних умовах Степу України. *Пропозиція*, 2004. № 2. С.40.
17. Січкач В., Хухлаєв І., Бушулян О. У Південній Степовій зоні України соя, горох і нут – не конкуренти, природа відвела їм взаємодоповнюючі функції. *Зерно і хліб*. 2013. № 2. С.46–49.
18. Клиша А.І., Кулініч О.О. Сочевиця: цінна зернобобова культура *Агроном*. 2010. № 4. С. 176–177.
19. Johnson C.R., Combs JrG.F., Thavarajah P. Lentil (*Lens culinaris* L.): A prebiotic-rich whole food legume. *Food Research International*. 2013. Vol. 51. № 1. P. 107–113.
20. McCance R.A., Widdewson E.M. Chemical composition and energy value of food products. McKans and Widdowson Handbook. St. Petersburg. 2006. 416 p.

21. Thavarajah D., Abare A., Mapa I., Coyne C.J., Thavarajah P., Kumar S. Selecting lentil accessions for global selenium biofortification. *Plants*. 2017. Vol. 6. № 3. 34.
22. Traversac J.B., Tomé D. Consumer behavior and public health in relation to novel legume food uses. *Legume Perspectives*. 2015. № 9. P. 10–11.
23. Vus N.A., Bezuglaya O.N., Kobyzeva L.N., Bozhko T.N., Vasilenko A.A., Shelyakina T.A. A feature collection of lentil (*Lens culinaris* Medik.) by nutritious value of seeds. *Plant Breeding and Seed Production*. 2020. Vol. 117. P. 25–36.
24. Combs G.F. Selenium in global food systems. *British journal of nutrition*. 2001. Vol. 85. № 5. P. 517–547.
25. Faratini R., Pérez de la Vega M., Cubero J.I. Lentil origin and domestication. *Grain Legum*. 2011. № 57. P. 5–9.
26. CDC. Micronutrient facts, International Micronutrient Malnutrition Prevention and Control [IMMPaCt] (2016). Division of Nutrition, Physical Activity and Obesity. National Center of Chronic Disease Privement and Health Promotion. URL.: [www.cdc.gov/impact/micronutrients](http://www.cdc.gov/impact/micronutrients).
27. Bento da Silva A., Brito E., Pereira A.B., Cardoso C., Mecha E., Vaz Patto M.R. Characterization of phenolic content and antioxidant activity of legume accessions from five different species. Book of Abstracts of International Conference “Advances in grain legume breeding, cultivation and uses for a more competitive value-chain”. 27–28 September 2017. Novi Sad, Serbia. 2017. P. 79.
28. Aydogan A., Karagul V., Gurbuz A. Effects of different sowing dates on yield and yield components of green and red lentils. *Journal of Field Crops Central Research Institute*. 2008. Vol. 17 № 1-2. P. 25–33.
29. Siva N., Thavarajah P., Kumar S., Thavarajah D. Variability in prebiotic carbo-hydrates in different market classes of chickpea, common bean, and lentil collected from the American local market. *Frontiers in nutrition*. 2019. Vol. 6. 38.

30. Jovanovic-Malinovska R., Kuzmanova S., Winkelhausen, E. Oligosaccharide profile in fruits and vegetables as sources of prebiotics and functional foods. *International journal offood properties*. 2014. Vol. 17. № 5. P. 949–965.
31. Kyrychenko V.V., Kobyzewa L.N., Petrenkova V.P., Ryabchun V.K., Bezugla O.M., Markova T.Yu. Identification of traits of legumes (bean, chickpea, lentil). Kharkiv. The Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuryev of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. 2009. 172 p.
32. Aktar-Uz-Zaman M., Haque M.A., Sarker A., Alam M.A., Rohman M.M., Ali M.O., Alkhateeb M.A., Gaber A., Hossain A. Selection of Lentil (*Lens Culinaris* (Medik.)) Genotypes Suitable for High-Temperature Conditions Based on Stress Tolerance Indices and Principal Component Analysis. *Life* 2022. Vol. 12. P. 1719.
33. Kumar S., Barpete S., Kumar J. et al. Global lentil production: constraints and strategies. *SATSA Mukhaptra Annual Technical Issue*. 2013. Vol. 17. P. 1–11.
34. Lorenzetti E., Carlesi S., Bàrberi P. Mixtures of Commercial Lentil Cultivars Show Inconsistent Results on Agronomic Parameters but Positive Effects on Yield Stability. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. e2107.
35. Joshia M., Timilsena Y., Adhikari B. Global production, processing and utilization of lentil: A review. *Journal of Integrative Agriculture*. 2017. Vol. 16. Iss. 12. P. 2898–2913.
36. FAOSTAT. Lentil. 2018. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>
37. Khande D., Mahajan G. Increasing the productivity and profitability of Lentil (*Linum usitatissimum* L.) through front line demonstrations under irrigated agro ecosystem of Madhya Pradesh. *Environment and Ecosystem*. 2018. Vol. 36. № 2. P. 393–396
38. Cokkizgin A., Colkesen M., Kayhan K., Aygan A. A research on yield and yield components in different winter lentil (*Lens culinaris* Medic.) cultivars

under Kahramanmaras conditions. *Journal of Akdeniz University Agriculture Faculty*. 2005. Vol. 18. № 2. P. 285–290

39. Черенков А.В., Клиша А.І., Гирка А.Д. Сучасна технологія вирощування сочевиці. Дніпро, 2013. 48 с.

40. Притульська Н.В. Оптимізація споживчих властивостей комбінованих консервів та харчових концентратів із використанням білкововмісної сировини різного походження: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.18.15. Київський нац. торг.-екон. ун-т. / Н.В. Притульська. К., 2001. 35 с.

41. Hawtin G.C., Singh K.B., Saxena M.C. Some recent developments in the understanding and improvement of Cicer and Lens. In R. J. Summerfield & A. H. Bunting (Eds.), *Advances In Legume Science*. 1990. P. 613–623.

42. Присяжнюк О.І., Топчій О.В., Слободянюк С.В., Карпук Л.М., Маляренко О.А., Павліченко А.А., Свистунова І.В. Сочевиця. Біологія та вирощування : монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 180 с.

43. Chauhan Y.S., Ryan M. Frost risk management in chickpea using a modelling approach. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. № 4. с460.

44. Chemistry and biochemistry of leguminous plants / edeted by K. S. Spectrova; ed. Kiev : Nauka, 1986. 336 с.

45. Sarker A., Erskine W. Recent progress in the ancient lentil. *The Journal of Agricultural Science*. 2006. Vol. 144. Iss. 1. P. 19–29.

46. Global Crop Diversity Trust Global Strategy for the ex-situ con-servation of lentil (Lens Miller). 2014. URL: <https://www.croptrust.org/wp/wp-content/uploads/2014/12/LensStrategy-FINAL-3Dec08.pdf> (Дата звернення: 10.09.2022).

47. Ferguson M.E., Maxted N., Van Slageren M., Robertson L.D. A re-assessment of the taxonomy of Lens Mill. (Leguminosae, Papilionoideae, Vicieae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2000. Vol. 133. Iss. 1. P. 41–59.

48. McNeil D.L., Hill G.D., Materne M., Mckenzie B.A. Global Production and World Trade. Lentil: An Ancient Crop for Modern Times / S.S. Yadav, D.L. McNeil, P. C. Stevenson (eds). Dordrecht : Springer, 2007. P. 95–105.

49. Alo F., Furman B.J., Akhunov E. Leveraging genomic resources of model species for the assessment of diversity and phylogeny in wild and domesticated lentil. *Journal of Heredity*. 2011. Vol. 102. Iss. 3. P. 315–329.

50. Чекалін Н.М. Генетичні засади селекції зернобобових культур на стійкість до патогенів. Полтава. Інтерграфіка. 2003. 187 р.

51. Невмивако Т.В. Цінні для селекції сортотразки сочевиці. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 1999. № 11. С. 43–45.

52. Liber M., Duarte I., Maia A.T., Oliveira H.R. The History of Lentil (*Lens culinaris* subsp. *culinaris*) Domestication and Spread as Revealed by Genotyping-by-Sequencing of Wild and Landrace Accessions. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Is. 12. e628439

53. Badameh D.M.D. Effectiveness of inoculation on biological nitrogen fixation and water consumption by lentil under rain fed conditions. *Soil Biology & Biochemistry*. 1994. №26. №1. P. 1–5.

54. Erskine W. The lentil botany, production and uses / W. Erskine, F.J. Muehlbauer, A. Sarker, B.J. Sharma. CAB International, 2009. 457 p.

55. Hoque M. Rhisobial inoculation and fertilization of lentil in Bangladesh / M. Hoque, Hag H. Farlul. *Lens news fett*. 1994. Vol. 21. №2. P.29–30.

56. Zeze A. Direct amplification of nod from community DNA reveals the genetic diversity of *Rhizobium leguminosarum* in soil / A. Zeze, L.A. Mutch, J.P.W. Young. *Environ Microbiol*. № 3. 2001. P. 363–370.

57. Alo F., Furman B.J., Akhunov E., Dvorak J., Gepts, P. Leveraging genomic resources of model species for the assessment of diversity and phylogeny in wild and domesticated lentil. *Journal Heredity*. 2011. Vol. 102. P. 315–329.

58. Dissanayake R., Braich S., Cogan N.O., Smith K., Kaur S. Characterization of genetic and allelic diversity amongst cultivated and wild lentil accessions for germplasm enhancement. *Frontiers in Genetics*. 2020. Is. 11. e546.
59. Erskine W. Lodging in lentil and its relationship with other characters. *Canadian Journal of Plant Science*. 1988. Vol. 68. № 4. P. 929–934.
60. Клиша О.І. Основи селекції зернобобових культур для Степу України: автореф. дис. на здобуття вч. ступеня доктора с.-г. наук: спец. 06.01.05 "Селекція рослин" / О.І. Клиша. Дніпропетровськ, 1993. 40 с.
61. FAO Production Crops. FAOSTAT Statistics Database; Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division: Rome, Italy, 2020. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>.
62. Фірсова М.К. Товарні та споживчі якості зерна у кращих районованих сортів сочевиці. Селекція і насінництво. 1948. № 5. С. 52–56.
63. Coyne C., McGee R. "Lentil," in Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement, eds M. Singh, H. D. Upadhyaya, and I. S. Bisht (London: Elsevier Inc.). 2013. 256 p.
64. Fratini R., Ruiz M.L. Interspecific hybridization in the genus *Lens* applying in vitro embryo rescue. *Euphytica*. 2006. Vol. 150. P. 271–280.
65. Garfinkel Y., Kislev M.E., Zohary D. Lentil in the pre-pottery neolithic B lifthah'el: additional evidence of its early domestication. *Israel Journal of Botany*. 1988. Vol. 37. P. 49–51.
66. Horneburg B. Outcrossing in lentil (*Lens culinaris*) depends on cultivar, location and year, and varies within cultivars. *Plant Breeding*. 2006. Vol. 125. P. 638–640.
67. Кулинич О.О. Сочевиця: розумна альтернатива. *Пропозиція*. 2004. №8–9. С. 58–59.
68. Шевченко А.М. Сочевиця – цінна продовольча культура. Луганськ: ТОВ «Знання», 2003. 27 с.



69. Hazery H., Tobeh A. Effect of Nitrogen and Phosphorous on yeild and protein content of lentil in dryland condition. Department of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili. Iran. 2008. P. 185–188.
70. Maggioni L., Ambrose M., Schachl R., Duc G., Lipman E. Lentil in the world. Report of a Working Group on Grain Legumes. Third Meeting 5–7 july. Krakow (Poland), 2002. P. 336–341.
71. Kumar J., Gupta D.S., Tiwari P. Lentil Breeding in Genomic Era: Present Status and Future Prospects. In Accelerated Plant Breeding; Food Legumes; Springer: Cham, Switzerland, 2020. Vol. 3. P. 193–209.
72. Lombardi M., Materne M., Cogan N.O., Rodda M., Daetwyler H.D., Slater A.T. Assessment of genetic variation within a global collection of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars and landraces using SNP markers. *BMC Genetics*. 2014. Is. 15. e150.
73. Khazaei H., Caron C.T., Fedoruk M., Diapari M., Vandenberg A., Coyne C. J. Genetic diversity of cultivated lentil (*Lens culinaris* Medik.) and its relation to the world's agro-ecological zones. *Frontiers in Plant Science*. 2016. № 7. e1093.
74. Santos C.S., Silva B., Valente L.M.P., Gruber S., Vasconcelos M.W. The effect of sprouting in lentil (*Lens culinaris*) nutritional and microbiological profile. *Foods*. 2020. Vol. 9. e400.
75. Lentil: An Ancient Crop for Modern Times / S.S. Yadav, D.L. McNeil, P. C. Stevenson (Eds.). Heidelberg, Netherlands: Springer, 2007. 461 p.
76. Joshia M., Timilsena Y., Adhikari B. Global production, processing and utilization of lentil: A review. *Journal of Integrative Agriculture*. 2017. Vol.16 (12). C. 2898–2913.
77. Романова С.В., Дученко М.А., Гамуля О.В., Ковальов В.М. Морфолого-анатомічне дослідження генеративних органів сочевиці харчової. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. 2014. № 1. С. 12–15.

78. Черенков А.В., Клиша А.І., Гирка А.Д., Кулініч О.О., Сидоренко Ю.Я., Бочевар О.В., Ільєнко О.В., Кулик А.О. Сучасна технологія вирощування сочевиці. Дніпро, 2013, 48 с.

79. Кириченко В.В., Кобизєва Л.Н., Петренкова В.П. та ін. Ідентифікація ознак зерно-бобових культур (квасоля, нут, сочевиця) / за ред. В.В. Кириченка. Харків, 2009. С. 87–115.

80. Кобизєва Л.Н. Генетичні ресурси зернобобових культур в Україні: вивчення, збереження і використання в селекційних програмах / Л.Н. Кобизєва, О.М. Безугла, Л.М. Потьомкіна, Т.О. Дрепіна. Генетичні ресурси рослин. 2004. № 1. С. 88–93.

81. Guerra-García A., Gioia T., von Wettberg E., Logozzo G., Papa R., Bitocchi E., Bett K.E.. Intelligent characterization of lentil genetic resources: Evolutionary history, genetic diversity of germplasm, and the need for well-represented collections. *Current Protocols*. 2021. 1(5). e134.

82. Лаптева Н.А. Белки семян чечевицы (*Lens L.*): автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.12 «Физиология и биохимия растений» / Н.А. Лаптева / Кишиневский СХИ им. Фрунзе. Кишинев, 1969. 21 с.

83. Сочевиця. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ogorodstvo.com/rasteniyevodstvo/zernovyye-i-zernovyye-bobovyye-kultury/chechevica.html>. (Дата звернення 15.09.2022).

84. Технологія вирощування сочевиці у 2015 році. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://sovhoz.com/chechevica-koroleva-sredi-bobovykh/>.

85. Гелюх В.Н. Возделывание крупносемянной чечевицы (практические рекомендации) / В.Н. Гелюх, Т.С. Кирпичева, Н.С. Кондрашин, Е.М. Федоренко, С.В. Старченко, В.Н. Завгородний, А.С. Овчаренко. Луганск: ЛНАУ, 2002. 12 с.

86. Гелюх В.М. Селекція гороху та сочевиці в Луганському національному аграрному університеті / В.М. Гелюх, О.Г. Денисенко, Т.С.

Кирпичова, М.С. Кіндрашин, Т.П. Кузьмінська, С.В. Старченко, Р.Г. Стрельцова, О.М. Федоренко. *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету*. № 20 (32). Серія «Сільськогосподарські науки». Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2002. С. 135–139.

87. Каленська С.М., Шихман Н.В. Продуктивність сочевиці залежно від мінерального живлення та передпосівної обробки насіння в умовах правобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2011. 4 (26) [http://www.nbu.gov.lis/e\\_journals/Nd/2011\\_4/11ksm.pdf](http://www.nbu.gov.lis/e_journals/Nd/2011_4/11ksm.pdf).

88. Каргін І. Ф. Продуктивність сочевиці залежно від технології обробітку / І. Ф. Каргін, С. Л. Букін, М. А. Перов. *Захист і карантин рослин*. 2007. № 2. С. 33.

89. Зернові бобові культури / за ред. Д.Ф. Лихваря. К.: Урожай, 1964. С. 52–68.

90. Камінський В.Ф. Інтенсифікація виробництва зернобобових культур в умовах Північного Лісостепу / В.Ф. Камінський, А.В. Голодна, Д.С. Шляхтуров. *Землеробство*. 2008. Вип. 80. С.109–115.

91. Gebrekidan F., Worku W., Fikre A. Phosphorus and Sulphur uptake and utilization efficiency in response to Lentil (*Lens culinaris* Medikus) productivity in central highlands of Ethiopia. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*. 2020. Vol. 8. Is. 4. P. 399–410.

92. Erskine W., Tufail M., Russell A., Tyagi M.C., Rahman M.M., Saxena M.C. Current and future strategies in breeding lentil for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica* 1994. Vol. 73. P. 127–135.

93. Foti C., Kalampokis I.F., Aliferis K.A., Pavli O.I. Metabolic Responses of Two Contrasting Lentil Genotypes to PEG-Induced Drought Stress. *Agronomy*. 2021. Is. 11. e1190.

94. McKenzie B.A., Hill G.D. Water use in grain legumes. In: *Proceedings of the 5th European Conference on Grain Legumes/2nd International Conference on*

Legume Genomics and Genetics, AEP – l'Association Européenne de Recherche sur les Protéagineuse, Paris, France, 2004. P. 61–62.

95. Старченко С.В. Корневая гниль чечевицы и мероприятия по ограничению её развития в условиях юго-востока Украины *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія «Сільськогосподарські науки»* 2002. № 20 (32). С. 140–148.

96. Miah M., Rashid A., Harun Md., Rahman M. Productivity and resource use efficiency in lentil production in selected areas of Bangladesh. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 2021. Vol. 46. P. 231–243.

97. Frankow-Lindberg B.E., Dahlin A.S. N<sub>2</sub> fixation, N transfer, and yield in grassland communities including a deep-rooted legume or non-legume species. *Plant and Soil*. 2013. Vol. 370. P. 567–58

98. Соколов В. М. Стан науково дослідних робіт з селекції зернобобових культур в Україні. *Зб. наук. пр. СГІ–НЦНС*. 2010. Вип. 15 (55). С. 6–13

99. Altikat S. Celik A. The effects of tillage and intra-row compaction on seedbed properties and red lentil emergence under dry land conditions. *Soil & Tillage Research*. 2011. Vol. 114. P. 1–8.

100. Kayan N., Adak M. S. Effect of soil tillage and weed control methods on weed biomass and yield of lentil (*Lens culinaris* Medic.). *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2006. Vol. 52, Iss. 6. P. 697–704.

101. Максимов М.В. Лавренко С.О. Сумарне водоспоживання та ефективність використання води сочевицею залежно від технологічних прийомів вирощування. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 65. С. 46–48.

102. Зінченко О.І. Рослинництво: [Підручник] / О.І. Зінченко, Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. С. 335–338.

103. Altikat S. The effects of reduced tillage and compaction level on the red lentil yield. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2013. Vol. 19. P. 1161–1169.

105. Bicer B.T. The effect of seed size on yield and yield components of chickpea and lentil. *African Journal of Biotechnology*. 2009. № 8. P. 1482–1487.
106. Кириченко В.В., Кобизєва Л.Н., Петренкова В.П. та ін. Ідентифікація ознак зернобобових культур (квасоля, нут, сочевиця) / за ред. В. В. Кириченка. Харків, 2009. С. 87–115.
107. Kayan N., Adak M.S. Effect of soil tillage and weed control methods on weed biomass and yield of lentil (*Lens culinaris Medic.*). *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2006. Vol. 52. P. 697–704.
108. Сухова Г.І. Фотосинтетична діяльність сортів сочевиці в умовах Східного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2012. № 2. С. 150–155.
109. Клиша А.І., Кулініч О.О. Вихідний селекційний матеріал сочевиці і новий сорт Лінза. *Зрошуване землеробство*. 2009. Вил. 51. С. 171–176.
110. А. с. 08153, Україна. Сорт сочевиці Лінза / А.І. Клиша, З.В. Корж, Т.В. Невмивако, О.О. Кулініч (Україна). № 05089000. Занесений до Держ. реєстру сортів рослин України в 2008 р. 2008. С. 46.
111. Kumar J., Gupta S., Gupta P., Dubey S., Tomar R.S.S., Agrawal S.K. Breeding strategies to improve lentil for diverse agro-ecological environments. *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2017. Vol. 76. № 4. P. 530–549.
112. Barulina E.I. Lentils of the USSR and other countries. 1930. 319 p.
113. Muehlbauer F.J., Cho S., Sarker A., Mcphee K.E., Coyne C.J., Rajesh P.N., Ford R. Application of biotechnology in breeding lentil for resistance to biotic and abiotic stress. *Euphytica*. 2006. Vol. 147. P. 149–165.
114. Adsule R.N., Kadam S.S., Leung H.K. Lentil. In: Salunkhe DK, Kadam SS, eds., *Handbook of World Food Legumes Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilization*. Vol. II. CRC Press, Florida, USA. 1989. P. 133–152.
115. Romano A., Gallo V., Ferranti P., Masi P. Lentil flour: Nutritional and technological properties, in vitro digestibility and perspectives for use in the food industry. *Current Opinion in Food Science*. 2021. Vol. 40. P. 157–167.

116. Prysiashniuk O.I., Slobodianiuk S.V., Topchii O.V., Sukhova H.I., Karpuk L.M., Kryvenko A.I., Svystunova I.V., Pavlichenko A.A. Peculiarities of the lentil productivity formation under the use of nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microorganisms. *Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2020. Місцю 386. № 4. P. 81–89.

117. Siddique K.H.M., Loss S.P., Pritchard D.L., Regan L., Tennant D., Jettner R.L., Wilkinson D. Adaptation of lentil (*Lens culinaris* Medic.) to Mediterranean type environments: effect of time of sowing on growth, yield and water use. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1998. Vol. 49. P. 613–626.

118. Shrestha R., Siddique K.H.M., Turner N.C., Turner D.W., Berger J.D. Growth and seed yield of lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes of West Asian and South Asian origin and crossbreds between the two under rainfed conditions in Nepal. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2005. Vol. 56. P. 971–981

119. Maphosa L, Preston A, Richards MF. Effect of Sowing Date and Environment on Phenology, Growth and Yield of Lentil (*Lens culinaris* Medikus.) Genotypes. *Plants (Basel)*. 2023. Is. 12. № 3. e474.

120. Choudhury D.R., Tarafdar S., Das M., Kundagrami S. Screening lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasms for heat tolerance. *Biosci. Trends*. 2012. № 5. P. 143–146.

121. Лавренко С.О. Гридякіна О.М. Врожайність зерна та ефективність використання вологи рослинами сочевиці залежно від строків сівби в умовах півдня України. *Шляхи підвищення ефективності зрошуваного землеробства*. 2014. № 56-2. С. 31-36.

122. Лавренко С.О., Лавренко М.М., Максимов М.В. Ефективність використання елементів живлення з ґрунту рослинами сочевиці за різних умов зволоження. *Шляхи підвищення ефективності зрошуваного землеробства*. 2017. № 4(68). С.147-152.

123. Erskine, W. Perspectives in Lentil breeding. Intern. Workshop on faba beans, Kabuli chickpeas and lentils. Aleppo. Syria. 1985. P. 91–100.

124. Gaur P.M., Samineni S., Krishnamurthy L., Kumar S., Ghanem M.E., Beebe S., Rao I., Chaturvedi S.K., Basu P.S., Nayyar H., High temperature tolerance in grain legumes. *Legume Perspect.* 2015. Vol. 7. P. 23–24.

125. Sita K., Sehgal A., Kumar J., Kumar S., Singh S., Siddique K.H.M., Nayyar H. Identification of High-Temperature Tolerant Lentil (*Lens culinaris* Medik.) Genotypes through Leaf and Pollen Traits. *Frontiers Plant Science.* 2017. Vol. 8. e744.

126. Bhandari K., Siddique K.H.M., Turner N.C., Kaur J., Singh S., Agrawal S.K., Nayyar H. Heat Stress at Reproductive Stage Disrupts Leaf Carbohydrate Metabolism, Impairs Reproductive Function, and Severely Reduces Seed Yield in Lentil. *J. Crop. Improvement.* 2016. Vol. 30. P. 118–151.

127. Delahunty A., Nuttall J., Nicolas M., Brand J. Response of lentil to high temperature under variable water supply and carbon dioxide enrichment. *Crop Pasture Science.* 2018. Vol. 69. P. 1103–1112.

128. Kumar J., Kant R., Sarker A., Singh N.P. Heat Tolerance in Lentil under Field Conditions. *Legume Genetics and Biology.* 2016. № 7. P. 1–11.

129. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технологія вирощування / В.В. Лихочвар. К.: Центр навчальної літератури, 2004. 811 с.

130. Alternative agriculture [Authars Committee on the role alternative farming methods in modern production agriculture, National Research Council. Washington D.C., 1999. 425 p.

131. Єремко Л., Ленъ О. Біб для зернових сівозмін. *The Ukrainian Farmer.* № 7. 2013. С. 72–74.

132. Марченко В., Опалко В. Сочевиця...Чи не час її відродити?! *Agroexpert.* 2010. №2 (19). С. 26–28.

133. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312.с

134. Sita K., Sehgal A., Bhandari K., Kumar J., Kumar S., Singh S., Siddique K.H., Nayyar H. Impact of heat stress during seed filling on seed quality and seed

yield in lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. Vol. 98. P. 5134–5141.

135. Summerfield R.J., Roberts E.H., Erskine W., Ellis R. Effects of Temperature and Photoperiod on Flowering in Lentils (*Lens culinaris* Medic.). *Annals of Botany*. 1985. Vol. 56. P. 659–671.

136. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ : «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 276 с

137. Skrypetz S. Lentils and chick peas. *Bi-weekly bulletin*. 1999. V.12. № 9 (Part 1). P. 11–19.

138. Herceg J. Skusenosti s vel'kovyrobnum pestovanim sosovice v nason *JRD. Uroda*. 1978. P. 26.

139. Екологічні аспекти системи удобрення сільськогосподарських культур / В. В. Волкогон та ін. ; за ред. В. В. Волкогон. Київ : Аграрна наука, 2019. 264 с.

140. Коць С.Я., Петерсон Н.В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ : Логос, 2005. 150 с.

141. Dostalova J., Houska M., Pokorny J. Relationships between processing conditions, mechanical and textura properties of cooked lentils. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 1998. Vol. 7. P. 455–464.

142. Симбіотична азотфіксація та врожай / Г. М. Господаренко та ін.; за ред. Г. М. Господаренка. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 324 с.

143. Рассадіна І. Ю., Недвига М. В., Нікітіна О. В., Мусієнко Л. А. Вплив мінерального удобрення та інокуляції на врожайність сочевиці. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 96(1). С. 160–169.

144. Мусієнко Л. А. Вплив мінерального живлення на урожайність сочевиці. *Наукові доповіді НУБіП України*. №4 (98). 2022. 12 с.

145. Господаренко Г. М., Мусієнко Л. А. Урожайність сочевиці залежно від складових системи удобрення. *Збірник доповідей Міжнародної науковопрактичної конференції «Сучасні системи удобрення*



сільськогосподарських культур». Дніпро : Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, 2020. 160 с.

146. Господаренко Г. М., Мусієнко Л. А. Система удобрення сочевиці на чорноземі опідзоленому. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва», 26–27 листопада 2020 р. у 2-х ч., ч. 1. Харків: ХНАУ, 2020. 392 с.

147. Лазер П.Н., Міхеєв Є.К. Інструментарій і технології організації інформації у землеробстві. Херсон : Видавництво ХДУ, 2006. 372 с.

148. Maimandi N.M.J. Crop Botany. Food legume crops: improvement and production. Food and agriculture organization of the United National. Rome, 1979. P. 27–63.

149. Господаренко Г. М. Розробка та обґрунтування інтегрованої системи удобрення в польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.04. Київ, 2001. 39 с.

150. Про перспективні види бобових в Україні. 2022. URL: <https://agropro.club/articles/properspektivni-vidi-bobovih-v-ukrayini/> (Дата звернення 20.02.2023).

151. Кулініч О.О. Створення та добір селекційного матеріалу сочевиці, адаптованого до умов північної підзони Степу України: автореф. дис. на здобуття наук ступ. канд. с.-г. наук; 06.01.05 51 селекція і насінництво / О.О. Кулініч ; Інститут зернового госп-ва УААН. Дніпропетровськ, 2007. 18 с.

152. Есаулко А.Н., Галда Д.Е. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема и продуктивность чечевицы в условиях Ставропольского края. *Плодородие*. 2016. № 6 (93). С. 21–23.

153. Рогач С.М. Економічні засади виробництва нішових сільськогосподарських зернових і зернобобових культур. Монографія. С.М.

Рогач, Л.А. Ільків, Т.В. Мірзоєва, Л.М. Степасюк, О.А. Томашевська. Київ. ЦП КОМПРИНТ. 2019. 398 с.

154. Economic substantiation of expediency of production of niche cultures. T. Mirzoieva, O. Nechyporenko, A. Chupriak, B. Avramchuk, V. Heraimovych, L. Ilkiv. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 937. 2021. e032095.

155. Adsule R.N., Kadam S.S., Leung H.K. Lentil. In: CRC Handbook of World Food Legumes Salunkehe, D.K. and S.S. Kadam (eds.). Boca Raton, Florida, USA: CRC Press. 1989. 458 p.

156. Afzal M. Effect of Potassium in different Proportions with Nitrogen and Phosphorus on Yield and Quality of Lentil. M. Sc. Thesis, Deptt. Agronomy, Univ. Agric., Faisalabad. 1989. 215 p.

157. Ali A., Mahmood K., Bhatti M.S., Tufail M.. Selection criterion for high yielding genotypes and pure lines of lentil (*Lens culinaris* Medik). *Journal of Agricultural Research*. 2000. Vol. 38. № 3. P. 295–301.

158. Tickoo J.L., Sharma B., Mishra S.K., Dikshit H.K. Lentil (*Lens culinaris*) in India: Present status and future perspectives. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2005. Vol. 75. P. 539–562.

159. Haider S.Z. 1995. Effect of different Doses of Nitrogen and Phosphorus on Growth and Yield Performance of a New Genotype of Lentil. M.Sc. Thesis, University of Agriculture of Faisalabad. 174 p.

160. Hussain M., Shah S.H., Nazir M.S. Qualitative response of three lentil (*Lens culinaris* Medic.) cultivars to phosphorus application. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2003. Vol. 40. № 1-2. P. 25–27.

161. Singh S., Kundu D., Dey P., Singh P., Mahapatra B. Effect of balanced fertilizers on soil quality and lentil yield in Gangetic alluvial soils of India. *The Journal of Agricultural Science*. 2018. Vol. 156. № 2. P. 225–240.

162. Bremer E., van Kessel C., Karamanos R. Inoculant, phosphorus and nitrogen responses of lentil. *Canadian Journal of Soil Science*. 1989. Vol. 69. P. 691–701.

163. Iqbal M.A. Integrated use of *Rhizobium leguminosarum*, plant growth promoting rhizobacteria and enriched compost for improving growth, nodulation and yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol. 72. P. 104–110.

164. Jahan S.A., Alim M.A., Hasan M.M., Kabiraj U.K., Hossain M.B. Effect of potassium levels on the growth, yield and yield attributes of lentil. *International Journal of Sustainable Crop Production*. 2009. Is. 4. № 6. P. 1–6.

165. Krishnareddy S.V. Ahlawate I.P.S. Growth and yield response of lentil cultivars to phosphorus, zinc and biofertilizers. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 1996. Vol. 177 № 1. P. 49–59.

166. Biederbeck V.O., Zentner R.P., Campbell C.A. Soil microbial populations and activities as influenced by legume green fallow in a semiarid climate. *Soil biology and biochemistry*. 2005. Vol. 37. Issues 10. P. 1775–1784.

167. Biederbeck V.O., Campbell C.A., Rasiah V., Zentner R.P., Guang Wen. Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure. *Soil biology and biochemistry*. 1998. Vol. 30. Issues 8–9. P. 1177–1185.

168. Sehgal A., Sita K., Kumar J., Kumar S., Singh S., Siddique K.H., Nayyar H. Effects of drought, heat and their interaction on the growth, yield and photosynthetic function of lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes varying in heat and drought sensitivity. *Front Plant Science*. 2017. Vol. 8. e1776.

169. Malik M.A., Tanveer A., Hayee M.A., Ali A. Seed yield and protein contents of lentil (*Lens culinaris* Medic) as influenced by NPK application. *Journal of Agricultural Research*. 1991. Vol. 29. № 3. P. 333–338.

170. McKenzie B.A., Andrews M., Hill G.D. Nutrient and irrigation management. In: *Lentil An Ancient Crop for Modern Times*. Yadav, S.S., D. L. McNeil and P. C. Stevenson (eds). Springer Netherlands. 2007. P. 145–158.

171. Щигорцова О.Л. Розробка елементів технології вирощування нуту, гороху, чини і сочевиці в умовах зрошення в Центральному степу Криму:

автореф. дис. на здобуття вченого ступеня канд. с-г. наук: спец. 06.01.09 «Рослинництво» / О.Л. Щигорцова. Сімферополь, 2006. 16 с.

172. Щигорцова О.Л. Вирощування бобових культур – чини, сочевиці, гороху, нуту в Криму без застосування азотних добрив. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи ведення землеробства в посушливій зоні Степу України» (16–18 червня 2009 р.). Херсон: ІЗПР УААН, 2009. С. 161–163.

173. Данильченко О.М., Жатова Г.О. Урожайність і якість насіння кормових бобів та сочевиці залежно від інокуляції бактеріальними препаратами і внесення мінеральних добрив. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2016. № 1 (53). Т. 1. С. 94–101.

174. Кулініч, О.О. Вихідний матеріал для селекції сочевиці. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. 2009. № 36. С. 167–170.

175. Sadiq M.S., Sarwar G., Saleem M. Genotype x environment interactions for seed yield in lentil (*Lens culinaris Medik*). *Journal of Agricultural Research*. 2001. Vol. 39. № 2. P. 119–124.

176. Bukhoriev T.A. Simbiotska aktivnost in produktivnost leče v odvisnosti od ravni mineralne prehrane. *Vestnik Kishovarz*. 2001. №1. С. 15-18.

177. Лихочвор В.В. Зерновиробництво / В.В. Лихочвор, В.Ф. Петриченко, П.В. Іващук. Львів: Українські технології, 2008. С. 607–612.

178. Танчик С.П. Технології виробництва продукції рослинництва: [підручник] / С.П. Танчик, М.Я. Дмитришак, Д.М. Алімов, В.А. Мокрієнко, О.М. Миропольський, В.М. Гаврилюк. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2008. С. 476–478.

179. Гирка А.Д. Водоспоживання рослин сочевиці залежно від технологічних прийомів вирощування в Лівобережному Лісостепу / А.Д. Гирка, О.І. Лень, Л.М. Алейнікова. *Вісник Степу*. 2014. Вип. 11. С.54–57

180. Кулініч О.О. Генетичний потенціал продуктивності сочевиці *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН»*. 2009. С. 209–214.

181. Körschens M. Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2013. Vol. 59. P. 1017–1040.

182. Ще про сочевицю. *Фермерське господарство*. 2011. № 43 (555). С. 32.

183. Zeidan M.S., Hozayn M.б Abd El-Salam M.E.E. Yield and quality of lentil as affected by micronutrient deficiency in sandy soils. *Journal of Applied Sciences Research*. 2006. Is.12. № 2. P. 1342–1345.

184. Довідник з вирощування зернових та зернобобових культур / В.В. Лихочвор, М.І. Бомба, С.В. Дубковецький [та ін.]. Львів : Українські технології, 1999. 408 с.

185. Січкач В.І. Зернобобові культури – подвійна вигода у господарстві. *Агробізнес сьогодні*. 2020. №1–2. С. 24–29.

186. Краєвський О.М., Карпенко О.О., Шабашов В.В. Особливості технології вирощування зернобобових культур в умовах Луганської області. *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2002. № 20 (32). С. 84-88.

187. Фадєєв Л.В. Зернобобові культури – попит зростає. Сочевиця. Частина 1. *Зернові продукти і комбікорми*, 2017. Вип. 17. №4 (68). С.12–22.

188. Shah S.H., Mahmood M.Y., Ibne Zameer M.S. Qualitative and quantitative response of three cultivars of lentil (*Lens culinaris* Medic.) to phosphoric application. *International Journal of Agriculture And Biology*. 2000. Vol. 2. № 3. P. 248–250.

189. Zafar M.M., Anser M.R., Ali Z.. Growth and yield of lentil as affected by phosphorus. *International Journal of Agriculture And Biology*. 2003. Vol. 5. № 1. P. 98–100.
190. Кернасюк, Ю., Полтянкін О., Літковський В. Маржинальні нішеві агрокультури. *Агробізнес сьогодні* 2018. №8. С.12–16.
191. Бобові. Коротка характеристика. К.: ТОВ «Аваст-Трейд», 2011. 20 с.
192. Колісник С.І., Кобак С.Я., Іванюк С.В., Семцов А.В., Темченко І.В. Виористання мікробних препаратів при вирощуванні зернобобових культур. *Посібник українського хлібороба*. 2013. Том 2. С. 74–76.
193. Присяжнюк О.І., Топчій О. В., Шевченко Т.В. Біохімічні показники насіння сочевиці залежно від елементів технології вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 4. С. 409–415.
194. Топчій О.В. Вплив мікродобрих та регуляторів росту на урожайність сочевиці. *Агробіологія*. 2017. Вип. 2. С. 86–91.
195. Присяжнюк О.І., Топчій О.В. Формування елементів структури врожайності сочевиці залежно від строків сівби, мікродобрих і регуляторів росту. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2017. Вип. 25. С. 72–78.
196. Присяжнюк О.І., Карпук Л.М., Топчій О.В. Ефективність агротехнологічних прийомів вирощування сочевиці. *Новітні агротехнології*. 2017. № 5. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122230>.
197. Присяжнюк О.І., Топчій О.В., Калюжна Е.А., Українець В.В. Технологія вирощування сочевиці в умовах Лісостепу України: методичні рекомендації. Київ : Нілан-ЛТД, 2018. 52 с.
198. Топчій О.В. Вплив регуляторів росту мікродобрих та строків сівби на біологічні параметри рослин сочевиці. Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: тези доповідей V Міжнародної науковопрактичної конференції молодих вчених (м. Київ, 29–30 вересня 2016 р.). Вінниця, 2016. С. 82.

199. Катеринчук І. Нішеві культури 2020. *Пропозиція*. 2020. №1. С. 48–53.
200. Топчій О.В. Фенологічні особливості росту та розвитку сочевиці залежно від впливу елементів технології. Генетика та селекція сільськогосподарських культур – від молекули до сорту: матеріали II інтернет-конференції молодих вчених (м. Київ, 30 серпня 2018 р.). Вінниця, 2018. С. 24–25.
201. Топчій О.В. Вплив елементів технології на формування бобів сочевиці. Новітні агротехнології: теорія та практика : матеріали тез доповідей Міжнародної науково–практичної конференції, присвяченої 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (м. Київ, 11 липня 2017 р.). Вінниця, 2017. С. 154.
202. Клиша А.І., Кулініч О.О. Кореляція між елементами продуктивності у підвидів сочевиці. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2005. № 26–27. С.46–50.
203. Гирка А.Д., Лень О.І., Алейнікова Л.М. Продуктивність сочевиці залежно від інокуляції насіння та системи мінерального живлення в умовах Лівобережного Лісостепу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 6. С.131–135.
204. Кулініч О. Свіжа кров для сочевиці. *The Ukrainian Farmer*. 2019. №4. С. 92–94.
205. Лень О. Сочевиця. Технологія та перспективи вирощування в Україні. *Пропозиція*. 2021. №5(308). С. 36–41.
206. Шихман Н.В. Фотосинтетична діяльність посівів сочевиці залежно від мінерального живлення та передпосівної обробки насіння *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Харків, 2010. Вип. 7. С. 136–141.
207. Карпенко В.П., Новікова Т.П., Притуляк Р.М. Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці за дії

біологічних препаратів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Т. 2. № 3. С. 146–150.

208. Zafar M., Abbasi K., Khan M.A., Khaliq A., Sultan T., Aslam M. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on growth, nodulation and nutrient accumulation of lentil under controlled conditions. *Pedosphere*. 2012. Vol. 22. № 6. P. 848–859.

209. Turk M.A., Tawaha A.M., El-Shatnawi M.K.J. Response of lentil (*Lens culinaris* Medik) to plant density, sowing date, phosphorus fertilization and ethephon application in the absence of moisture stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2003. Vol. 189. № 1. P. 1–6.

210. Hosseinzadeh S.R., Ahmadpour R. Evaluation of vermicompost fertilizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under moisture deficiency conditions. *Journal of Plant Nutrition*. 2018. Vol. 41. № 10. P. 1276–1284.

211. McNeil D.L. Rhizobium management and nitrogen fixation lentil. /Yadav S. S. (Ed.). *An ancient crop for modern times*. 2007. P. 127–143.

212. Quinn M.A. Biological nitrogen fixation and soil health improvement. *The lentil botany, production and uses*. Wallingford: Comm. Agric. Bureau. Int. 2009. P. 229–247.

213. Kumar S., Sharma S.K., Dhaka A.K., Bedwal S., Sheoran S., Meena R.S. Efficient nutrient management for enhancing crop productivity, quality and nutrient dynamics in lentil (*Lens culinaris* Medik.) in the semi-arid region of northern India. *PLoS ONE*. 2023. Is. 18. № 2. e0280636.

214. Щигорцова О. Сочевиця та її вирощування в Криму. *Агровісник України*. 2007. №9. С. 38–39.

215. Каргін І.Ф., Букін С.Л., Перов М.А. Продуктивність сочевиці залежно від технології вирощування. *Захист і карантин рослин*. 2007. № 2. С. 33.



216. Andrews M., Raven J.A., Lea P.J. Do plants need nitrate? The mechanisms by which nitrogen form affects plants. *Annals of Applied Biology*. 2013. Vol. 163. P. 174–199.

217. Meena R.S., Kumar S., Datta R., Lal R., Vijayakumar V., Brtnicky M. Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review. *Land*. 2020. Is. 9. № 2. P. 34.

218. Hirsch A.M., Lum M.R., Downie J.A. What makes the rhizobia-legume symbiosis so species? *Plant Physiology*. 2001. Vol. 127. P. 1484–1492.

219. Rico D., Peñas E., Del Carmen García M., Rai D.K., Martínez-Villaluenga C., Frias J., Martín-Diana A.B. Development of Antioxidant and Nutritious Lentil (*Lens culinaris*) Flour Using Controlled Optimized Germination as a Bioprocess. *Foods*. 2021 Vol. 10. № 12. e2924.

220. Sinkovič L., Pipan B., Šibul F., Nemeš I., Tepi'c Horecki A., Megli'c V. Nutrients, Phytic Acid and Bioactive Compounds in Marketable Pulses. *Plants* 2023. Vol. 12. e170.

221. Ghavidel R.A., Prakash J. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. *LWT – Food Science and Technology*. 2007. Vol. 40. P. 1292–1299.

222. Фадєєв Л. Сочевиця – плюси в сівозміні. *Агробізнес сьогодні*. 2018. №14. С. 92–93.

223. Лавренко С., Максимов М., Лавренко Н. Сочевиця – це гроші. *Зерно*. 2016. №10. С. 74-81.

224. Січкарь В. Сочевична рентабельність. *Зерно*. 2017. №9. С. 62–63.

225. Карпенко В.П., Притуляк Р.М., Новікова Т.П. Активність мікробіоти в ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 103. С. 56–62.

226. Карпенко В.П., Новікова Т.П., Притуляк Р.М. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. *Вісник УНУС*. 2018. 2. С. 39–44.

227. Карпенко В.П., Новікова Т.П., Притуляк Р.М., Гнатюк М.Г. Вміст пігментів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів. *Наукові горизонти*. 2019. 7(80). С. 41–47.

228. Карпенко В.П., Новікова Т.П., Притуляк Р.М. Чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. *Agrology*. 2019. 2(3). С. 146–150.

229. Новікова Т.П., Карпенко В.П. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Матеріали XV Міжнародній наукової конференції «Молодь і поступ біології», присвяченої 135-й річниці від дня народження Якуба Парнаса. Львів. 2019. С. 122–123.

230. Туріна О.Л., Дідович С.В., Кулініч Р.О. Високопродуктивні рослинно-мікробні системи в агроценозах бобових культур Криму. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. 4 (81). С. 151–155.

231. Timmusk S., Behers L., Muthoni J., Muraya A., Aronsson A.Ch. Perspectives and challenges of microbial application for crop improvement. *Frontiers in Plant Science*. 2017. 8. P. 49.

232. Rhizobiaceae: molecular biology of bacteria interacting with plants; edited by G. Spink, A. Kondorosi, P. Hukas. 2002. 568 с.

## **Розділ 2**

233. Diskin P. Agricultural Productivity Indicators Measurement Guide. Arlington, Va.: Food Security and Nutrition Monitoring (IMPACT) Project, ISTI, for the U.S. Agency for International Development. January, 1999. 54 p.

234. Клиша О.І. Сочевиця та складові її врожайності. Інформаційний листок Міністерства освіти і науки України. Харків: ХЦНТЕІ, 2005. № 11. С. 1–2.

235. Гелюх В.М. Вирощування крупнонасіннєвої сочевиці (практичні рекомендації) / В.М. Гелюх, Т.С. Кірпи́чева, М.С. Кіндрашин, О.М. Федоренко, С.В. Старченко, В.М. Завгородній, О.С. Овчаренко. Луганськ: ЛНАУ, 2002. 12 с.

236. Han X., Chang, L., Wang, N., Kong, W., Wang, C. Effects of Meteorological Factors on Apple Yield Based on Multilinear Regression Analysis: A Case Study of Yantai Area, China. *Atmosphere* 2023. Vol. 14, 183.
237. Адаменко Т.І. Агрокліматичний довідник по території України. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіда, А.Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський. 2011. 107 с.
238. Паньків З.П. Ґрунти України: методичний посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2017. 112 с.
239. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Клімат України та прикладні аспекти його використання. Одеса: ОДЕКУ, 2012. 180 с.
240. Півошенко І.М. Клімат Вінницької області. Вінниця: ВАТ «Віноблдрукарня», 1997. 240 с.
241. Січкач В. Зернобобові культури в Україні: що вирощувати? *Пропозиція*. 2016. №1. С.34–39.
242. Faratini R. Pérez de la Vega M, Cubero J.I. Lentil origin and domestication. *Grain Legum*. 2011. № 57. P. 5–9.
243. Хвороби сочевиці: монографія / За редакцією В.П. Карпенка. Умань: Видавець«Сочінський М. М.», 2021. 112 с.
244. Сучасна технологія вирощування сочевиці. Науково-виробниче видання. ДУ Інститут зернового господарства степової зони України. Дніпропетровськ. 2013. 89 с.
245. Ткачик С.О., Присяжнюк О.І., Лещук Н.В. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 118 с.
246. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури) / за ред. В.В. Волкодава. Київ, 2001. 110 с.

247. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. / Український інститут експертизи сортів рослин; ред. Ткачик С.О.; укл. Лівандовський А.А., Хоменко Т.М. та ін. Вінниця, 2016. 82 с.

248. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернобобових, та круп'яних на відмінність, однорідність і стабільність / Український інститут експертизи сортів рослин; ред. Ткачик С.О.; укл. Костенко Н.П., Гринів С.М. та ін. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця, 2016. 217 с.

249. Врублевська О.О., Катеруша Г.П., Миротворська Н.К.. Кліматологічна обробка окремих метеорологічних величин. Одеса. 2004. 150 с.

250. Практикум із сільськогосподарської метеорології і кліматології /І.Д. Примак, І.П. Гамалій, Т.В. Колесник, Г.І. Демидась, О.І. Примак; Заред. І.Д. Примака. В.: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2013. 284 с.

251. Yao X., Li T., Ma J., Yuan B., Deng, Z. Huaniu Apple in Southeast Gansu:The Correlation Between Yield and Quality and Meteorological Factors. *Chinese Agricultural Science Bulletin*. 2018. Vol. 34. P. 108–112.

252. Boter M., Calleja-Cabrera J., Carrera-Castaño G., Wagner G., Hatzig S.V., Snowdon R.J., Legoahac L., Bianchetti G., Bouchereau A., Nesi N., Pernas M., Oñate-Sánchez L. An Integrative Approach to Analyze Seed Germination in *Brassica napus*. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Is. 10. e1342.

253. Фельбаба-Клушина Л.М., Комендар В.І. Фітоценологія з основами синфітосозології. Ужгород: Ужгород. ун-т. 2001 212 с

254. Приседський Ю.Г. Фотосинтез. Вінниця: ДонНУ, 2016. 68 с.

255. Образцов А.С., Ковальов В.М. Об'ємний спосіб визначення площі листової поверхні рослин у посівах. *Фізіологія рослин*. 1976. Т. 23. Вип. 5. С. 1084-1087.

256. Фізіологія рослин: практикум / О.В. Войцехівська, А.В. Капустян, О.І. Косик [та ін.] ; за заг. ред. Т.В. Паршикової. Луцьк: Терен, 2010. 420 с.

257. Тарчевський І.А., Андріанова Ю.Є. Вміст пігментів як показник потужності розвитку фотосинтетичного апарату у пшениці. *Фізіологія рослин*. 1980. Т. 27. № 2. С. 341-347.

258. Romanov V.O., Artemenko D.M., Braiko Y.O. Family of portable devices 'Floratest': preparation for serial production. *Computer tools, networks and systems*. 2011. № 10. P. 85–93.

259. Brestic M, Zivcak M. PSII fluorescence techniques for measurement of drought and high temperature stress signal in plants: protocols and applications. In: Rout GR, Das AB (eds.) *Molecular stress physiology of plants*. Springer Dordrecht 2013. P. 87–131.

260. Kalaji H.M., Goltsev V.N., Żuk–Golaszewska K., Zivcak M., Brestic M. Chlorophyll Fluorescence. Understanding Crop Performance: Basics and Applications. CRC Press, Boca Raton. 2017. 222 p.

261. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. К. : Наук. думка, 1984. 102 с.

262. Rumsey D.J. *Statistics For Dummies*. 2nd Edition. John Wiley & Sons Inc. 2016. 408 p.

263 Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Український інститут експертизи сортів рослин; ред. Ткачик С.О., Києнко З.Б., Присяжнюк Л.М. Вінниця, 2016. 159 с.

264. Волкогон В.В. Мікробіологічна трансформація сполук азоту в ґрунтах агроценозів: Монографія. К.; Ніжин: ПП Лисенко М.М., Аграрна наука, 2017. 192 с.

265. Симбіотична азотфіксація та врожай / Г. М. Господаренко [та ін.] ; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань: Сочінський М. М., 2017. 323 с.

266. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справочное пособие. Г.С. Посыпанов и др. Москва: Агропомиздат. 1991. 200 с.

267. ДСТУ 2240–93. Насіння сільськогосподарських культур сортові та посівні якості. С. 107–109.

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

269. Гарькавий А.Д., Петриченко В.Ф., Спірін А.В. Конкурентоспроможність технологій і машин: Методичний посібник. Вінниця: ВДАУ «Тірас». 2006. 59 с.

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

### **Розділ 3:**

271. Bicer B.T., Sakar D. Comparison of exotic lentil lines to native cultivars for agronomic and morphologic traits. *Journal of Agricultural Science*. 2007. Vol. 13. №3. P. 279–284.

272. Ansari M.A., Prakash N., Punitha P., Sharma S.K., Sanatombi Kh., Singh A.N. 2015. Lentil cultivation and post harvest management. Technology Bulletin № RCM (TM)-09. ICAR Research Complex for NEH Region, Manipur Centre, Lamphelpat, Imphal-795004. 41 p.

273. Reif T.M., Zikeli S., Rieps A.-M., Lang C.P., Hartung J., Gruber S. Reviving a Neglected Crop: A Case Study on Lentil (*Lens culinaris* Medikus subsp. *culinaris*) Cultivation in Germany. *Sustainability* 2021. Vol. 13. e133.

274. Erskine W., Muehlbauer F. J., Sarker A., Sharma B. The lentil botany, production and uses. CAB International. 2009. 457 p.

275. Yadav S.S., Stevenson P.C., Rizvi A.H., Manohar M., Gailing S., Mateljan G. Use and consumption. In *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*; Yadav S.S., McNeil D.L., Stevenson P.C., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands. 2007. P. 33–46.

276. Каленська С.М. Посівні якості насіння зернобобових культур за впливу наночасток металів, мікродобрих та імуномодуляторів. *Зрошуване землеробство*. 2018. Вип. 70. С. 17–21.

277. Vlachostergios D.N., Roupakias D.G. Response to conventional and organic environment of thirty-six lentil (*Lens culinaris* Medik.) varieties. *Euphytica*. 2008. Vol. 163. P. 449–457.

278. Baird J.M., Shirliffe S.J., Walley F.L. Optimal seeding rate for organic production of lentil in the northern Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science*. 2009. Vol. 89. P. 1089–1097.

279. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1982. 280 с.

280. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця, 2013. С. 510–512.

281. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур / [ Паламарчук В.Д., Климчук О. В., Поліщук І. С., та ін.]. Вінниця: ФОП Данилюк, 2010. 636 с.

282. Hosseinzadeh S.R., Ahmadpour R. Evaluation of vermicompost fertilizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under moisture deficiency conditions. *Journal of Plant Nutrition*. 2018. Vol. 41, № 10. P. 1276–1284.

283. Turk M. A., Tawaha A. M., El-Shatnawi M. K. J. Response of lentil (*Lens culinaris* Medik.) to plant density, sowing date, phosphorus fertilization and ethephon application in the absence of moisture stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2003. Vol. 189. № 1. P. 1–6.

284. Pelzer E., Bourlet C., Carlsson G., Lopez-Bellido R.J., Jensen E.S., Jeuffroy M.-H. Design, assessment and feasibility of legume-based cropping systems in three European regions. *Crop Pasture Science*. 2017. Vol. 68. e902.

285. Zafar M., Abbasi M.K., Khan M.A., Khaliq A., Sultan T., Aslam M. Effect of plant growth–promoting rhizobacteria on growth, nodulation and nutrient accumulation of lentil under controlled conditions. *Pedosphere*. 2012. Vol. 22. № 6. P. 848–859.

286. Piergiovanni A.R. The evolution of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivation in Italy and its effects on the survival of autochthonous populations. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2000. Vol. 47. P. 305–314.

287. Камінський В.Ф. Агробіологічні основи інтенсифікації вирощування зернобобових культур в Лісостепу України: автореф. дис. На здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук: спец. 60.01.09 – «Рослинництво» / В.Ф. Камінський. Вінниця, 2006. 48 с.

288. Наукові основи сучасних технологій вирощування високобілкових культур / [В.Ф. Петриченко, А.О. Бабич, С.І. Колісник]. *Вісник аграрної науки*. 2003. С. 15–19.

289. Нагорний В.І. Посівні якості та врожайні властивості сої залежно від застосування регуляторів росту і мікродобрив. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Агрономія і біологія*. 2014. Вип. 3. С. 123–127.

290. Січкач В.І., Орехівський В.Д., Кривенко А.І., Маматов М.О., Соломонов Р.В. Особливості біології розвитку сочевиці. *Вісник Харківського національного аграрного університету Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»* 2018. Вип. 1. С. 190–202.

291. Мазур В.А., Ткачук О.П., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Особливості технології вирощування малопоширених зернобобових культур: монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2021. 172 с.

292. Gruber S., Zikeli S., Claupein W. Perspectives and limitations of weed control in organic lentils (*Lens culinaris*): A review. *Journal Cultivation Plants*. 2012. Vol. 64. P. 365–377.



293. Askegaard S., Madsen T.K. The local and the global: Exploring traits of homogeneity and heterogeneity in European food cultures. *International Business Review*. 1998. Vol. 7. P. 549–568.

294. Wang L., Gruber S. Claupein W. Mixed cropping with lentils increases grain protein of wheat and barley. *Journal Cultivation Plants*. 2013. Vol. 65. P. 422–426.

295. Мартинюк О.М. Особливості формування врожаю зернобобових культур залежно від технології вирощування в західному Лісостепу. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених. Чабани. 2004. С. 57–58.

296. Моргун В., Коць С. Бактеризація посівного матеріалу бобових. *Пропозиція*. 2007. № 3. С. 15–19.

297. Пустова З.В. Вплив бактеріальної обробки насіння на продуктивність квасолі звичайної. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2011. С. 146–152.

298. Saxena M.C., Hawtin G.C. Morphology and growth patterns. In *Lentils*. (Eds. C. Webb and G. C. Hawtin). Farnham, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1981. P. 39–52.

299. Carr P.M., Gardner J.J., Schatz B.G., Zwinger S.W., Guldan S.J. Grain yield and weed biomass of a wheat-lentil intercrop. *Agronomy Journal*. 1995. Vol. 87. P. 574–579.

300. Alo F. Leveraging Genomic Resources of Model Species for the Assessment of Diversity and Phylogeny in Wild and Domesticated Lentil. *Journal of Heredity*. 2011. 102 (3). P. 315–329.

301. Данильченко О.М. Продуктивність сочевиці залежно від інокуляції насіння та мінерального живлення в умовах північно-східного Лісостепу України / О.М. Данильченко, А.О. Бутенко, М.В. Радченко. *Вісник Уманського національного університету*. Умань, 2020. № 2. С.19–22.

302. Патика В.П, Петриченко В.Ф. Мікробна азотфіксація у сучасному кормовиробництві. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 3–11.

303. Сорокін С.І. Про насінництво сочевиці. *Селекція та насінництво*. 2008. № 3–4. С. 38-39.

304. Tziouvalekas M., Tigka E., Kargiotidou A., Beslemes D., Irakli M., Pankou C., Arabatzi P., Aggelakoudi M., Tokatlidis I., Mavromatis A. Seed Yield, Crude Protein and Mineral Nutrients of Lentil Genotypes Evaluated across Diverse Environments under Organic and Conventional Farming. *Plants* 2022. Is. 11. e3328.

305. Faris M.A.I.E., Takruri H.R., Issa A.Y. Role of Lentils in human health and nutrition: A review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. 2013. Vol. 6. P. 3–16.

306. Muehlbauer F.J., Short R.W., Summerfield R.J., Morrison K.J., Swan D.G. Description and culture of lentils. Cooperative Extension, College of Agriculture, Washington State University and USDA-ARS. 1981. EB 0957.

307. Muehlbauer F.J., Cubero J.I., Summerfield R.J. Lentil (*Lens culinaris* Medic.). In: R.J. Summerfield and E.H. Roberts (eds.), Grain Legume Crops. Collins, 8 Grafton Street, London, UK. 1985. P. 266–311.

308. Muehlbauer F.J., Kaiser W.J., Clement S.L., Summerfield R.J. Production and breeding of lentil. *Advances in Agronomy*. 1995. Vol. 54. P. 283–332.

309. Rai J.N., Singh K.M., Shahi B. Lentil in paira cropping system-An Agro-economic Study. *Indian Farmer Times*. 1992. Vol. 10. № 3. P. 15–17.

310. Singh K.M. Singh R.K.P. An Economic Analysis of Lentil Cultivation in N.E. Alluvial Plains of Bihar. *Economic Affairs*. 1995. Vol. 40. № 3. P. 157–163

311. Alexander W. 2015. Lentil trading and marketing: Australian grain exports. URL: <https://grdc.com.au/Researchand-Development/GRDC-Update-Papers/2015/08/Lentiltrading-and-marketing> (дата звернення: 20.02.2023).

**Розділ 4:**

312. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 200 с.

313. Устенко Г.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах как основа формирования урожая. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. М.: Изд. АН СССР, 1963. С. 37–70.

314. Wall D.A. Lentils (*Lens culinaris*) and fababean (*Vicia faba*) tolerance to post-emergence applications of imazethapyr. *Canadian Journal of Plant Science*. 1996. Vol. 76. P. 525–529.

315. Silva-Perez V., Shunmugam A.S.K., Rao S., Cossani C.M., Tefera A.T., Fitzgerald G.J., Armstrong R., Rosewarne G.M. Breeding has selected for architectural and photosynthetic traits in lentils. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. e925987.

316. Ayaz S., McKenzie B.A., Mcneil D.L., Hill G.D. Light interception and utilization of four grain legumes sown at different plant populations and depths. *The Journal of Agricultural Science*. 2004. Vol. 142. P. 297–308.

317. Banerjee B.P., Spangenberg G., Kant S. Fusion of spectral and structural information from aerial images for improved biomass estimation. *Remote Sensor*. 2020. Vol. 12. 3164.

318. Biju S., Fuentes S., Gupta D. The use of infrared thermal imaging as a non-destructive screening tool for identifying drought-tolerant lentil genotypes. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2018. Vol. 127. P. 11–24.

319. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. 1983. Vol. 11. № 5. P. 591–592.

320. Fischer R.A., Rees D., Sayre K.D., Lu Z.-M., Condon A.G., Saavedra A.L.. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Science*. 1998. Vol. 38. P. 1467–1475.

321. Ситник К.М. Фізіологія листка / К.М. Ситник, К.Й. Мусатенко, Т.К. Богданова. К.: Наукова думка, 1978. 392 с.
322. Furbank R.T., Sharwood R., Estavillo G.M., Silva-Perez V., Condon A.G. Photons to food: genetic improvement of cereal crop photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 2020. Vol. 71. P. 2226–2238.
323. Hanlan T.G., Ball R.A., Vandenberg A. Canopy growth and biomass partitioning to yield in short-season lentil. *Canadian Journal of Plant Science*. 2006. Vol. 86. P. 109–119.
324. Eckhardt U., Grimm B., Hörtensteiner S. Recent advances in chlorophyll biosynthesis and breakdown in higher plants. *Plant Molecular Biology*. 2004. 56. P. 1–14.
325. Rüdiger W. Chlorophyll metabolism: from outer space down to the molecular level. *Photochemistry*. 1997. 46. P. 1151–1167
326. Ничипорович А.А. Хлорофилл и фотосинтетическая продуктивность растений. Хлорофилл. Минск: Наука и техника. 1974. С. 49–62.
327. Ничипорович А.А. Фотосинтез и пути повышения продуктивности растений. В кн.: Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. Кишинев, 1976. С. 9–15.
328. Ничипорович А.А. Пути управления фотосинтетической деятельностью растений с целью повышения их продуктивности. В кн.: Физиология сельскохозяйственных растений. М.:Изд-во МГУ. 1967. Т. 1. С. 309–353.
329. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Біологічні й екологічні основи формування продуктивності агроєкосистем: підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса: 2016. 282 с.
330. Бабич А.О., Петриченко В.Ф., Адамець Ф.Ф. Проблеми фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 2. С. 34–39.

331. Brouwer J.B. *Lens culinaris* (Lentil) Cv. Cobber. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 1995. Vol. 35. 115.

332. Bourgault M., Brand J., Tausz-Posch S., Armstrong R. D., Oleary G. L., Fitzgerald G. J. Yield, growth and grain nitrogen response to elevated CO<sub>2</sub> in six lentil (*Lens culinaris*) cultivars grown under free air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE) in a semi-arid environment. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 87. P. 50–58.

333. Bogale D.A., Mekbib F., Fikre A. Genetic improvement of lentil [*Lens culinaris* Medikus] between 1980 and 2010 in Ethiopia. *Malaysian Journal of Medical and Biological Research*. 2017. Vol. 4. P. 129–138.

334. Tullu A., Kusmenoglu I., McPhee K.E., Muehlbauer F.J. Characterization of core collection of lentil germplasm for phenology, morphology, seed and straw yields. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2001. Vol. 48. P. 143–152.

335. Singh M. *Lentils: Potential Resources for Enhancing Genetic Gains* / M. Singh. Academic Press, 2018. 245 p.

336. Whitehead S.J., Summerfield R.J., Muehlbauer F.J., Coyne C.J., Ellis R.H., Wheeler T.R. Crop improvement and the accumulation and partitioning of biomass and nitrogen in lentil. *Crop Science*. 2000. Vol. 40. P. 110–120.

337. Rostova N.S. *Correlations: Structure and Variability*. NF. 2002. 308 с.

338. Silva-Perez V., De Faveri J., Molero G., Deery D.M., Condon A.G., Reynolds M.P. Genetic variation for photosynthetic capacity and efficiency in spring wheat. *Journal of Experimental Botany*. 2020. Vol. 71. P. 2299–2311.

339. Зінченко О.І. Програмування врожайності сільськогосподарських культур: підруч. Умань: Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2015. 310 с.

340. Харченко О.В. Основи програмування врожайів сільськогосподарських культур / За ред. академіка УААН В.О. Ушкаренка. 2-е вид., перероб. і доп. Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. 296 с.

341. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти / [Т.М. Шадчина, Б.І. Гуляєв, Д.А. Кірізій та ін.]. К. : Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.

342. Груша В.М. Інформаційні технології для дослідження індукції флуоресценції хлорофілу. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2014. № 13. С. 109–116.

343. Корнєєв Д.Ю. Інформаційні можливості методу індукції флуоресценції хлорофілу. К. : Альтерпрес, 2002. 187 с.

344. Weis E., Berry J.A. Quantum efficiency of photosystem II in relation to 'energy' – quenching of chlorophyll fluorescence *Biochimica et Biophysica Acta*. 1990. Vol. 894. P. 198–208.

345. Брайон О.В. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу: Методичні вказівки для студентів біологічного факультету/ О.В. Брайон, Д.Ю. Корнєєв, О.О. Снегур, О.І. Китаєв. К.: Видавничо–поліграфічний центр «Київський університет», 2000. 15 с.

346. Sonneveld A., Rademaker H., Duysens L.N.M. Chlorophyll a fluorescence as a monitor of nanosecond reduction of the photooxidized primary donor P<sub>680</sub> of Photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1979. Vol. 548. P. 536–551.

347. Schreiber U., Hormann H., Neubauer C., Klughammer C. Assessment of photosystem-II photochemical quantum yield by chlorophyll fluorescence quenching analysis. *Australian Journal of Plant Physiology*. 1995. Vol. 22. P. 209–220

348. Присяжнюк О.І., Коровко І.І. Розроблення методу експрес-діагностики стану фотосинтетичного апарату рослин цукрових буряків на основі інтенсивності флуоресценції хлорофілу. *Сортівивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 3. С. 72–76.

349. Сонько Р.С., Марченко О.А., Стародуб М.Ф., Коломієць В.М. Вплив технології вирощування на показники індукції флуоресценції хлорофілу за вирощування рослин кукурудзи. *Науковий вісник національного університету. біоресурсів і природокористування України*. 2012. №178. С. 127–132.

350. Портативний флуорометр «Флоротест»: настанова з експлуатації. Інститут Кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2013. 24 с.

351. Ковирьова О.В. Методи обробки вимірів кривих індукції флуоресценції хлорофілу. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2014. № 13. С. 117–124.

352. Romanov V., Galelyuka I., Hrusha V., Sarakhan Ye. Biosensor for Express-Diagnostics of Plant States. Збірник матеріалів міжнародної науково–практичної конференції «Radostim-2009. Гумінові речовини та фітогормони в сільському господарстві», Дніпропетровськ, 16–18 лютого 2010. С. 153–154.

353. Portable fluorometer for fluorescence analysis of agronomic plants under stress conditions/ Posudin Yu., Melnychuk M., Kozhem'yako Ya., Zaloilo I., Godlevska O. Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy, March 2–March 7, 2008. New Orleans, USA.

354. Сарахан Є.В. Особливості практичного застосування портативних біосенсорних приладів сімейства «флоратест». *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2011. № 10. С. 94–103.

355. Kalaji H.M., Schansker G, Brestic M., Bussotti F., Calatayud A., Ferroni L., Shelonzek H.. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. *Photosynthesis Research*. 2016. Vol. 132. Is. 1. P. 13–66.

356. Зуза С.Г. Застосування методу індукції флуоресценції хлорофілу при вивченні впливу некореневого підживлення кукурудзи карбамідом /С.Г. Зуза, Я.А. Погромська, В.О. Зуза. *Вісник Донецького Національного Університету. Сер. А: Природничі науки*. 2010. № 2. С. 238–243.

357. Strasser R. J. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: *Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation & Adaptation*. Ed. Mohanty, Yunus and Parthre. London: «Taylor & Francis», 1998. P. 1–59.

358. Мельничук М.Д. Флуоресцентний аналіз рослин протягом розвитку та в стресових умовах. *Агробіологія*. 2009. Вип. 1 (64). С. 1–8.

359. Strasser R., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. Analysis of the Chlorophyll a Fluorescence Transient. *Chlorophyll fluorescence: a signature of photosynthesis*; ed. by Papageorgiou G.C., Govindjee. The Netherlands, Dordrecht: Springer, 2004. P. 322–362.

360. Govindjee Sixty-three years since Kautsky: chlorophyll a fluorescence, *Australian Journal of Plant Physiology*. 1995. Vol. 22. P. 131–160.

361. Корсун С.Г., Груша В.В., Довбаш Н.Т. Індукція флуоресценції хлорофілу в листках кукурудзи за умов забруднення важкими металами. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 2. С. 36–41.

362. Брайон О.В. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу. К.: Вид-во НАУ ім. Т.Г. Шевченка, 2000. 25 с.

363. Кривошопка В., Китаєв О. Флуоресцентні спектральні дослідження функціонального стану рослин у зв'язку з їхньою стійкістю до посухи та високої температури. *Știința agricolă*. 2019. Вип. 2. С. 31–34.

364. Китаєв О.І., Кривошопка В.А. Діагностика функціонального стану плодових рослин методом індукції флуоресценції хлорофілу. *Садівництво*. 2012. Вип. 66. С. 215–221.

365. Герц А.І., Герц Н.В. Виявлення функціональної неоднорідності фотосинтетичного апарату рослин методом фотореєстрації спектру відбиття світла. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2016. Т. 2, № 66. С. 41–49.



## Розділ 5:

366. Коць С.Я., Моргун В.В., Патика В.Ф. [та ін.]. Біологічна фіксація азоту: моногр.: у 4-х т. Т. 2: Бобово-ризобіальний симбіоз. Київ: Логос. 2011. 523 с.
367. Проворов М.А., Симаров Б.В. Генетичний поліморфізм бобових культур за здатністю до симбіозу з бульбочковими бактеріями. *Генетика*. 1992. Т. 28. №6. С. 5-14.
368. Saxena M.C. Agronomy of lentils. In Lentils. (ed. C.C. Webb & G.C. Hawtin) Commonwealth Agricultural Bureau, Slough. 1981. P. 111–129.
369. Todorov I. On sowing rates for lentil. *Field Crop Abstracts*. 1970. Vol. 24. P. 97–100.
370. Wilson V.B., Teare I.D. Effects of between and within row spacing on components of lentil yields. *Crop Science*, 1972. P. 1–10
371. Hamdi A. Heritability and combining ability of root characters in lentil (*Lens culinaris* Medik). *Egyptian Journal of Agricultural Research*. 1992. Vol. 70. P. 247–255.
372. Gahoonia T.S., Ali O., Sarker A. Genetic variation in root traits and nutrient acquisition of lentil genotypes. *Journal of Plant Nutrition*. 2006. Vol. 29. P. 643–655.
373. Gahoonia T.S., Ali O., Sarker A. Root traits, nutrient uptake, multi-location grain yield and benefit-cost ratio of two lentil (*Lens culinaris* Medik) varieties. *Plant and soil*. 2005. Vol. 272. P. 153–161.
374. Мандровська Н.М., Кручова О.Д., Косенко Л.В. Симбіотичні властивості та біосинтетична діяльність *Rhizobium leguminosarum* Bv. Viciae шт. 250-а під впливом мінерального азоту. Онтогенез рослин, біологічна фіксація азоту та азотний метаболізм. 2011. С. 103–106.
375. El-Sarraq G. Nourai A.H.. A review of research on lentils (*Lens culinaris*) in the Sudan. *Lens Newsletter* 1983. Vol. 10. № 1. P. 1–12.

376. Комок М.С., Волкогон В.В., Косенко Л.В. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої в залежності від виду біопрепарату. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2010. Вип. 11. С. 7–19.

377. Пати́ка В.Ф., Наумов Г.Ф., Подоба Л.В. [та ін.]. Агроєкологічна роль азотфіксуючих мікроорганізмів в алелопатії вищих рослин. Київ: Основа. 2004. 318 с.

378. Присяжнюк О.І., Топчій О.В. Вплив елементів технології на формування бобів та продуктивність сочевиці. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2017. Вип. 3. С. 35–47.

379. Boore D. R., Castenholz R. W. editors. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Vol. 2: Garrity G.M., editor-in-chief. 2nd ed. New York, Berlin, Heidelberg: Springer. 2005. №2. Part C. 1388 p.

380. Топчій О.В. Розробка елементів технології вирощування сочевиці в умовах Лісостепу України: дис. ...канд. с.г. наук : 06.01.09. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків. Київ, 2018. 226 с.

381. Krarup H.A. The effects of sowing dates and rates on lentil yield components. *Lens Newsletter*. 1984. Vol. 11. P. 18–20.

382. Bothe H., Zimmer W., Danneberg G. Die Assoziation zwischen Bakterien der Gattung *Azospirillum* und Grasern. *Biol. Unserer Zeit*. 1988. Vol. 18. №5. P. 145–148.

383. Івасюк Ю.І., Карпенко В.П., Притуляк Р.М. [та ін.] Основи біологізації в технологіях вирощування сої: монографія (рекомендації виробництву); за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.». 2017. 146 с.

384. Коць С.Я. Дослідження біологічної фіксації азоту в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України. *Физиология растений и генетика*. 2016. Т.48, №3. С. 215–231.

385. Господаренко Г. Особливості удобрення зернобобових. *The Ukrainian Farmer*. 2013. №2. С. 66–68.

386. Шевчук М.Й., Дідковська Т.П. Ефективність застосування бактеріальних препаратів. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2007. Вип. 5. С. 129–135.

387. Savage G.P. The composition and nutritive value of lentils (*Lens culinaris*). *Nutritional Abstracts and Review (Series A)*. 1988. Vol. 58. P. 319–343.

#### **Розділ 6:**

388. Zafar M., Abbasi M.K., Khan M.A., Khaliq A., Sultan T., Aslam M. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on growth, nodulation and nutrient accumulation of lentil under controlled conditions. *Pedosphere*. 2012. Vol. 22, № 6. P. 848–859.

389. McKenzie B.A., Hill G.D., White J.G.H., Meijer G., Sikken G., Niuwenhuysen A., Kausar A.G. The effect of sowing date and population on yield of lentils (*Lens culinaris* Medik.). *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*. 1986. Vol. 16. P. 29–33.

390. Jermyn W.A. Goulden D.S., Lancaster J.M., Banfield R.A. Lentil evaluation in New Zealand. *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*. 1981. Vol. 11. P. 77–81.

391. Hajong P., Rahman H.M., Kabir S.M., Paul S. Production and value chain analysis of lentil in some selected areas of Bangladesh. *International Journal of Sustainable Agricultural Research*. 2020. Is. 7. № 4. P. 234–243.

392. Matin M.A., Islam S.M.Q., Huque S. Profitability of lentil cultivation in some selected sites of Bangladesh. Bangladesh. *Journal of Agricultural Research*. 2018. Vol. 43. № 1. P. 135–147.

393. Sheikh M.A.J. Rubatub-1: Improved lentil cultivars in Sudan. *Lens Newslett*. 1994. Vol. 21. №2. P.44–49.

394. Chauhan V.S., Sinha P.K. Correlation and path analysis in lentils. *Lens Newslett*. 1982. №9. P. 19–22.

395. Sarker A., Kumar S. 2011. Lentils in production and food systems in West Asia and Africa. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. *Grain Legumes*. 57. P. 46–48.

396. Tithi S.M., Barmon B.K. Comparative advantages of lentil (*Lens culinaris*) and mustard (*Brassica nigra* L.) production and their profitability in a selected district of Bangladesh. *The Agriculturists*. 2018. Vol. 16. № 1. P. 21–33.

397. Muehlbauer F.J., Cho S., Sarker A., McPhee K.E., Coyne C.J., Rajesh P.N. Application of biotechnology in breeding lentil for resistance to biotic and abiotic stress. *Euphytica*. 2006. Vol. 147. P. 149–165.

398. Barghi S.S., Mostafaii H., Peighami F., Zakaria R.A. Path analysis of yield and its components in lentil under end season heat condition. *International Journal of Agricultural Research and Reviews*. 2012. Vol. 2. P. 969–974.

399. Kumar S., Choudhary A.K., Rana K.S., Sarker A., Singh M. Biofortification potential of global wild annual lentil core collection. *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13. № 1. e0191122.

400. Khazaei Hю, Subedi M., Nickerson M., Martínez-Villaluenga C., Frias J., Vandenberg A. Seed Protein of Lentils: Current Status, Progress, and Food Applications. *Foods*. 2019 Sep 4. Vol. 8. № 9. 391.

401. Bhatta R.S. Composition and quality of lentil (*Lens culinaris*): A review. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*. 1988. Vol. 21. P. 144–160.

402. Sulieman M.A., Amro B.H., Gamaa A.O., Mohamed M.E.T., Elhadi A.I.E.K., Abdullahi H.E.T., Elfadil E.B. Changes in total protein digestibility, fractions content and structure during cooking of lentil cultivars. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2008. Vol. 7. P. 801–805.

403. Атанасова, В. В. Розробка технології кулінарної продукції на основі пюреподібних мас із зерен сочевиці : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Атанасова Віта Вікторівна; Одеська національна академія харчових технологій – Одеса, 2012. 20 с.

404. Boeck T., Zannini E., Sahin A.W., Bez J., Arendt E.K. Nutritional and Rheological Features of Lentil Protein Isolate for Yoghurt-Like Application. *Foods*. 2021. Is. 10. 1692

405. Boye J.I., Aksay A., Roufik S., Ribereau S., Mondor M., Farnworth E., Rajamohamed S.H. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*. 2010. Vol. 43. P. 537–546.

406. Тележенко Л.М., Атанасова В.В. Трактат про сочевицю : монографія. Одеська національна академія харчових технологій. Херсон : Гринь Д. С., 2016. 136 с.

407. Jarpa-Parra M. Lentil protein: A review of functional properties and food application. An overview of lentil protein functionality. *International Journal of Food Science & Technology*. 2018. Vol. 53. P. 892–903.

#### **Розділ 7:**

408. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов М.В. Економічна ефективність використання різних технологічних прийомів вирощування сочевиці в умовах Південного Степу України *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2016. Вип. 88 (1). С. 195–202.

409. Холод С.М. Цінність сочевиці та перспективи її вирощування в Україні. Рослинний світ України: теоретичні і прикладні аспекти вивчення і освоєння у виробництві основних і малопоширених видів (сільськогосподарські і біологічні науки) : матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (с. Крути, 23–24 березня 2016 р.). Ніжин, 2016. С. 196–201.

410. Materne M., Reddy A.A. Commercial cultivation and Profitability. Lentil: An Ancient Crop for Modern Times / S.S. Yadav, D.L. McNeil, P.C. Stevenson (eds). Dordrecht : Springer, 2007. P. 173–186.

411. Сухова Г.І. Формування елементів продуктивності сочевиці залежно від особливостей сорту. *Вісн. ХНАУ. Сер.: Росл-во, селекція і насінництво, плодовоовочівництво*. 2012. № 2. С. 106–111.

412. Erman M., Tepe I., Yazlik A., Levent R., Ipek K. Effect of weed control treatments on weeds, seed yield, yield components and nodulation in winter lentil. *Weed Research*. 2004. Vol. 44. № 4. P. 305–312.

413. Січкач В.І. Аграрний ринок сочевиці. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/25189-ahraryi-rynok-sochevytsi.html> (Дата звернення: 10.03.2023).

414. Максимов М.В., Лавренко С.О. Окупність д.р. мінеральних добрив урожаєм зерна сочевиці залежно від технологічних прийомів вирощування в Південному Степу України. Матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Актуальні проблеми агрохімії та ґрунтознавства», 18-19 лютого 2016 р., м. Дубляни. Львів: ЛНАУ, 2016. С. 287–292.

415. Irmak A., Jones J., Batchelor W., Irmak S., Boote K., Paz J. Artificial neural network model as a data analysis tool in precision farming. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 2006. Vol. 49. № 6. P. 2027–2037.

416. Ушкаренко В.О. Лавренко С.О., Максимов М.В. Вирощування сочевиці на півдні України. Матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Раціональне використання екосистем: боротьба з опустелюванням і посухою». Миколаїв: Миколаївська ДСДС ІЗЗ, 2013. С. 110–112.

417. Lentil production manual. Saskatchewan pulse growers. Saskatoon, 2011. 60 p.

418. Гарькавий А.Д., Гевко Р.Б., Ковальова І.М. Сертифікація технологій і машин та їх оцінка на конкурентоспроможність. *Вибрації в техніці і технологіях*. 2004. № 2. С. 28-32.

419. Різник В.М. Економічна та енергетична оцінка елементів технології вирощування сочевиці їстівної. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. Вип. 26. С. 147–153.

**ДОДАТКИ**

## Довідки про впровадження

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, тел. (0432) 46-00-03,  
email: [office@vsaau.org](mailto:office@vsaau.org), [rector@vsaau.org](mailto:rector@vsaau.org), код ЄДРПОУ 00497236

31 березня 2023 р. № 01.1-60-294  
на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**ДОВІДКА**

про впровадження результатів наукових досліджень дисертаційної роботи Коршевніюка Сергія Петровича на тему: «Формування продуктивності зерна сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень в умовах Лісостепу правобережного»

Повідомляємо, що наукові розробки Коршевніюка Сергія Петровича за вказаною темою дисертаційної роботи мають практичну цінність, що зумовило їх впровадження у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії факультету агрономії та лісівництва.

Положення дисертаційної роботи використовуються при викладанні окремих частин навчальних дисциплін, таких як «Ґрунтознавство з основами геології», «Агрохімія», «Системи застосування добрив».

Довідка видана Коршевніюку С.П. для представлення у спеціалізовану вчену раду за місцем захисту дисертації, на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичною комісією Вінницького національного аграрного університету протокол № 5 від 13 грудня 2022 р.

Ректор

Віктор МАЗУР

Вик.: Ромінгайло Л.Ю.  
№ 00002





**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ  
УЛАДОВО-ЛЮЛИНЕЦЬКА ДОСЛІДНО-СЕЛЕКЦІЙНА СТАНЦІЯ.**

22422 с. Уладівське, Калінінського району Вінницької області, тел./факс (04333) 3-76-17  
тел. 3-75-17, р/р 26008010035521 банк АБ «Півдніс» м. Одеса, МФО 328209, Інд. податковий  
номер 004976302070, номер св. ПДВ 200012776, ЄДРПОУ 00497638, selektsiynaya@gmail.com

Вих. № 28/11-22-1 від 28.11.2022 р.

**Довідка**

про практичне використання в діяльності Уладово - Люлинської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН України результатів дисертаційного дослідження Коршевиюка Сергія Петровича на тему: «Формування продуктивності зерна сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень в умовах Лісостепу правобережного».

Програмою досліджень Уладово - Люлинської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН України передбачено створення нових конкурентоспроможних, високопродуктивних сортів та гібридів зернових, зернобобових, круп'яних культур і трав із науковим обґрунтуванням бурякових сівозмін у нових умовах господарювання та земельних відносин, розробка систем обробітку ґрунту та удобрення з розрахунку на запланований урожай, застосування інтегрованої системи захисту посівів від бур'янів, шкідників та хвороб на основі прогнозування їх появи. У систематизації сільськогосподарських культур, які розглядаються в оптимізації зернобурякових сівозмін зернобобові нішєві культури (сочевиця, нут, маш та ін.) розглядаються як стратегічний для регіону альтернативний блок джерела рослинного білку та накопичувач біологічно фіксованого азоту. Загальна проблематика поширеності та вирощування нішєвих зернобобових культур є низька продуктивність районованих сортів (що потребує відновлення відповідних селекційних регіональних програм) та відсутність комплексних адаптивних технологій їх вирощування, які б враховували сучасні реалії технологічного та агрохімічного забезпечення.

З огляду на це дослідження автора мають беззаперечно стратегічну актуальність для Лісостепової зони України та Вінниччини зокрема.

Підтверджуємо, що впродовж 2021-2022 рр. відділом землеробства та агрохімії Уладово - Люлинської дослідно-селекційної станції запроваджувались технологічні заходи щодо вирощування сочевиці на площі у 5 га, які передбачали кількісну норму висіву на рівні 2,1 млн. схожих насінин/га за передпосівного фоновому удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$  при застосуванні передпосівної обробки насіння мікродобривом Оракул насіння (1,0 л/т) та інокуляції препаратом Андеріс-р (2,0 л/т) із комбінованим внесенням мікродобрив на хелатній основі у варіанті позакоренового підживлення за технологічною схемою Ярило активний старт PRO (2,0 л/га у фазу початку стеблування (ВВСН 13-15)) + Авангард Комплекс Бобові (2,0 л/га у фазу початку бутонізації (ВВСН 53-55)). Приріст урожайності сочевиці за рахунок застосування вказаних елементів технології становив 0,67-0,91 т/га залежно від року досліджень.

Директор  
УЛДСС ІБК І ЦБ НААНУ



Юрій БРАНЦЬКИЙ

## Довідка № 9

**про практичне використання в діяльності Фермерського господарства «Дона Олексія Пилиповича» результатів дисертаційного дослідження Коршевилюка Сергія Петровича на тему: «Формування продуктивності зерна сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень в умовах Лісостепу правобережного»**

Сочевиця відноситься до стратегічних нішевих культур нашої зони і за своєю цінністю та продовольчою привабливістю не поступається, а за деякими якісними показниками і перевищує традиційні у нашій структурі посівних площ горох та сою. Разом із тим, досвід нашого господарства засвідчує досить низький рівень урожайності сочевиці не дивлячись на заявлений потенціал районованих сортів. На нашу думку, причиною цього є недостатнє наукове обґрунтування адаптивних складових технології вирощування в регіоні, що істотно обмежує її регіональну поширеність не дивлячись на високу комерційну привабливість за цінового квотування на ринку зернобобових культур, з огляду на реальну ситуацію, що склалась в Україні внаслідок російської агресії.

У цьому плані багаторічні дослідження автора, які передбачають оптимізацію технологічних прийомів її вирощування у частині поліпшення умов живлення за рахунок застосування інокуляції, обробки насіння мікроелементами із застосуванням позакоренових підживлень мікродобривами є беззаперечно одним із дієвих механізмів отримання сталого врожаю сочевиці у регіоні.

Впровадження рекомендацій автора досліджень в умовах господарства підтвердили можливість ефективного управління процесом формування урожайності зерна сочевиці завдяки істотності зростання показників індивідуальної зернової продуктивності рослин за одночасного зростання якісних показників. Це у підсумку на площі 18 га при застосуванні агротехнологічного варіанту, який передбачав застосування мікродобрива Оракул насіння (1 л/т, передпосівна обробка), інокуляцію Андерізі-р (2,0 л/т), позакоренові підживлення мікродобривами Ярило активний старт PRO (2,0 л/га у фазу початку стеблуння (BBCH 13–15)) + Авангард Комплекс Бобові (2,0 л/га у фазу початку бутонізації (BBCH 53–55)) забезпечило приріст урожаю зерна сочевиці на господарстві на 0,68–0,83 т/га до середнього рівня цього показника за два останні роки на господарстві.

На підставі цього, вважаємо за необхідність рекомендувати результати досліджень автора для широкого впровадження і використання агрогосподарствами зони Лісостепу правобережного.

Голова ФГ «Дона О.П.»

Бухгалтер

11.10.2022 р.



Дон О.П.

Ільченко І.В.



## Довідка №15

**про практичне використання в діяльності СТОВ «Нива» с. Мар'янівка Жмеринського району Вінницької області результатів дисертаційного дослідження Коршевилюка Сергія Петровича на тему: «Формування продуктивності зерна сочевиці залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень в умовах Лісостепу правобережного».**

Зернобобові культури для нашого підприємства є важливими як з позиції забезпечення відповідної системи оптимізації структури посівних площ, забезпечення оптимальності попередників, накопичення біологічно фіксованого азоту, так і з позиції комерціалізації вирощеного врожаю, формування прибутковості галузі рослинництва підприємства. Сочевиця є культурою для нас новою і ми поступово запроваджуємо її вирощування на базі нашого господарства, разом із такими традиційними зернобобовими культурами, як соя та горох. Культура досить непроста в агротехнологічному плані та має ряд вузьких технологічних місць у реалізації потенціалу врожаю її сортів. Саме з цих причин її поширеність на Вінниччині, не дивлячись на загальну позитивну динаміку в Україні, має досить низькі темпи. З врахуванням зміни клімату у сторону потепління та інтенсивного зростання ринку нетрадиційних зернобобових культур у сфері світового виробництва це є тенденцією, яка потребує коректування, особливо враховуючи реальну економічну ситуацію в аграрному виробництві на сьогодні. З огляду на це дослідження автора є актуальними та мають високий рівень виробничої доцільності та конкурентоздатності.

Завдяки застосуванню рекомендацій автора щодо удосконалення технологічних прийомів вирощування сочевиці, у господарстві на площі 20 га в частині оптимізації живлення за комбінованого застосування передпосівної обробки насіння мікродобривом Оракул насіння (1,0 л/т) та інокуляції препаратом Андеріз-р (2,0 л/т) при комбінованому внесенні мікродобрив Ярило активний старт PRO (2,0 л/га у фазу початку стеблування (ВВСН 13–15)) + Авангард Комплекс Бобові (2,0 л/га у фазу початку бутонізації (ВВСН 53–55)) вдалося підвищити рівень урожайності сочевиці щонайменше на 35,3 % (середній приріст 0,78 т/га) до рівня отриманого при застосуванні технології, що передбачала лише проведення інокуляції насіння перед сівом (застосовувався загальний інокулянт рекомендований для зернобобових).

Директор підприємства

Головний бухгалтер

20.10.2021 р.



Гльошко О.В.

Шумейко Т.Г.

## Характеристика метеорологічних умов за 2019–2021 рр.

(за даними Вінницької метеостанції)

| Місяць                                 | Декада           | Середньомісячна температура повітря, °С |             |             |                       | Опади, мм    |              |              |                       |
|----------------------------------------|------------------|-----------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
|                                        |                  | 2019 р.                                 | 2020 р.     | 2021 р.     | Середньо-багаторіч на | 2019 р.      | 2020 р.      | 2021 р.      | Середньо-багаторіч на |
| Квітень                                | I                | 8,4                                     | 8,3         | 5,8         | 7,5                   | 0,8          | 0            | 19           | 6,6                   |
|                                        | II               | 6,6                                     | 7,8         | 8,2         | 7,5                   | 28           | 10           | 8            | 15,3                  |
|                                        | III              | 12,8                                    | 11,4        | 8,3         | 10,8                  | 9            | 22           | 15           | 15,3                  |
|                                        | <b>За місяць</b> | <b>9,3</b>                              | <b>9,2</b>  | <b>7,4</b>  | <b>8,6</b>            | <b>37,8</b>  | <b>32</b>    | <b>42</b>    | <b>37,3</b>           |
| Травень                                | I                | 10,8                                    | 11,7        | 12,6        | 11,7                  | 69           | 45           | 16           | 43,3                  |
|                                        | II               | 17,1                                    | 13,0        | 14,4        | 14,8                  | 58           | 25           | 47,5         | 43,5                  |
|                                        | III              | 18,3                                    | 10,3        | 15,4        | 14,6                  | 17           | 66           | 64,5         | 49,2                  |
|                                        | <b>За місяць</b> | <b>15,4</b>                             | <b>11,7</b> | <b>14,1</b> | <b>13,7</b>           | <b>144</b>   | <b>136</b>   | <b>128</b>   | <b>136</b>            |
| Червень                                | I                | 20,2                                    | 17,3        | 16,5        | 18                    | 48           | 8            | 7,5          | 21,2                  |
|                                        | II               | 23,4                                    | 21,9        | 24,3        | 18,1                  | 9            | 21           | 35           | 21,7                  |
|                                        | III              | 21,3                                    | 21,4        | 23,6        | 22,1                  | 31           | 39           | 19           | 30                    |
|                                        | <b>За місяць</b> | <b>21,6</b>                             | <b>20,2</b> | <b>22,5</b> | <b>21,4</b>           | <b>88</b>    | <b>68</b>    | <b>61,5</b>  | <b>72,5</b>           |
| Липень                                 | I                | 18,8                                    | 20,6        | 22          | 20,5                  | 9            | 17           | 25           | 17                    |
|                                        | II               | 16,6                                    | 19,1        | 24,8        | 20,2                  | 22           | 7            | 6,5          | 11,8                  |
|                                        | III              | 21,6                                    | 21,3        | 22,1        | 21,7                  | 7            | 6            | 70           | 27,7                  |
|                                        | <b>За місяць</b> | <b>19,0</b>                             | <b>20,3</b> | <b>23</b>   | <b>20,8</b>           | <b>38</b>    | <b>30</b>    | <b>101,5</b> | <b>56,5</b>           |
| Серпень                                | I                | 18,6                                    | 20,8        | 21,3        | 20,2                  | 9            | 3            | 17           | 9,7                   |
|                                        | II               | 20,6                                    | 19,9        | 20,4        | 20,3                  | 0,2          | 0            | 19           | 6,4                   |
|                                        | III              | 21,3                                    | 20,5        | 17,8        | 19,9                  | 0            | 25           | 23           | 8,4                   |
|                                        | <b>За місяць</b> | <b>20,2</b>                             | <b>20,4</b> | <b>19,8</b> | <b>20,1</b>           | <b>9,2</b>   | <b>28</b>    | <b>59</b>    | <b>32</b>             |
| Вересень                               | I                | 19,2                                    | 19,4        | 13,7        | 17,4                  | 0,1          | 8            | 0,4          | 2,8                   |
|                                        | II               | 14,4                                    | 16,7        | 15,6        | 15,6                  | 3            | 0,4          | 3,5          | 2,3                   |
|                                        | III              | 12,1                                    | 15,8        | 10,5        | 12,8                  | 25           | 38           | 15           | 26                    |
|                                        | <b>За місяць</b> | <b>15,2</b>                             | <b>17,3</b> | <b>13,3</b> | <b>15,3</b>           | <b>28,1</b>  | <b>46,4</b>  | <b>19</b>    | <b>31,2</b>           |
| Жовтень                                | I                | 9,7                                     | 15,8        | 8           | 11,2                  | 24           | 52           | 0            | 16,3                  |
|                                        | II               | 13,5                                    | 10,8        | 7,8         | 10,7                  | 0            | 21           | 0            | 7                     |
|                                        | III              | 7,9                                     | 10,1        | 7,8         | 8,6                   | 0            | 2            | 0            | 0,6                   |
|                                        | <b>За місяць</b> | <b>10,4</b>                             | <b>12,2</b> | <b>7,8</b>  | <b>10,1</b>           | <b>24</b>    | <b>75</b>    | <b>0</b>     | <b>33</b>             |
| <b>В цілому за вегетаційний період</b> |                  | <b>15,8</b>                             | <b>15,9</b> | <b>15,4</b> | <b>15,7</b>           | <b>369,1</b> | <b>415,4</b> | <b>411</b>   | <b>398,5</b>          |

## Фази росту і розвитку сочевиці

| Шкала<br>Задокса<br>(VBCH)          | Шкала Шнейтера та<br>Міллера     | Детальний опис                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 00-08                               | VE                               | Поява сходів, видно сім'ядольний вузол                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 09                                  | VC                               | На поверхні ґрунту з'являються сім'ядольні листочки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 11                                  | V1                               | 1-й простий лист, розгорнутий у 1-му вузлі                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12                                  | V2                               | 2-й простий лист, розгорнутий у 2-му вузлі. Бульбочки активно фіксують азот. Сім'ядолі відпадають. Швидкий ріст коріння.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 13                                  | V3-Vn                            | V3 • 1-й дволистий лист розгорнутий у 3-му вузлі<br>V4 • 2-й дволистий лист розгорнутий у 4-му вузлі<br>V5 • 1-й багатолистий лист розгорнутий у 5-му вузлі<br>Vn • n-й багатолистий листок розгорнувся в n-му вузлі                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 61                                  | R1<br>Початок цвітіння           | Раннє цвітіння, одна відкрита квітка в будь-якому вузлі                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 65                                  | R2<br>Повне цвітіння             | Повне цвітіння, квітка відкрита на вузлах 10–13 прикореневої гілки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 69                                  | R3<br>Початок утворення бобів    | Початок закладання бобів. Перші боби видно на вузлах 10–13 первинної гілки.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 71                                  | R4<br>Повне утворення бобів      | Плоский біб, боби на вузлах 10–13 на повну довжину і переважно плоскі                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 72                                  | R5<br>Початок формування насіння | Початок формування насіння. Насіння у бобі повністю виповнює порожнину плоду на одному з чотирьох найвищих вузлів головного стебла (на вузлах 10–13)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 79                                  | R6<br>Повне формування насіння   | Насіння повністю сформоване. Насіння зеленого кольору в бобі на одному з чотирьох найвищих вузлів повністю сформоване та виповнює порожнину плоду.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 80                                  | R7<br>Достигання                 | Початок достигання. Початок жовтіння листків у нижній частині рослин. Зміни кольору бобів на кінець стадії 30- 50% стручків пожовкло                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 85                                  | R8<br>Фізіологічна стиглість     | Початок фази вологості 50% або нижче. Повна фаза – вологість 30 %<br>• 80% рослини мають жовтий або коричневий колір<br>• Верхівка рослини все ще може мати злегка зелений колір, але насіння повністю сформоване та не соковите<br>• Насіння в бобах з нижньої третини рослини коричнево-коричнєве, тверде, стручки гримлять при струшуванні<br>• Насіння з середньої третини повнорозмірне та тверде зі 100% зміною кольору (від світло-зеленого до коричнево-коричневого)<br>• Насіння з верхньої третини має 50-75% зміни кольору без недозрілого насіння (блискуче насіння) |
| 90                                  | R9<br>Повна стиглість            | 90% стручків на рослині темно-коричневі<br>Вологість насіння 20-30 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Готовність до прямого комбайнування |                                  | Усі боби на рослині темно-коричневі з вологістю насіння менше 18-20 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



Цвітіння



Формування бобів



Достигання

## Візуальна шкала підфаз R8 Фізіологічна стиглість







Стиглість насіння сочевиці з різних частин рослини за висотою (послідовно зліва-направо та зверху-вниз: верхня, середня та нижня частина рослини)



При вологості насіння сочевиці менше 30% боби у верхній третині рослини змінять колір на 50-75%. Стручки в середній третині рослини повнорозмірні та тверді, мають 100% зміну кольору від світло-зеленого до темно-коричневого. Стручки в нижній третині рослини коричневі, тверді, стукочуть при струшуванні.

## Додаток Д.1

**Тривалість вегетаційного періоду сорту сочевиці Лінза залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, діб (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 1983,50           | 2                      | 991,75           | 523,12                    | 2,70                 | 0,199           | 0,39              |
| B                | 290,08            | 1                      | 290,08           | 114,76                    | 3,09                 | 0,162           | 0,32              |
| C                | 90,75             | 1                      | 90,75            | 71,80                     | 3,94                 | 0,162           | 0,32              |
| D                | 522,92            | 3                      | 174,31           | 413,74                    | 2,70                 | 0,229           | 0,45              |
| AB               | 8,17              | 2                      | 4,09             | 2,15                      | 3,09                 | 0,281           | 0,55              |
| AC               | 1,50              | 2                      | 0,75             | 0,59                      | 3,09                 | 0,281           | 0,55              |
| AD               | 49,83             | 6                      | 8,31             | 19,71                     | 3,09                 | 0,397           | 0,78              |
| BC               | 0,08              | 1                      | 0,08             | 0,01                      | 2,19                 | 0,229           | 0,45              |
| BD               | 9,58              | 3                      | 3,19             | 7,58                      | 3,94                 | 0,325           | 0,64              |
| CD               | 10,25             | 3                      | 3,42             | 2,70                      | 2,70                 | 0,325           | 0,64              |
| ABC              | 4,17              | 2                      | 2,09             | 1,10                      | 2,70                 | 0,397           | 0,78              |
| ABD              | 5,17              | 6                      | 0,86             | 2,04                      | 3,09                 | 0,562           | 1,10              |
| ACD              | 2,50              | 6                      | 0,42             | 0,33                      | 2,19                 | 0,562           | 1,10              |
| BCD              | 0,92              | 3                      | 0,31             | 0,12                      | 2,19                 | 0,459           | 0,90              |
| ABCD             | 3,83              | 6                      | 0,64             | 1,01                      | 2,70                 | 0,795           | 1,56              |
| Залишок          | 178,21            | 141                    | 1,26             |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 17,79             | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 3179,25           | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

## Додаток Д.2

**Тривалість міжфазного періоду сівба-сходи у сорту сочевиці Лінза залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, діб (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 110,48            | 2                      | 55,24            | 132,15                    | 2,70                 | 0,114           | 0,22              |
| B                | 6,38              | 1                      | 6,38             | 15,26                     | 3,09                 | 0,093           | 0,18              |
| C                | 15,76             | 1                      | 15,76            | 37,69                     | 3,94                 | 0,093           | 0,18              |
| D                | 0,43              | 3                      | 0,14             | 0,34                      | 2,70                 | 0,132           | 0,26              |
| AB               | 1,76              | 2                      | 0,88             | 2,11                      | 3,09                 | 0,162           | 0,32              |
| AC               | 0,51              | 2                      | 0,26             | 0,61                      | 3,09                 | 0,162           | 0,32              |
| AD               | 0,86              | 6                      | 0,14             | 0,34                      | 3,09                 | 0,229           | 0,45              |
| BC               | 11,51             | 1                      | 11,51            | 27,53                     | 2,19                 | 0,132           | 0,26              |
| BD               | 0,64              | 3                      | 0,21             | 0,51                      | 3,94                 | 0,187           | 0,37              |
| CD               | 0,43              | 3                      | 0,14             | 0,34                      | 2,70                 | 0,187           | 0,37              |
| ABC              | 0,01              | 2                      | 0,01             | 0,01                      | 2,70                 | 0,229           | 0,45              |
| ABD              | 1,28              | 6                      | 0,21             | 0,51                      | 3,09                 | 0,323           | 0,63              |
| ACD              | 0,86              | 6                      | 0,14             | 0,34                      | 2,19                 | 0,323           | 0,63              |
| BCD              | 0,35              | 3                      | 0,12             | 0,28                      | 2,19                 | 0,264           | 0,52              |
| ABCD             | 0,70              | 6                      | 0,12             | 0,28                      | 2,70                 | 0,457           | 0,90              |
| Залишок          | 58,94             | 141                    | 0,42             |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 2,35              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 213,24            | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |



Додаток Д.3

**Тривалість міжфазного періоду сходи-стеблуння у сорту сочевиці Лінза  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, діб**

**(результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення<br>$F_{0.5}$ | Sd                 | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|
| A                   | 298,67               | 2                            | 149,33              | 495,16                       | 2,70                         | 0,097              | 0,19              |
| B                   | 48,00                | 1                            | 48,00               | 159,16                       | 3,09                         | 0,079              | 0,16              |
| C                   | 24,56                | 1                            | 24,56               | 81,44                        | 3,94                         | 0,079              | 0,16              |
| D                   | 0,00                 | 3                            | 0,00                | 0,00                         | 2,70                         | 0,112              | 0,22              |
| AB                  | 0,00                 | 2                            | 0,00                | 0,00                         | 3,09                         | 0,137              | 0,27              |
| AC                  | 0,00                 | 2                            | 0,00                | 0,00                         | 3,09                         | 0,137              | 0,27              |
| AD                  | 0,00                 | 6                            | 0,00                | 0,00                         | 3,09                         | 0,194              | 0,38              |
| BC                  | 0,00                 | 1                            | 0,00                | 0,00                         | 2,19                         | 0,112              | 0,22              |
| BD                  | 0,00                 | 3                            | 0,00                | 0,00                         | 3,94                         | 0,159              | 0,31              |
| CD                  | 0,00                 | 3                            | 0,00                | 0,00                         | 2,70                         | 0,159              | 0,31              |
| ABC                 | 0,00                 | 2                            | 0,00                | 0,00                         | 2,70                         | 0,194              | 0,38              |
| ABD                 | 0,00                 | 6                            | 0,00                | 0,00                         | 3,09                         | 0,275              | 0,54              |
| ACD                 | 0,00                 | 6                            | 0,00                | 0,00                         | 2,19                         | 0,275              | 0,54              |
| BCD                 | 0,00                 | 3                            | 0,00                | 0,00                         | 2,19                         | 0,224              | 0,44              |
| ABCD                | 0,00                 | 6                            | 0,00                | 0,00                         | 2,70                         | 0,388              | 0,76              |
| Залишок             | 42,52                | 141                          |                     |                              |                              |                    |                   |
| Повторення          | 8,92                 | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                              | В – інокуляція     |                   |
| Загальна            | 422,67               | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                              | D –<br>підживлення |                   |

Додаток Д.4

**Тривалість міжфазного періоду стеблуння-бутонізація у сорту сочевиці Лінза  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, діб (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення<br>$F_{0.5}$ | Sd                 | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|
| A                   | 121,04               | 2                            | 60,52               | 74,64                        | 2,70                         | 0,159              | 0,31              |
| B                   | 14,08                | 1                            | 14,08               | 17,37                        | 3,09                         | 0,130              | 0,25              |
| C                   | 24,56                | 1                            | 24,56               | 30,29                        | 3,94                         | 0,130              | 0,25              |
| D                   | 54,23                | 3                            | 18,08               | 22,29                        | 2,70                         | 0,184              | 0,36              |
| AB                  | 0,17                 | 2                            | 0,08                | 0,10                         | 3,09                         | 0,225              | 0,44              |
| AC                  | 0,17                 | 2                            | 0,08                | 0,10                         | 3,09                         | 0,225              | 0,44              |
| AD                  | 0,75                 | 6                            | 0,13                | 0,15                         | 3,09                         | 0,318              | 0,62              |
| BC                  | 3,00                 | 1                            | 3,00                | 3,70                         | 2,19                         | 0,184              | 0,36              |
| BD                  | 5,21                 | 3                            | 1,74                | 2,14                         | 3,94                         | 0,260              | 0,51              |
| CD                  | 5,21                 | 3                            | 1,74                | 2,14                         | 2,70                         | 0,260              | 0,51              |
| ABC                 | 0,00                 | 2                            | 0,00                | 0,00                         | 2,70                         | 0,318              | 0,62              |
| ABD                 | 0,25                 | 6                            | 0,04                | 0,05                         | 3,09                         | 0,450              | 0,88              |
| ACD                 | 0,25                 | 6                            | 0,04                | 0,05                         | 2,19                         | 0,450              | 0,88              |
| BCD                 | 3,54                 | 3                            | 1,18                | 1,46                         | 2,19                         | 0,368              | 0,72              |
| ABCD                | 0,08                 | 6                            | 0,01                | 0,02                         | 2,70                         | 0,637              | 1,25              |
| Залишок             | 114,33               | 141                          | 0,81                |                              |                              |                    |                   |
| Повторення          | 11,79                | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                              | В – інокуляція     |                   |
| Загальна            | 358,67               | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                              | D –<br>підживлення |                   |

## Додаток Д.5

**Тривалість міжфазного періоду бутонізація-цвітіння у сорту сочевиці Лінза залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, діб (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 116,17            | 2                      | 58,09            | 223,50                    | 2,70                 | 0,090           | 0,18              |
| B                | 40,75             | 1                      | 40,75            | 156,79                    | 3,09                 | 0,074           | 0,14              |
| C                | 16,56             | 1                      | 16,56            | 63,72                     | 3,94                 | 0,074           | 0,14              |
| D                | 52,25             | 3                      | 17,42            | 67,01                     | 2,70                 | 0,104           | 0,20              |
| AB               | 0,00              | 2                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                 | 0,127           | 0,25              |
| AC               | 0,00              | 2                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                 | 0,127           | 0,25              |
| AD               | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                 | 0,180           | 0,35              |
| BC               | 0,75              | 1                      | 0,75             | 2,89                      | 2,19                 | 0,104           | 0,20              |
| BD               | 2,25              | 3                      | 0,75             | 2,89                      | 3,94                 | 0,147           | 0,29              |
| CD               | 2,25              | 3                      | 0,75             | 2,89                      | 2,70                 | 0,147           | 0,29              |
| ABC              | 0,00              | 2                      | 0,00             | 0,00                      | 2,70                 | 0,180           | 0,35              |
| ABD              | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                 | 0,255           | 0,50              |
| ACD              | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 2,19                 | 0,255           | 0,50              |
| BCD              | 2,25              | 3                      | 0,75             | 2,89                      | 2,19                 | 0,208           | 0,41              |
| ABCD             | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 2,70                 | 0,360           | 0,71              |
| Залишок          | 36,65             | 141                    | 0,26             |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 19,38             | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 289,25            | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | Д – підживлення |                   |

## Додаток Д.6

**Тривалість міжфазного періоду цвітіння-утворення бобів у сорту сочевиці Лінза залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, діб (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 133,06            | 2                      | 66,53            | 83,80                     | 2,70                 | 0,158           | 0,31              |
| B                | 87,76             | 1                      | 87,76            | 110,55                    | 3,09                 | 0,129           | 0,25              |
| C                | 19,78             | 1                      | 19,78            | 24,92                     | 3,94                 | 0,129           | 0,25              |
| D                | 107,85            | 3                      | 35,95            | 45,29                     | 2,70                 | 0,182           | 0,36              |
| AB               | 5,16              | 2                      | 2,58             | 3,25                      | 3,09                 | 0,223           | 0,44              |
| AC               | 6,50              | 2                      | 3,25             | 4,09                      | 3,09                 | 0,223           | 0,44              |
| AD               | 1,50              | 6                      | 0,25             | 0,31                      | 3,09                 | 0,315           | 0,62              |
| BC               | 6,75              | 1                      | 6,75             | 8,50                      | 2,19                 | 0,182           | 0,36              |
| BD               | 2,25              | 3                      | 0,75             | 0,94                      | 3,94                 | 0,257           | 0,50              |
| CD               | 4,25              | 3                      | 1,42             | 1,78                      | 2,70                 | 0,257           | 0,50              |
| ABC              | 6,50              | 2                      | 3,25             | 4,09                      | 2,70                 | 0,315           | 0,62              |
| ABD              | 1,50              | 6                      | 0,25             | 0,31                      | 3,09                 | 0,445           | 0,87              |
| ACD              | 1,50              | 6                      | 0,25             | 0,31                      | 2,19                 | 0,445           | 0,87              |
| BCD              | 2,25              | 3                      | 0,75             | 0,94                      | 2,19                 | 0,364           | 0,71              |
| ABCD             | 1,50              | 6                      | 0,25             | 0,31                      | 2,70                 | 0,630           | 1,23              |
| Залишок          | 111,94            | 141                    | 0,79             |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 21,88             | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 521,92            | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | Д – підживлення |                   |

**Тривалість міжфазного періоду утворення бобів-достигання у сорту сочевиці  
Лінза залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, діб (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення<br>$F_{0,5}$ | Sd                 | HP <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|------------------|
| A                   | 191,74               | 2                            | 95,87               | 116,51                       | 2,70                         | 0,160              | 0,31             |
| B                   | 72,69                | 1                            | 72,69               | 88,34                        | 3,09                         | 0,131              | 0,26             |
| C                   | 6,75                 | 1                            | 6,75                | 8,20                         | 3,94                         | 0,131              | 0,26             |
| D                   | 135,25               | 3                            | 45,08               | 54,79                        | 2,70                         | 0,185              | 0,36             |
| AB                  | 10,67                | 2                            | 5,33                | 6,48                         | 3,09                         | 0,227              | 0,44             |
| AC                  | 0,00                 | 2                            | 0,00                | 0,00                         | 3,09                         | 0,227              | 0,44             |
| AD                  | 0,00                 | 6                            | 0,00                | 0,00                         | 3,09                         | 0,321              | 0,63             |
| BC                  | 0,75                 | 1                            | 0,75                | 0,91                         | 2,19                         | 0,185              | 0,36             |
| BD                  | 2,25                 | 3                            | 0,75                | 0,91                         | 3,94                         | 0,262              | 0,51             |
| CD                  | 8,25                 | 3                            | 2,75                | 3,34                         | 2,70                         | 0,262              | 0,51             |
| ABC                 | 0,00                 | 2                            | 0,00                | 0,00                         | 2,70                         | 0,321              | 0,63             |
| ABD                 | 0,00                 | 6                            | 0,00                | 0,00                         | 3,09                         | 0,454              | 0,89             |
| ACD                 | 0,00                 | 6                            | 0,00                | 0,00                         | 2,19                         | 0,454              | 0,89             |
| BCD                 | 2,25                 | 3                            | 0,75                | 0,91                         | 2,19                         | 0,370              | 0,73             |
| ABCD                | 0,00                 | 6                            | 0,00                | 0,00                         | 2,70                         | 0,641              | 1,26             |
| Залишок             | 116,02               | 141                          | 0,82                |                              |                              |                    |                  |
| Повторення          | 15,29                | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                              | В – інокуляція     |                  |
| Загальна            | 561,92               | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                              | Д –<br>підживлення |                  |

**Густота рослин на фазу сходів у сорту сочевиці Лінза залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт./м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення F <sub>ф</sub> | Відношення F <sub>0,5</sub> | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| A                | 3548,09           | 2                      | 1774,05          | 986,16                    | 2,70                        | 0,237           | 0,46             |
| B                | 5,67              | 1                      | 5,67             | 3,15                      | 3,09                        | 0,194           | 0,38             |
| C                | 459,42            | 1                      | 459,42           | 255,38                    | 3,94                        | 0,194           | 0,38             |
| D                | 8,77              | 3                      | 2,92             | 1,62                      | 2,70                        | 0,274           | 0,54             |
| AB               | 0,09              | 2                      | 0,05             | 0,03                      | 3,09                        | 0,335           | 0,66             |
| AC               | 0,09              | 2                      | 0,05             | 0,03                      | 3,09                        | 0,335           | 0,66             |
| AD               | 0,28              | 6                      | 0,05             | 0,03                      | 3,09                        | 0,474           | 0,93             |
| BC               | 34,17             | 1                      | 34,17            | 19,00                     | 2,19                        | 0,274           | 0,54             |
| BD               | 8,02              | 3                      | 2,67             | 1,49                      | 3,94                        | 0,387           | 0,76             |
| CD               | 16,27             | 3                      | 5,42             | 3,01                      | 2,70                        | 0,387           | 0,76             |
| ABC              | 0,09              | 2                      | 0,05             | 0,03                      | 2,70                        | 0,474           | 0,93             |
| ABD              | 0,28              | 6                      | 0,05             | 0,03                      | 3,09                        | 0,671           | 1,31             |
| ACD              | 0,28              | 6                      | 0,05             | 0,03                      | 2,19                        | 0,671           | 1,31             |
| BCD              | 27,52             | 3                      | 9,17             | 5,10                      | 2,19                        | 0,548           | 1,07             |
| ABCD             | 0,28              | 6                      | 0,05             | 0,03                      | 2,70                        | 0,948           | 1,86             |
| Залишок          | 253,65            | 141                    | 1,80             |                           |                             |                 |                  |
| Повторення       | 1,10              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                             | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 4364,08           | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                             | D – підживлення |                  |

**Густота рослин перед збиранням у сорту сочевиці Лінза залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт./м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення F <sub>ф</sub> | Відношення F <sub>0,5</sub> | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| A                | 1194,67           | 2                      | 597,33           | 256,23                    | 2,70                        | 0,270           | 0,53             |
| B                | 1950,75           | 1                      | 1950,75          | 836,78                    | 3,09                        | 0,220           | 0,43             |
| C                | 216,75            | 1                      | 216,75           | 92,98                     | 3,94                        | 0,220           | 0,43             |
| D                | 1028,25           | 3                      | 342,75           | 147,02                    | 2,70                        | 0,312           | 0,61             |
| AB               | 0,00              | 2                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                        | 0,382           | 0,75             |
| AC               | 0,00              | 2                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                        | 0,382           | 0,75             |
| AD               | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                        | 0,540           | 1,06             |
| BC               | 0,75              | 1                      | 0,75             | 0,32                      | 2,19                        | 0,312           | 0,61             |
| BD               | 62,25             | 3                      | 20,75            | 8,90                      | 3,94                        | 0,441           | 0,86             |
| CD               | 8,25              | 3                      | 2,75             | 1,18                      | 2,70                        | 0,441           | 0,86             |
| ABC              | 0,00              | 2                      | 0,00             | 0,00                      | 2,70                        | 0,540           | 1,06             |
| ABD              | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                        | 0,763           | 1,50             |
| ACD              | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 2,19                        | 0,763           | 1,50             |
| BCD              | 8,25              | 3                      | 2,75             | 1,18                      | 2,19                        | 0,623           | 1,22             |
| ABCD             | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 2,70                        | 1,080           | 2,12             |
| Залишок          | 328,71            | 141                    | 2,33             |                           |                             |                 |                  |
| Повторення       | 7,29              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                             | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 4805,92           | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                             | D – підживлення |                  |

Додаток Ж.1

**Висота рослин сорту сочевиці Лінза на фазу сходів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, см (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0,5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 53,04             | 2                      | 27,52            | 328,66                    | 2,70                 | 0,051           | 0,10             |
| B                | 30,40             | 1                      | 39,97            | 477,32                    | 3,09                 | 0,042           | 0,08             |
| C                | 10,29             | 1                      | 3,31             | 39,50                     | 3,94                 | 0,042           | 0,08             |
| D                | 0,26              | 3                      | 0,09             | 1,04                      | 2,70                 | 0,059           | 0,12             |
| AB               | 0,00              | 2                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                 | 0,072           | 0,14             |
| AC               | 0,00              | 2                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                 | 0,072           | 0,14             |
| AD               | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                 | 0,102           | 0,20             |
| BC               | 0,07              | 1                      | 0,07             | 0,81                      | 2,19                 | 0,059           | 0,12             |
| BD               | 0,08              | 3                      | 0,03             | 0,33                      | 3,94                 | 0,084           | 0,16             |
| CD               | 0,74              | 3                      | 0,25             | 2,96                      | 2,70                 | 0,084           | 0,16             |
| ABC              | 0,00              | 2                      | 0,00             | 0,00                      | 2,70                 | 0,102           | 0,20             |
| ABD              | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 3,09                 | 0,145           | 0,28             |
| ACD              | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 2,19                 | 0,145           | 0,28             |
| BCD              | 0,38              | 3                      | 0,13             | 1,52                      | 2,19                 | 0,118           | 0,23             |
| ABCD             | 0,00              | 6                      | 0,00             | 0,00                      | 2,70                 | 0,205           | 0,40             |
| Залишок          | 16,39             | 141                    | 0,08             |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 0,09              | 3                      |                  | A – річні умови вегетації |                      | B – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 111,75            | 191                    |                  | C – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

Додаток Ж.2

**Висота рослин сорту сочевиці Лінза на фазу стеблуння залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, см (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0,5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 178,71            | 2                      | 89,35            | 447,34                    | 2,70                 | 0,079           | 0,15             |
| B                | 190,13            | 1                      | 190,13           | 951,85                    | 3,09                 | 0,065           | 0,13             |
| C                | 51,88             | 1                      | 51,88            | 259,70                    | 3,94                 | 0,065           | 0,13             |
| D                | 48,59             | 3                      | 16,20            | 81,09                     | 2,70                 | 0,091           | 0,18             |
| AB               | 0,19              | 2                      | 0,10             | 0,48                      | 3,09                 | 0,112           | 0,22             |
| AC               | 0,14              | 2                      | 0,07             | 0,36                      | 3,09                 | 0,112           | 0,22             |
| AD               | 1,03              | 6                      | 0,17             | 0,86                      | 3,09                 | 0,158           | 0,31             |
| BC               | 2,71              | 1                      | 2,71             | 13,55                     | 2,19                 | 0,091           | 0,18             |
| BD               | 3,39              | 3                      | 1,13             | 5,66                      | 3,94                 | 0,129           | 0,25             |
| CD               | 1,19              | 3                      | 0,40             | 1,98                      | 2,70                 | 0,129           | 0,25             |
| ABC              | 0,01              | 2                      | 0,01             | 0,03                      | 2,70                 | 0,158           | 0,31             |
| ABD              | 2,36              | 6                      | 0,39             | 1,97                      | 3,09                 | 0,223           | 0,44             |
| ACD              | 1,43              | 6                      | 0,24             | 1,19                      | 2,19                 | 0,223           | 0,44             |
| BCD              | 0,30              | 3                      | 0,10             | 0,51                      | 2,19                 | 0,182           | 0,36             |
| ABCD             | 1,64              | 6                      | 0,27             | 1,37                      | 2,70                 | 0,316           | 0,62             |
| Залишок          | 28,16             | 141                    | 0,20             |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 0,75              | 3                      |                  | A – річні умови вегетації |                      | B – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 512,62            | 191                    |                  | C – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

**Висота рослин сорту сочевиці Лінза на фазу бутонізації залежно від  
комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, см  
(результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення<br>$F_{0.5}$ | Sd                 | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|
| A                   | 423,57               | 2                            | 211,78              | 372,58                       | 2,70                         | 0,27               | 0,26              |
| B                   | 396,58               | 1                            | 396,58              | 697,67                       | 3,09                         | 0,22               | 0,21              |
| C                   | 113,45               | 1                            | 113,45              | 199,59                       | 3,94                         | 0,22               | 0,21              |
| D                   | 211,22               | 3                            | 70,41               | 123,86                       | 2,70                         | 0,31               | 0,30              |
| AB                  | 5,43                 | 2                            | 2,72                | 4,78                         | 3,09                         | 0,38               | 0,37              |
| AC                  | 0,90                 | 2                            | 0,45                | 0,79                         | 3,09                         | 0,38               | 0,37              |
| AD                  | 3,06                 | 6                            | 0,51                | 0,90                         | 3,09                         | 0,53               | 0,52              |
| BC                  | 16,27                | 1                            | 16,27               | 28,62                        | 2,19                         | 0,31               | 0,30              |
| BD                  | 6,34                 | 3                            | 2,11                | 3,72                         | 3,94                         | 0,43               | 0,43              |
| CD                  | 1,30                 | 3                            | 0,43                | 0,76                         | 2,70                         | 0,43               | 0,43              |
| ABC                 | 3,93                 | 2                            | 1,96                | 3,45                         | 2,70                         | 0,53               | 0,52              |
| ABD                 | 1,92                 | 6                            | 0,32                | 0,56                         | 3,09                         | 0,75               | 0,74              |
| ACD                 | 1,46                 | 6                            | 0,24                | 0,43                         | 2,19                         | 0,75               | 0,74              |
| BCD                 | 2,70                 | 3                            | 0,90                | 1,58                         | 2,19                         | 0,61               | 0,60              |
| ABCD                | 1,02                 | 6                            | 0,17                | 0,30                         | 2,70                         | 1,06               | 1,04              |
| Залишок             | 80,15                | 141                          | 0,57                |                              |                              |                    |                   |
| Повторення          | 2,29                 | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                              | В – інокуляція     |                   |
| Загальна            | 1271,59              | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                              | D –<br>підживлення |                   |

**Висота рослин сорту сочевиці Лінза на фазу цвітіння залежно від  
комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, см  
(результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення<br>$F_{0.5}$ | Sd                 | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|
| A                   | 970,66               | 2                            | 485,33              | 343,90                       | 2,70                         | 0,210              | 0,41              |
| B                   | 857,30               | 1                            | 857,30              | 607,48                       | 3,09                         | 0,171              | 0,34              |
| C                   | 246,01               | 1                            | 246,01              | 174,32                       | 3,94                         | 0,171              | 0,34              |
| D                   | 1257,07              | 3                            | 419,02              | 296,92                       | 2,70                         | 0,242              | 0,48              |
| AB                  | 18,23                | 2                            | 9,12                | 6,46                         | 3,09                         | 0,297              | 0,58              |
| AC                  | 35,85                | 2                            | 17,93               | 12,70                        | 3,09                         | 0,297              | 0,58              |
| AD                  | 270,14               | 6                            | 45,02               | 31,90                        | 3,09                         | 0,420              | 0,82              |
| BC                  | 190,40               | 1                            | 190,40              | 134,92                       | 2,19                         | 0,242              | 0,48              |
| BD                  | 19,36                | 3                            | 6,45                | 4,57                         | 3,94                         | 0,343              | 0,67              |
| CD                  | 0,13                 | 3                            | 0,04                | 0,03                         | 2,70                         | 0,343              | 0,67              |
| ABC                 | 0,33                 | 2                            | 0,16                | 0,12                         | 2,70                         | 0,420              | 0,82              |
| ABD                 | 41,99                | 6                            | 7,00                | 4,96                         | 3,09                         | 0,594              | 1,16              |
| ACD                 | 28,19                | 6                            | 4,70                | 3,33                         | 2,19                         | 0,594              | 1,16              |
| BCD                 | 62,83                | 3                            | 20,94               | 14,84                        | 2,19                         | 0,485              | 0,95              |
| ABCD                | 29,63                | 6                            | 4,94                | 3,50                         | 2,70                         | 0,840              | 1,65              |
| Залишок             | 198,98               | 141                          | 1,41                |                              |                              |                    |                   |
| Повторення          | 15,94                | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                              | В – інокуляція     |                   |
| Загальна            | 4243,05              | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                              | D –<br>підживлення |                   |

**Висота рослин сорту сочевиці Лінза на фазу формування бобів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, см (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 818,16            | 2                      | 409,08           | 1155,11                   | 2,70                 | 0,105           | 0,21              |
| B                | 1633,94           | 1                      | 1633,94          | 4613,69                   | 3,09                 | 0,086           | 0,17              |
| C                | 565,38            | 1                      | 565,38           | 1596,43                   | 3,94                 | 0,086           | 0,17              |
| D                | 2659,02           | 3                      | 886,34           | 2502,73                   | 2,70                 | 0,121           | 0,24              |
| AB               | 4,00              | 2                      | 2,00             | 5,65                      | 3,09                 | 0,149           | 0,29              |
| AC               | 0,64              | 2                      | 0,32             | 0,91                      | 3,09                 | 0,149           | 0,29              |
| AD               | 2,70              | 6                      | 0,45             | 1,27                      | 3,09                 | 0,210           | 0,41              |
| BC               | 246,70            | 1                      | 246,70           | 696,59                    | 2,19                 | 0,121           | 0,24              |
| BD               | 3,32              | 3                      | 1,11             | 3,12                      | 3,94                 | 0,172           | 0,34              |
| CD               | 12,18             | 3                      | 4,06             | 11,46                     | 2,70                 | 0,172           | 0,34              |
| ABC              | 0,50              | 2                      | 0,25             | 0,70                      | 2,70                 | 0,210           | 0,41              |
| ABD              | 0,50              | 6                      | 0,08             | 0,23                      | 3,09                 | 0,298           | 0,58              |
| ACD              | 0,67              | 6                      | 0,11             | 0,31                      | 2,19                 | 0,298           | 0,58              |
| BCD              | 14,69             | 3                      | 4,90             | 13,83                     | 2,19                 | 0,243           | 0,48              |
| ABCD             | 0,46              | 6                      | 0,08             | 0,22                      | 2,70                 | 0,421           | 0,82              |
| Залишок          | 49,94             | 141                    | 0,35             |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 5,43              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 6018,21           | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

**Висота рослин сорту сочевиці Лінза на фазу досягання залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, см (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 646,43            | 2                      | 323,21           | 129,79                    | 2,70                 | 0,279           | 0,55              |
| B                | 879,52            | 1                      | 879,52           | 353,19                    | 3,09                 | 0,228           | 0,45              |
| C                | 271,70            | 1                      | 271,70           | 109,11                    | 3,94                 | 0,228           | 0,45              |
| D                | 4578,52           | 3                      | 1526,17          | 612,86                    | 2,70                 | 0,322           | 0,63              |
| AB               | 4,17              | 2                      | 2,09             | 0,84                      | 3,09                 | 0,395           | 0,77              |
| AC               | 0,50              | 2                      | 0,25             | 0,10                      | 3,09                 | 0,395           | 0,77              |
| AD               | 1,84              | 6                      | 0,31             | 0,12                      | 3,09                 | 0,558           | 1,09              |
| BC               | 2,71              | 1                      | 2,71             | 1,09                      | 2,19                 | 0,322           | 0,63              |
| BD               | 7,32              | 3                      | 2,44             | 0,98                      | 3,94                 | 0,456           | 0,89              |
| CD               | 25,20             | 3                      | 8,40             | 3,37                      | 2,70                 | 0,456           | 0,89              |
| ABC              | 3,85              | 2                      | 1,92             | 0,77                      | 2,70                 | 0,558           | 1,09              |
| ABD              | 9,86              | 6                      | 1,64             | 0,66                      | 3,09                 | 0,789           | 1,55              |
| ACD              | 14,49             | 6                      | 2,42             | 0,97                      | 2,19                 | 0,789           | 1,55              |
| BCD              | 25,31             | 3                      | 8,44             | 3,39                      | 2,19                 | 0,644           | 1,26              |
| ABCD             | 16,35             | 6                      | 2,72             | 1,09                      | 2,70                 | 1,116           | 2,19              |
| Залишок          | 351,12            | 141                    | 2,49             |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 2,81              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 6841,68           | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

**Кількість стебел на рослині у сорту сочевиці Лінза на фазу досягання  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення<br>$F_{0.5}$ | Sd                 | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|
| A                   | 0,07                 | 2                            | 0,034               | 7,87                         | 2,70                         | 0,012              | 0,023             |
| B                   | 0,24                 | 1                            | 0,235               | 54,25                        | 3,09                         | 0,010              | 0,019             |
| C                   | 0,04                 | 1                            | 0,043               | 9,97                         | 3,94                         | 0,010              | 0,019             |
| D                   | 0,41                 | 3                            | 0,135               | 31,19                        | 2,70                         | 0,013              | 0,026             |
| AB                  | 0,00                 | 2                            | 0,000               | 0,00                         | 3,09                         | 0,016              | 0,032             |
| AC                  | 0,00                 | 2                            | 0,000               | 0,00                         | 3,09                         | 0,016              | 0,032             |
| AD                  | 0,00                 | 6                            | 0,000               | 0,00                         | 3,09                         | 0,023              | 0,046             |
| BC                  | 0,00                 | 1                            | 0,000               | 0,00                         | 2,19                         | 0,013              | 0,026             |
| BD                  | 0,01                 | 3                            | 0,002               | 0,55                         | 3,94                         | 0,019              | 0,037             |
| CD                  | 0,00                 | 3                            | 0,001               | 0,18                         | 2,70                         | 0,019              | 0,037             |
| ABC                 | 0,00                 | 2                            | 0,000               | 0,00                         | 2,70                         | 0,023              | 0,046             |
| ABD                 | 0,00                 | 6                            | 0,000               | 0,00                         | 3,09                         | 0,033              | 0,065             |
| ACD                 | 0,00                 | 6                            | 0,000               | 0,00                         | 2,19                         | 0,033              | 0,065             |
| BCD                 | 0,01                 | 3                            | 0,002               | 0,55                         | 2,19                         | 0,027              | 0,053             |
| ABCD                | 0,00                 | 6                            | 0,000               | 0,00                         | 2,70                         | 0,047              | 0,091             |
| Залишок             | 0,61                 | 141                          | 0,004               |                              |                              |                    |                   |
| Повторення          | 1,67                 | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                              | В – інокуляція     |                   |
| Загальна            | 3,05                 | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                              | D –<br>підживлення |                   |

**Висота прикріплення нижнього бобу у сорту сочевиці Лінза на фазу  
досягання залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, см (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення<br>$F_{0.5}$ | Sd                 | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|
| A                   | 169,22               | 2                            | 84,61               | 87,65                        | 2,70                         | 0,174              | 0,34              |
| B                   | 210,99               | 1                            | 210,99              | 218,57                       | 3,09                         | 0,142              | 0,28              |
| C                   | 81,22                | 1                            | 81,22               | 84,14                        | 3,94                         | 0,142              | 0,28              |
| D                   | 537,78               | 3                            | 179,26              | 185,70                       | 2,70                         | 0,201              | 0,39              |
| AB                  | 0,02                 | 2                            | 0,01                | 0,01                         | 3,09                         | 0,246              | 0,48              |
| AC                  | 0,14                 | 2                            | 0,07                | 0,07                         | 3,09                         | 0,246              | 0,48              |
| AD                  | 0,35                 | 6                            | 0,06                | 0,06                         | 3,09                         | 0,347              | 0,68              |
| BC                  | 14,04                | 1                            | 14,04               | 14,55                        | 2,19                         | 0,201              | 0,39              |
| BD                  | 1,97                 | 3                            | 0,66                | 0,68                         | 3,94                         | 0,284              | 0,56              |
| CD                  | 4,27                 | 3                            | 1,42                | 1,47                         | 2,70                         | 0,284              | 0,56              |
| ABC                 | 0,04                 | 2                            | 0,02                | 0,02                         | 2,70                         | 0,347              | 0,68              |
| ABD                 | 0,41                 | 6                            | 0,07                | 0,07                         | 3,09                         | 0,491              | 0,96              |
| ACD                 | 0,30                 | 6                            | 0,05                | 0,05                         | 2,19                         | 0,491              | 0,96              |
| BCD                 | 3,82                 | 3                            | 1,27                | 1,32                         | 2,19                         | 0,401              | 0,79              |
| ABCD                | 1,37                 | 6                            | 0,23                | 0,24                         | 2,70                         | 0,695              | 1,36              |
| Залишок             | 136,11               | 141                          | 0,97                |                              |                              |                    |                   |
| Повторення          | 16,68                | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                              | В – інокуляція     |                   |
| Загальна            | 1178,74              | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                              | D –<br>підживлення |                   |



## Додаток К.1

**Динаміка формування вегетативної маси рослин сочевиці на фазу сходів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г/м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення F <sub>ф</sub> | Відношення F <sub>0,5</sub> | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 1927,51           | 2                      | 963,76           | 983,50                    | 2,70                        | 0,175           | 0,34              |
| B                | 151,07            | 1                      | 151,07           | 154,16                    | 3,09                        | 0,143           | 0,28              |
| C                | 300,46            | 1                      | 300,46           | 306,61                    | 3,94                        | 0,143           | 0,28              |
| D                | 30,26             | 3                      | 10,09            | 10,29                     | 2,70                        | 0,202           | 0,40              |
| AB               | 6,36              | 2                      | 3,18             | 3,24                      | 3,09                        | 0,247           | 0,49              |
| AC               | 16,97             | 2                      | 8,49             | 8,66                      | 3,09                        | 0,247           | 0,49              |
| AD               | 30,71             | 6                      | 5,12             | 5,22                      | 3,09                        | 0,350           | 0,69              |
| BC               | 3,83              | 1                      | 3,83             | 3,91                      | 2,19                        | 0,202           | 0,40              |
| BD               | 4,21              | 3                      | 1,40             | 1,43                      | 3,94                        | 0,286           | 0,56              |
| CD               | 1,80              | 3                      | 0,60             | 0,61                      | 2,70                        | 0,286           | 0,56              |
| ABC              | 9,76              | 2                      | 4,88             | 4,98                      | 2,70                        | 0,350           | 0,69              |
| ABD              | 11,23             | 6                      | 1,87             | 1,91                      | 3,09                        | 0,495           | 0,97              |
| ACD              | 16,13             | 6                      | 2,69             | 2,74                      | 2,19                        | 0,495           | 0,97              |
| BCD              | 12,34             | 3                      | 4,11             | 4,20                      | 2,19                        | 0,404           | 0,79              |
| ABCD             | 24,59             | 6                      | 4,10             | 4,18                      | 2,70                        | 0,700           | 1,37              |
| Залишок          | 138,17            | 141                    | 0,98             |                           |                             |                 |                   |
| Повторення       | 14,12             | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                             | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 2699,52           | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                             | D – підживлення |                   |

## Додаток К.2

**Динаміка формування вегетативної маси рослин сочевиці на фазу бутонізації залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г/м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення F <sub>ф</sub> | Відношення F <sub>0,5</sub> | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 400529,16         | 2                      | 200264,58        | 1189,92                   | 2,70                        | 2,293           | 4,49              |
| B                | 286713,50         | 1                      | 286713,50        | 1703,57                   | 3,09                        | 1,873           | 3,67              |
| C                | 96263,35          | 1                      | 96263,35         | 571,97                    | 3,94                        | 1,873           | 3,67              |
| D                | 603092,13         | 3                      | 201030,71        | 1194,47                   | 2,70                        | 2,648           | 5,19              |
| AB               | 1407,72           | 2                      | 703,86           | 4,18                      | 3,09                        | 3,243           | 6,36              |
| AC               | 423,37            | 2                      | 211,68           | 1,26                      | 3,09                        | 3,243           | 6,36              |
| AD               | 4912,50           | 6                      | 818,75           | 4,86                      | 3,09                        | 4,587           | 8,99              |
| BC               | 171,01            | 1                      | 171,01           | 1,02                      | 2,19                        | 2,648           | 5,19              |
| BD               | 24986,84          | 3                      | 8328,95          | 49,49                     | 3,94                        | 3,745           | 7,34              |
| CD               | 13852,58          | 3                      | 4617,53          | 27,44                     | 2,70                        | 3,745           | 7,34              |
| ABC              | 2541,60           | 2                      | 1270,80          | 7,55                      | 2,70                        | 4,587           | 8,99              |
| ABD              | 12691,87          | 6                      | 2115,31          | 12,57                     | 3,09                        | 6,487           | 12,71             |
| ACD              | 5832,61           | 6                      | 972,10           | 5,78                      | 2,19                        | 6,487           | 12,71             |
| BCD              | 29448,13          | 3                      | 9816,04          | 58,32                     | 2,19                        | 5,296           | 10,38             |
| ABCD             | 313,83            | 6                      | 52,30            | 0,31                      | 2,70                        | 9,173           | 17,98             |
| Залишок          | 23730,51          | 141                    | 168,30           |                           |                             |                 |                   |
| Повторення       | 2459,92           | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                             | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 1509370,62        | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                             | D – підживлення |                   |

**Динаміка формування вегетативної маси рослин сочевиці на фазу цвітіння  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, г/м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення F <sub>ф</sub> | Відно-<br>шення F <sub>0.5</sub> | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|
| A                   | 458046,44            | 2                            | 229023,22           | 373,26                         | 2,70                             | 4,379           | 8,58              |
| B                   | 434123,42            | 1                            | 434123,42           | 707,53                         | 3,09                             | 3,575           | 7,01              |
| C                   | 87449,61             | 1                            | 87449,61            | 142,52                         | 3,94                             | 3,575           | 7,01              |
| D                   | 927397,47            | 3                            | 309132,49           | 503,82                         | 2,70                             | 5,056           | 9,91              |
| AB                  | 33810,38             | 2                            | 16905,19            | 27,55                          | 3,09                             | 6,193           | 12,14             |
| AC                  | 17999,20             | 2                            | 8999,60             | 14,67                          | 3,09                             | 6,193           | 12,14             |
| AD                  | 29798,63             | 6                            | 4966,44             | 8,09                           | 3,09                             | 8,758           | 17,17             |
| BC                  | 5285,70              | 1                            | 5285,70             | 8,61                           | 2,19                             | 5,056           | 9,91              |
| BD                  | 23290,83             | 3                            | 7763,61             | 12,65                          | 3,94                             | 7,151           | 14,02             |
| CD                  | 10229,88             | 3                            | 3409,96             | 5,56                           | 2,70                             | 7,151           | 14,02             |
| ABC                 | 9710,67              | 2                            | 4855,33             | 7,91                           | 2,70                             | 8,758           | 17,17             |
| ABD                 | 20631,66             | 6                            | 3438,61             | 5,60                           | 3,09                             | 12,385          | 24,28             |
| ACD                 | 12839,92             | 6                            | 2139,99             | 3,49                           | 2,19                             | 12,385          | 24,28             |
| BCD                 | 22112,27             | 3                            | 7370,76             | 12,01                          | 2,19                             | 10,113          | 19,82             |
| ABCD                | 19834,99             | 6                            | 3305,83             | 5,39                           | 2,70                             | 17,515          | 34,33             |
| Залишок             | 86514,77             | 141                          | 613,58              |                                |                                  |                 |                   |
| Повторення          | 10148,96             | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації   |                                  | В – інокуляція  |                   |
| Загальна            | 2209224,79           | 191                          |                     | С – обробка насіння            |                                  | D – підживлення |                   |

**Динаміка формування вегетативної маси рослин сочевиці на фазу  
формування бобів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та  
застосування мікроелементів, г/м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного  
польового дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення F <sub>ф</sub> | Відно-<br>шення F <sub>0.5</sub> | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|
| A                   | 352270,71            | 2                            | 176135,35           | 159,61                         | 2,70                             | 5,872           | 11,51             |
| B                   | 398112,76            | 1                            | 398112,76           | 360,76                         | 3,09                             | 4,795           | 9,40              |
| C                   | 77422,13             | 1                            | 77422,13            | 70,16                          | 3,94                             | 4,795           | 9,40              |
| D                   | 1033585,49           | 3                            | 344528,50           | 312,20                         | 2,70                             | 6,781           | 13,29             |
| AB                  | 31130,70             | 2                            | 15565,35            | 14,10                          | 3,09                             | 8,305           | 16,28             |
| AC                  | 43230,01             | 2                            | 21615,00            | 19,59                          | 3,09                             | 8,305           | 16,28             |
| AD                  | 7145,75              | 6                            | 1190,96             | 1,08                           | 3,09                             | 11,745          | 23,02             |
| BC                  | 38101,79             | 1                            | 38101,79            | 34,53                          | 2,19                             | 6,781           | 13,29             |
| BD                  | 13851,80             | 3                            | 4617,27             | 4,18                           | 3,94                             | 9,590           | 18,80             |
| CD                  | 1577,80              | 3                            | 525,93              | 0,48                           | 2,70                             | 9,590           | 18,80             |
| ABC                 | 5240,27              | 2                            | 2620,14             | 2,37                           | 2,70                             | 11,745          | 23,02             |
| ABD                 | 14377,03             | 6                            | 2396,17             | 2,17                           | 3,09                             | 16,610          | 32,56             |
| ACD                 | 2513,98              | 6                            | 419,00              | 0,38                           | 2,19                             | 16,610          | 32,56             |
| BCD                 | 6300,54              | 3                            | 2100,18             | 1,90                           | 2,19                             | 13,562          | 26,58             |
| ABCD                | 12547,88             | 6                            | 2091,31             | 1,90                           | 2,70                             | 23,490          | 46,04             |
| Залишок             | 155599,33            | 141                          | 1103,54             |                                |                                  |                 |                   |
| Повторення          | 29881,94             | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації   |                                  | В – інокуляція  |                   |
| Загальна            | 2222889,92           | 191                          |                     | С – обробка насіння            |                                  | D – підживлення |                   |

Додаток К.5

**Динаміка формування вегетативної маси рослин сочевиці на фазу досягання  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, г/м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення F <sub>ф</sub> | Відно-<br>шення F <sub>0,5</sub> | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------|
| A                   | 189638,08            | 2                            | 94819,04            | 85,39                          | 2,70                             | 5,891           | 11,55            |
| B                   | 138374,16            | 1                            | 138374,16           | 124,61                         | 3,09                             | 4,810           | 9,43             |
| C                   | 21828,27             | 1                            | 21828,27            | 19,66                          | 3,94                             | 4,810           | 9,43             |
| D                   | 297562,67            | 3                            | 99187,56            | 89,32                          | 2,70                             | 6,802           | 13,33            |
| AB                  | 360,15               | 2                            | 180,08              | 0,16                           | 3,09                             | 8,331           | 16,33            |
| AC                  | 4802,19              | 2                            | 2401,10             | 2,16                           | 3,09                             | 8,331           | 16,33            |
| AD                  | 8288,47              | 6                            | 1381,41             | 1,24                           | 3,09                             | 11,781          | 23,09            |
| BC                  | 12896,96             | 1                            | 12896,96            | 11,61                          | 2,19                             | 6,802           | 13,33            |
| BD                  | 83985,83             | 3                            | 27995,28            | 25,21                          | 3,94                             | 9,620           | 18,85            |
| CD                  | 1783,83              | 3                            | 594,61              | 0,54                           | 2,70                             | 9,620           | 18,85            |
| ABC                 | 2744,65              | 2                            | 1372,33             | 1,24                           | 2,70                             | 11,781          | 23,09            |
| ABD                 | 3692,51              | 6                            | 615,42              | 0,55                           | 3,09                             | 16,662          | 32,66            |
| ACD                 | 5884,41              | 6                            | 980,73              | 0,88                           | 2,19                             | 16,662          | 32,66            |
| BCD                 | 13440,54             | 3                            | 4480,18             | 4,03                           | 2,19                             | 13,604          | 26,66            |
| ABCD                | 7109,91              | 6                            | 1184,98             | 1,07                           | 2,70                             | 23,563          | 46,18            |
| Залишок             | 156570,48            | 141                          | 1110,43             |                                |                                  |                 |                  |
| Повторення          | 12921,81             | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації   |                                  | В – інокуляція  |                  |
| Загальна            | 961884,93            | 191                          |                     | С – обробка насіння            |                                  | D – підживлення |                  |

## Додаток Л.1

**Динаміка формування сухої речовини рослин сочевиці на фазу сходів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г/м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення F <sub>ф</sub> | Відношення F <sub>0.5</sub> | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 271,47            | 2                      | 135,74           | 30,34                     | 2,70                        | 0,374           | 0,73              |
| B                | 55,46             | 1                      | 55,46            | 12,40                     | 3,09                        | 0,305           | 0,60              |
| C                | 72,48             | 1                      | 72,48            | 16,20                     | 3,94                        | 0,305           | 0,60              |
| D                | 1,80              | 3                      | 0,60             | 0,13                      | 2,70                        | 0,432           | 0,85              |
| AB               | 2,46              | 2                      | 1,23             | 0,28                      | 3,09                        | 0,529           | 1,04              |
| AC               | 1,37              | 2                      | 0,68             | 0,15                      | 3,09                        | 0,529           | 1,04              |
| AD               | 6,64              | 6                      | 1,11             | 0,25                      | 3,09                        | 0,748           | 1,47              |
| BC               | 0,97              | 1                      | 0,97             | 0,22                      | 2,19                        | 0,432           | 0,85              |
| BD               | 0,53              | 3                      | 0,18             | 0,04                      | 3,94                        | 0,611           | 1,20              |
| CD               | 0,26              | 3                      | 0,09             | 0,02                      | 2,70                        | 0,611           | 1,20              |
| ABC              | 0,67              | 2                      | 0,33             | 0,07                      | 2,70                        | 0,748           | 1,47              |
| ABD              | 0,92              | 6                      | 0,15             | 0,03                      | 3,09                        | 1,058           | 2,07              |
| ACD              | 1,29              | 6                      | 0,22             | 0,05                      | 2,19                        | 1,058           | 2,07              |
| BCD              | 0,28              | 3                      | 0,09             | 0,02                      | 2,19                        | 0,864           | 1,69              |
| ABCD             | 0,38              | 6                      | 0,06             | 0,01                      | 2,70                        | 1,496           | 2,93              |
| Залишок          | 630,82            | 141                    | 4,47             |                           |                             |                 |                   |
| Повторення       | 1388,78           | 3                      |                  | A – річні умови вегетації |                             | B – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 340,97            | 191                    |                  | C – обробка насіння       |                             | D – підживлення |                   |

## Додаток Л.2

**Динаміка формування сухої речовини рослин сочевиці на фазу бутонізації залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г/м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення F <sub>ф</sub> | Відношення F <sub>0.5</sub> | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 48293,74          | 2                      | 24146,87         | 88,21                     | 2,70                        | 2,925           | 5,73              |
| B                | 11209,93          | 1                      | 11209,93         | 40,95                     | 3,09                        | 2,388           | 4,68              |
| C                | 7406,29           | 1                      | 7406,29          | 27,06                     | 3,94                        | 2,388           | 4,68              |
| D                | 37507,76          | 3                      | 12502,59         | 45,67                     | 2,70                        | 3,377           | 6,62              |
| AB               | 2,28              | 2                      | 1,14             | 0,00                      | 3,09                        | 4,136           | 8,11              |
| AC               | 874,05            | 2                      | 437,03           | 1,60                      | 3,09                        | 4,136           | 8,11              |
| AD               | 2647,60           | 6                      | 441,27           | 1,61                      | 3,09                        | 5,850           | 11,47             |
| BC               | 1133,26           | 1                      | 1133,26          | 4,14                      | 2,19                        | 3,377           | 6,62              |
| BD               | 5223,61           | 3                      | 1741,20          | 6,36                      | 3,94                        | 4,776           | 9,36              |
| CD               | 1366,03           | 3                      | 455,34           | 1,66                      | 2,70                        | 4,776           | 9,36              |
| ABC              | 707,95            | 2                      | 353,97           | 1,29                      | 2,70                        | 5,850           | 11,47             |
| ABD              | 3289,78           | 6                      | 548,30           | 2,00                      | 3,09                        | 8,273           | 16,21             |
| ACD              | 2257,93           | 6                      | 376,32           | 1,37                      | 2,19                        | 8,273           | 16,21             |
| BCD              | 651,81            | 3                      | 217,27           | 0,79                      | 2,19                        | 6,755           | 13,24             |
| ABCD             | 2132,86           | 6                      | 355,48           | 1,30                      | 2,70                        | 11,699          | 22,93             |
| Залишок          | 38597,77          | 141                    | 273,74           |                           |                             |                 |                   |
| Повторення       | 26723,59          | 3                      |                  | A – річні умови вегетації |                             | B – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 190026,24         | 191                    |                  | C – обробка насіння       |                             | D – підживлення |                   |

**Динаміка формування сухої речовини рослин сочевиці на фазу цвітіння  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, г/м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення F <sub>ф</sub> | Відно-<br>шення F <sub>0.5</sub> | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|
| A                   | 56921,08             | 2                            | 28460,54            | 506,75                         | 2,70                             | 1,325           | 2,60              |
| B                   | 49618,74             | 1                            | 49618,74            | 883,47                         | 3,09                             | 1,082           | 2,12              |
| C                   | 8878,15              | 1                            | 8878,15             | 158,08                         | 3,94                             | 1,082           | 2,12              |
| D                   | 105614,06            | 3                            | 35204,69            | 626,83                         | 2,70                             | 1,530           | 3,00              |
| AB                  | 4550,91              | 2                            | 2275,45             | 40,52                          | 3,09                             | 1,874           | 3,67              |
| AC                  | 493,71               | 2                            | 246,86              | 4,40                           | 3,09                             | 1,874           | 3,67              |
| AD                  | 1775,95              | 6                            | 295,99              | 5,27                           | 3,09                             | 2,650           | 5,19              |
| BC                  | 6344,42              | 1                            | 6344,42             | 112,96                         | 2,19                             | 1,530           | 3,00              |
| BD                  | 3321,78              | 3                            | 1107,26             | 19,72                          | 3,94                             | 2,163           | 4,24              |
| CD                  | 227,06               | 3                            | 75,69               | 1,35                           | 2,70                             | 2,163           | 4,24              |
| ABC                 | 904,44               | 2                            | 452,22              | 8,05                           | 2,70                             | 2,650           | 5,19              |
| ABD                 | 1656,93              | 6                            | 276,16              | 4,92                           | 3,09                             | 3,747           | 7,34              |
| ACD                 | 346,27               | 6                            | 57,71               | 1,03                           | 2,19                             | 3,747           | 7,34              |
| BCD                 | 91,03                | 3                            | 30,34               | 0,54                           | 2,19                             | 3,059           | 6,00              |
| ABCD                | 551,82               | 6                            | 91,97               | 1,64                           | 2,70                             | 5,299           | 10,39             |
| Залишок             | 7919,01              | 141                          | 56,16               |                                |                                  |                 |                   |
| Повторення          | 1191,68              | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації   |                                  | В – інокуляція  |                   |
| Загальна            | 250407,03            |                              |                     | С – обробка насіння            |                                  | D – підживлення |                   |

**Динаміка формування сухої речовини рослин сочевиці на фазу формування  
бобів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, г/м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення F <sub>ф</sub> | Відно-<br>шення F <sub>0.5</sub> | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|
| A                   | 45858,46             | 2                            | 22929,23            | 595,38                         | 2,70                             | 1,097           | 2,15              |
| B                   | 66063,08             | 1                            | 66063,08            | 1715,39                        | 3,09                             | 0,896           | 1,76              |
| C                   | 5886,10              | 1                            | 5886,10             | 152,84                         | 3,94                             | 0,896           | 1,76              |
| D                   | 139188,04            | 3                            | 46396,01            | 1204,72                        | 2,70                             | 1,267           | 2,48              |
| AB                  | 2055,56              | 2                            | 1027,78             | 26,69                          | 3,09                             | 1,551           | 3,04              |
| AC                  | 1707,19              | 2                            | 853,59              | 22,16                          | 3,09                             | 1,551           | 3,04              |
| AD                  | 5672,88              | 6                            | 945,48              | 24,55                          | 3,09                             | 2,194           | 4,30              |
| BC                  | 423,00               | 1                            | 423,00              | 10,98                          | 2,19                             | 1,267           | 2,48              |
| BD                  | 3866,37              | 3                            | 1288,79             | 33,46                          | 3,94                             | 1,791           | 3,51              |
| CD                  | 2775,67              | 3                            | 925,22              | 24,02                          | 2,70                             | 1,791           | 3,51              |
| ABC                 | 2179,82              | 2                            | 1089,91             | 28,30                          | 2,70                             | 2,194           | 4,30              |
| ABD                 | 5572,22              | 6                            | 928,70              | 24,11                          | 3,09                             | 3,103           | 6,08              |
| ACD                 | 4716,71              | 6                            | 786,12              | 20,41                          | 2,19                             | 3,103           | 6,08              |
| BCD                 | 1971,41              | 3                            | 657,14              | 17,06                          | 2,19                             | 2,534           | 4,97              |
| ABCD                | 5301,23              | 6                            | 883,54              | 22,94                          | 2,70                             | 4,388           | 8,60              |
| Залишок             | 5430,17              | 141                          | 38,51               |                                |                                  |                 |                   |
| Повторення          | 704,43               | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації   |                                  | В – інокуляція  |                   |
| Загальна            | 299372,35            |                              |                     | С – обробка насіння            |                                  | D – підживлення |                   |

**Динаміка формування сухої речовини рослин сочевиці на фазу достигання  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, г/м<sup>2</sup> (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення F <sub>ф</sub> | Відно-<br>шення F <sub>0.5</sub> | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------|
| A                   | 20550,88             | 2                            | 10275,44            | 288,02                         | 2,70                             | 1,056           | 2,07             |
| B                   | 102376,77            | 1                            | 102376,77           | 2869,57                        | 3,09                             | 0,862           | 1,69             |
| C                   | 11170,51             | 1                            | 11170,51            | 313,10                         | 3,94                             | 0,862           | 1,69             |
| D                   | 182870,17            | 3                            | 60956,72            | 1708,59                        | 2,70                             | 1,219           | 2,39             |
| AB                  | 23,26                | 2                            | 11,63               | 0,33                           | 3,09                             | 1,493           | 2,93             |
| AC                  | 17,76                | 2                            | 8,88                | 0,25                           | 3,09                             | 1,493           | 2,93             |
| AD                  | 122,03               | 6                            | 20,34               | 0,57                           | 3,09                             | 2,112           | 4,14             |
| BC                  | 470,12               | 1                            | 470,12              | 13,18                          | 2,19                             | 1,219           | 2,39             |
| BD                  | 15925,43             | 3                            | 5308,48             | 148,79                         | 3,94                             | 1,724           | 3,38             |
| CD                  | 3330,63              | 3                            | 1110,21             | 31,12                          | 2,70                             | 1,724           | 3,38             |
| ABC                 | 2,29                 | 2                            | 1,15                | 0,03                           | 2,70                             | 2,112           | 4,14             |
| ABD                 | 48,35                | 6                            | 8,06                | 0,23                           | 3,09                             | 2,986           | 5,85             |
| ACD                 | 65,54                | 6                            | 10,92               | 0,31                           | 2,19                             | 2,986           | 5,85             |
| BCD                 | 694,04               | 3                            | 231,35              | 6,48                           | 2,19                             | 2,438           | 4,78             |
| ABCD                | 178,95               | 6                            | 29,83               | 0,84                           | 2,70                             | 4,224           | 8,28             |
| Залишок             | 5030,41              | 141                          | 35,68               |                                |                                  |                 |                  |
| Повторення          | 1309,11              | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації   |                                  | В – інокуляція  |                  |
| Загальна            | 344186,28            |                              |                     | С – обробка насіння            |                                  | D – підживлення |                  |

Додаток М.1

**Вміст хлорофілу а у листі рослин сочевиці на фазу досягання залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, мг/г сирової речовини (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослідження, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 1,00              | 2                      | 0,501            | 507,96                    | 2,70                 | 0,006           | 0,011             |
| B                | 0,37              | 1                      | 0,371            | 376,49                    | 3,09                 | 0,005           | 0,009             |
| C                | 0,02              | 1                      | 0,020            | 20,30                     | 3,94                 | 0,005           | 0,009             |
| D                | 0,98              | 3                      | 0,325            | 329,84                    | 2,70                 | 0,006           | 0,013             |
| AB               | 0,05              | 2                      | 0,025            | 25,43                     | 3,09                 | 0,008           | 0,015             |
| AC               | 0,01              | 2                      | 0,004            | 4,32                      | 3,09                 | 0,008           | 0,015             |
| AD               | 0,10              | 6                      | 0,016            | 16,28                     | 3,09                 | 0,011           | 0,022             |
| BC               | 0,00              | 1                      | 0,002            | 2,44                      | 2,19                 | 0,006           | 0,013             |
| BD               | 0,01              | 3                      | 0,004            | 4,11                      | 3,94                 | 0,009           | 0,018             |
| CD               | 0,00              | 3                      | 0,001            | 0,84                      | 2,70                 | 0,009           | 0,018             |
| ABC              | 0,01              | 2                      | 0,006            | 5,84                      | 2,70                 | 0,011           | 0,022             |
| ABD              | 0,02              | 6                      | 0,003            | 2,95                      | 3,09                 | 0,016           | 0,031             |
| ACD              | 0,00              | 6                      | 0,001            | 0,62                      | 2,19                 | 0,016           | 0,031             |
| BCD              | 0,02              | 3                      | 0,007            | 6,98                      | 2,19                 | 0,013           | 0,025             |
| ABCD             | 0,01              | 6                      | 0,002            | 1,65                      | 2,70                 | 0,022           | 0,044             |
| Залишок          | 0,14              | 141                    | 0,001            |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 0,04              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 2,78              |                        |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

Додаток М.2

**Вміст хлорофілу б у листі рослин сочевиці на фазу досягання залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, мг/г сирової речовини (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослідження, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 0,230             | 2                      | 0,1151           | 166,14                    | 2,70                 | 0,005           | 0,009             |
| B                | 0,288             | 1                      | 0,2883           | 416,18                    | 3,09                 | 0,004           | 0,007             |
| C                | 0,062             | 1                      | 0,0616           | 88,97                     | 3,94                 | 0,004           | 0,007             |
| D                | 0,431             | 3                      | 0,1438           | 207,58                    | 2,70                 | 0,005           | 0,011             |
| AB               | 0,001             | 2                      | 0,0005           | 0,69                      | 3,09                 | 0,007           | 0,013             |
| AC               | 0,000             | 2                      | 0,0000           | 0,02                      | 3,09                 | 0,007           | 0,013             |
| AD               | 0,000             | 6                      | 0,0000           | 0,05                      | 3,09                 | 0,009           | 0,018             |
| BC               | 0,005             | 1                      | 0,0050           | 7,19                      | 2,19                 | 0,005           | 0,011             |
| BD               | 0,014             | 3                      | 0,0048           | 6,98                      | 3,94                 | 0,008           | 0,015             |
| CD               | 0,008             | 3                      | 0,0026           | 3,77                      | 2,70                 | 0,008           | 0,015             |
| ABC              | 0,001             | 2                      | 0,0003           | 0,45                      | 2,70                 | 0,009           | 0,018             |
| ABD              | 0,002             | 6                      | 0,0004           | 0,54                      | 3,09                 | 0,013           | 0,026             |
| ACD              | 0,001             | 6                      | 0,0002           | 0,27                      | 2,19                 | 0,013           | 0,026             |
| BCD              | 0,005             | 3                      | 0,0017           | 2,49                      | 2,19                 | 0,011           | 0,021             |
| ABCD             | 0,001             | 6                      | 0,0002           | 0,24                      | 2,70                 | 0,019           | 0,036             |
| Залишок          | 0,098             | 141                    | 0,0007           |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 0,04              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 2,78              |                        |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

Додаток Н.1

**Площа листків рослин сочевиці на фазу сходів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, тис. м<sup>2</sup>/га (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення F <sub>ф</sub> | Відношення F <sub>0.5</sub> | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| A                | 7,16              | 2                      | 3,581            | 1526,80                   | 2,70                        | 0,009           | 0,02             |
| B                | 0,20              | 1                      | 0,197            | 84,03                     | 3,09                        | 0,007           | 0,01             |
| C                | 0,88              | 1                      | 0,876            | 373,61                    | 3,94                        | 0,007           | 0,01             |
| D                | 0,08              | 3                      | 0,026            | 11,23                     | 2,70                        | 0,010           | 0,02             |
| AB               | 0,01              | 2                      | 0,006            | 2,38                      | 3,09                        | 0,012           | 0,02             |
| AC               | 0,03              | 2                      | 0,015            | 6,43                      | 3,09                        | 0,012           | 0,02             |
| AD               | 0,02              | 6                      | 0,004            | 1,73                      | 3,09                        | 0,017           | 0,03             |
| BC               | 0,04              | 1                      | 0,036            | 15,48                     | 2,19                        | 0,010           | 0,02             |
| BD               | 0,08              | 3                      | 0,027            | 11,72                     | 3,94                        | 0,014           | 0,03             |
| CD               | 0,08              | 3                      | 0,027            | 11,57                     | 2,70                        | 0,014           | 0,03             |
| ABC              | 0,00              | 2                      | 0,001            | 0,33                      | 2,70                        | 0,017           | 0,03             |
| ABD              | 0,06              | 6                      | 0,010            | 4,29                      | 3,09                        | 0,024           | 0,05             |
| ACD              | 0,06              | 6                      | 0,010            | 4,27                      | 2,19                        | 0,024           | 0,05             |
| BCD              | 0,17              | 3                      | 0,056            | 24,07                     | 2,19                        | 0,020           | 0,04             |
| ABCD             | 0,07              | 6                      | 0,012            | 5,17                      | 2,70                        | 0,034           | 0,07             |
| Залишок          | 0,33              | 141                    | 0,002            |                           |                             |                 |                  |
| Повторення       | 0,11              | 3                      |                  | A – річні умови вегетації |                             | B – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 9,39              | 191                    |                  | C – обробка насіння       |                             | D – підживлення |                  |

Додаток Н.2

**Площа листків рослин сочевиці на фазу бутонізації залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, тис. м<sup>2</sup>/га (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення F <sub>ф</sub> | Відношення F <sub>0.5</sub> | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| A                | 568,44            | 2                      | 284,219          | 3097,67                   | 2,70                        | 0,054           | 0,10             |
| B                | 538,45            | 1                      | 538,446          | 5868,46                   | 3,09                        | 0,044           | 0,09             |
| C                | 122,49            | 1                      | 122,493          | 1335,04                   | 3,94                        | 0,044           | 0,09             |
| D                | 209,35            | 3                      | 69,784           | 760,57                    | 2,70                        | 0,062           | 0,12             |
| AB               | 6,53              | 2                      | 3,264            | 35,57                     | 3,09                        | 0,076           | 0,15             |
| AC               | 0,77              | 2                      | 0,384            | 4,19                      | 3,09                        | 0,076           | 0,15             |
| AD               | 1,54              | 6                      | 0,256            | 2,79                      | 3,09                        | 0,107           | 0,21             |
| BC               | 0,05              | 1                      | 0,051            | 0,56                      | 2,19                        | 0,062           | 0,12             |
| BD               | 1,36              | 3                      | 0,454            | 4,95                      | 3,94                        | 0,087           | 0,17             |
| CD               | 0,12              | 3                      | 0,040            | 0,44                      | 2,70                        | 0,087           | 0,17             |
| ABC              | 0,12              | 2                      | 0,062            | 0,67                      | 2,70                        | 0,107           | 0,21             |
| ABD              | 0,69              | 6                      | 0,115            | 1,26                      | 3,09                        | 0,151           | 0,30             |
| ACD              | 0,30              | 6                      | 0,050            | 0,54                      | 2,19                        | 0,151           | 0,30             |
| BCD              | 1,18              | 3                      | 0,394            | 4,29                      | 2,19                        | 0,124           | 0,24             |
| ABCD             | 0,05              | 6                      | 0,008            | 0,09                      | 2,70                        | 0,214           | 0,42             |
| Залишок          | 12,94             | 141                    | 0,092            |                           |                             |                 |                  |
| Повторення       | 0,25              | 3                      |                  | A – річні умови вегетації |                             | B – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 1464,63           | 191                    |                  | C – обробка насіння       |                             | D – підживлення |                  |



**Площа листків рослин сочевиці на фазу цвітіння залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, тис. м<sup>2</sup>/га (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення F <sub>ф</sub> | Відношення F <sub>0,5</sub> | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| A                | 1482,67           | 2                      | 741,33           | 2317,57                   | 2,70                        | 0,100           | 0,20             |
| B                | 1447,60           | 1                      | 1447,60          | 4525,52                   | 3,09                        | 0,082           | 0,16             |
| C                | 43,32             | 1                      | 43,32            | 135,43                    | 3,94                        | 0,082           | 0,16             |
| D                | 794,18            | 3                      | 264,73           | 827,59                    | 2,70                        | 0,115           | 0,23             |
| AB               | 0,67              | 2                      | 0,33             | 1,04                      | 3,09                        | 0,141           | 0,28             |
| AC               | 6,00              | 2                      | 3,00             | 9,38                      | 3,09                        | 0,141           | 0,28             |
| AD               | 1,33              | 6                      | 0,22             | 0,69                      | 3,09                        | 0,200           | 0,39             |
| BC               | 52,92             | 1                      | 52,92            | 165,44                    | 2,19                        | 0,115           | 0,23             |
| BD               | 13,64             | 3                      | 4,55             | 14,22                     | 3,94                        | 0,163           | 0,32             |
| CD               | 2,35              | 3                      | 0,78             | 2,45                      | 2,70                        | 0,163           | 0,32             |
| ABC              | 0,00              | 2                      | 0,00             | 0,00                      | 2,70                        | 0,200           | 0,39             |
| ABD              | 0,67              | 6                      | 0,11             | 0,35                      | 3,09                        | 0,283           | 0,55             |
| ACD              | 0,67              | 6                      | 0,11             | 0,35                      | 2,19                        | 0,283           | 0,55             |
| BCD              | 8,25              | 3                      | 2,75             | 8,59                      | 2,19                        | 0,231           | 0,45             |
| ABCD             | 1,33              | 6                      | 0,22             | 0,69                      | 2,70                        | 0,400           | 0,78             |
| Залишок          | 45,10             | 141                    | 0,32             |                           |                             |                 |                  |
| Повторення       | 4,42              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                             | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 3905,12           | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                             | D – підживлення |                  |

**Площа листків рослин сочевиці на фазу формування бобів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, тис. м<sup>2</sup>/га (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення F <sub>ф</sub> | Відношення F <sub>0,5</sub> | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| A                | 180,33            | 2                      | 90,166           | 289,68                    | 2,70                        | 0,099           | 0,19             |
| B                | 301,02            | 1                      | 301,023          | 967,10                    | 3,09                        | 0,081           | 0,16             |
| C                | 30,13             | 1                      | 30,131           | 96,80                     | 3,94                        | 0,081           | 0,16             |
| D                | 198,39            | 3                      | 66,129           | 212,45                    | 2,70                        | 0,114           | 0,22             |
| AB               | 1,13              | 2                      | 0,566            | 1,82                      | 3,09                        | 0,139           | 0,27             |
| AC               | 0,92              | 2                      | 0,462            | 1,49                      | 3,09                        | 0,139           | 0,27             |
| AD               | 2,24              | 6                      | 0,374            | 1,20                      | 3,09                        | 0,197           | 0,39             |
| BC               | 2,71              | 1                      | 2,712            | 8,71                      | 2,19                        | 0,114           | 0,22             |
| BD               | 7,09              | 3                      | 2,365            | 7,60                      | 3,94                        | 0,161           | 0,32             |
| CD               | 1,59              | 3                      | 0,532            | 1,71                      | 2,70                        | 0,161           | 0,32             |
| ABC              | 5,42              | 2                      | 2,712            | 8,71                      | 2,70                        | 0,197           | 0,39             |
| ABD              | 2,46              | 6                      | 0,410            | 1,32                      | 3,09                        | 0,279           | 0,55             |
| ACD              | 0,18              | 6                      | 0,031            | 0,10                      | 2,19                        | 0,279           | 0,55             |
| BCD              | 6,16              | 3                      | 2,052            | 6,59                      | 2,19                        | 0,228           | 0,45             |
| ABCD             | 0,16              | 6                      | 0,027            | 0,09                      | 2,70                        | 0,395           | 0,77             |
| Залишок          | 43,89             | 141                    | 0,311            |                           |                             |                 |                  |
| Повторення       | 1,07              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                             | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 784,92            | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                             | D – підживлення |                  |

**Площа листків рослин сочевиці на фазу досягання залежно від  
комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, тис.  
м<sup>2</sup>/га (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід,  
2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення F <sub>ф</sub> | Відно-<br>шення F <sub>0.5</sub> | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------|
| A                   | 326,69               | 2                            | 163,347             | 842,82                         | 2,70                             | 0,078           | 0,15             |
| B                   | 194,18               | 1                            | 194,184             | 1001,93                        | 3,09                             | 0,064           | 0,12             |
| C                   | 60,51                | 1                            | 60,511              | 312,22                         | 3,94                             | 0,064           | 0,12             |
| D                   | 294,57               | 3                            | 98,190              | 506,63                         | 2,70                             | 0,090           | 0,18             |
| AB                  | 0,06                 | 2                            | 0,031               | 0,16                           | 3,09                             | 0,110           | 0,22             |
| AC                  | 0,05                 | 2                            | 0,025               | 0,13                           | 3,09                             | 0,110           | 0,22             |
| AD                  | 0,82                 | 6                            | 0,137               | 0,71                           | 3,09                             | 0,156           | 0,31             |
| BC                  | 17,49                | 1                            | 17,492              | 90,25                          | 2,19                             | 0,090           | 0,18             |
| BD                  | 27,16                | 3                            | 9,055               | 46,72                          | 3,94                             | 0,127           | 0,25             |
| CD                  | 15,12                | 3                            | 5,041               | 26,01                          | 2,70                             | 0,127           | 0,25             |
| ABC                 | 0,59                 | 2                            | 0,297               | 1,53                           | 2,70                             | 0,156           | 0,31             |
| ABD                 | 0,23                 | 6                            | 0,039               | 0,20                           | 3,09                             | 0,220           | 0,43             |
| ACD                 | 0,33                 | 6                            | 0,056               | 0,29                           | 2,19                             | 0,220           | 0,43             |
| BCD                 | 2,67                 | 3                            | 0,890               | 4,59                           | 2,19                             | 0,180           | 0,35             |
| ABCD                | 0,31                 | 6                            | 0,052               | 0,27                           | 2,70                             | 0,311           | 0,61             |
| Залишок             | 27,33                | 141                          | 0,194               |                                |                                  |                 |                  |
| Повторення          | 2,55                 | 3                            |                     | A – річні умови<br>вегетації   |                                  | B – інокуляція  |                  |
| Загальна            | 970,69               | 191                          |                     | C – обробка насіння            |                                  | D – підживлення |                  |

## Додаток П.1

**Показник  $F_0$  кривої ІФХ у рослин сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, умовних одиниць флуоресценції (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_\phi$       | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 516562,17         | 2                      | 258281,08        | 1024,39                   | 2,70                 | 2,807           | 5,50              |
| B                | 1352736,75        | 1                      | 1352736,75       | 5365,18                   | 3,09                 | 2,292           | 4,49              |
| C                | 9633,33           | 1                      | 9633,33          | 38,21                     | 3,94                 | 2,292           | 4,49              |
| D                | 83511,38          | 3                      | 27837,13         | 110,41                    | 2,70                 | 3,241           | 6,35              |
| AB               | 15373,50          | 2                      | 7686,75          | 30,49                     | 3,09                 | 3,970           | 7,78              |
| AC               | 888,67            | 2                      | 444,33           | 1,76                      | 3,09                 | 3,970           | 7,78              |
| AD               | 1129,25           | 6                      | 188,21           | 0,75                      | 3,09                 | 5,614           | 11,00             |
| BC               | 645,33            | 1                      | 645,33           | 2,56                      | 2,19                 | 3,241           | 6,35              |
| BD               | 1974,88           | 3                      | 658,29           | 2,61                      | 3,94                 | 4,584           | 8,98              |
| CD               | 2280,71           | 3                      | 760,24           | 3,02                      | 2,70                 | 4,584           | 8,98              |
| ABC              | 308,67            | 2                      | 154,33           | 0,61                      | 2,70                 | 5,614           | 11,00             |
| ABD              | 502,25            | 6                      | 83,71            | 0,33                      | 3,09                 | 7,939           | 15,56             |
| ACD              | 485,92            | 6                      | 80,99            | 0,32                      | 2,19                 | 7,939           | 15,56             |
| BCD              | 704,54            | 3                      | 234,85           | 0,93                      | 2,19                 | 6,482           | 12,71             |
| ABCD             | 125,58            | 6                      | 20,93            | 0,08                      | 2,70                 | 11,228          | 22,01             |
| Залишок          | 35550,71          | 141                    | 252,13           |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 3518,29           | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 2025931,92        | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

## Додаток П.2

**Показник  $F_{\phi}$  кривої ІФХ у рослин сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, умовних одиниць флуоресценції (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_\phi$       | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 65292,41          | 2                      | 32646,20         | 114,23                    | 2,70                 | 2,989           | 5,86              |
| B                | 1739799,05        | 1                      | 1739799,05       | 6087,46                   | 3,09                 | 2,440           | 4,78              |
| C                | 20221,23          | 1                      | 20221,23         | 70,75                     | 3,94                 | 2,440           | 4,78              |
| D                | 188681,47         | 3                      | 62893,82         | 220,06                    | 2,70                 | 3,451           | 6,76              |
| AB               | 54,81             | 2                      | 27,40            | 0,10                      | 3,09                 | 4,226           | 8,28              |
| AC               | 1085,36           | 2                      | 542,68           | 1,90                      | 3,09                 | 4,226           | 8,28              |
| AD               | 952,05            | 6                      | 158,67           | 0,56                      | 3,09                 | 5,977           | 11,72             |
| BC               | 4792,00           | 1                      | 4792,00          | 16,77                     | 2,19                 | 3,451           | 6,76              |
| BD               | 2798,10           | 3                      | 932,70           | 3,26                      | 3,94                 | 4,880           | 9,57              |
| CD               | 3970,27           | 3                      | 1323,42          | 4,63                      | 2,70                 | 4,880           | 9,57              |
| ABC              | 38,51             | 2                      | 19,25            | 0,07                      | 2,70                 | 5,977           | 11,72             |
| ABD              | 621,30            | 6                      | 103,55           | 0,36                      | 3,09                 | 8,453           | 16,57             |
| ACD              | 182,24            | 6                      | 30,37            | 0,11                      | 2,19                 | 8,453           | 16,57             |
| BCD              | 1067,91           | 3                      | 355,97           | 1,25                      | 2,19                 | 6,902           | 13,53             |
| ABCD             | 241,92            | 6                      | 40,32            | 0,14                      | 2,70                 | 11,954          | 23,43             |
| Залишок          | 40297,86          | 141                    | 285,80           |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 3273,42           | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 2073369,91        | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

**Показник  $F_m$  кривої ІФХ у рослин сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, умовних одиниць флуоресценції (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_\phi$       | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 2326365,17        | 2                      | 1163182,58       | 447,47                    | 2,70                 | 9,013           | 17,67            |
| B                | 26952021,33       | 1                      | 26952021,33      | 10368,30                  | 3,09                 | 7,359           | 14,42            |
| C                | 213867,00         | 1                      | 213867,00        | 82,27                     | 3,94                 | 7,359           | 14,42            |
| D                | 2187830,33        | 3                      | 729276,78        | 280,55                    | 2,70                 | 10,407          | 20,40            |
| AB               | 23102,17          | 2                      | 11551,08         | 4,44                      | 3,09                 | 12,746          | 24,98            |
| AC               | 3676,50           | 2                      | 1838,25          | 0,71                      | 3,09                 | 12,746          | 24,98            |
| AD               | 22244,17          | 6                      | 3707,36          | 1,43                      | 3,09                 | 18,026          | 35,33            |
| BC               | 13872,00          | 1                      | 13872,00         | 5,34                      | 2,19                 | 10,407          | 20,40            |
| BD               | 55032,00          | 3                      | 18344,00         | 7,06                      | 3,94                 | 14,718          | 28,85            |
| CD               | 14491,67          | 3                      | 4830,56          | 1,86                      | 2,70                 | 14,718          | 28,85            |
| ABC              | 49987,50          | 2                      | 24993,75         | 9,61                      | 2,70                 | 18,026          | 35,33            |
| ABD              | 17564,50          | 6                      | 2927,42          | 1,13                      | 3,09                 | 25,492          | 49,97            |
| ACD              | 17788,83          | 6                      | 2964,81          | 1,14                      | 2,19                 | 25,492          | 49,97            |
| BCD              | 14442,67          | 3                      | 4814,22          | 1,85                      | 2,19                 | 20,815          | 40,80            |
| ABCD             | 22385,83          | 6                      | 3730,97          | 1,44                      | 2,70                 | 36,052          | 70,66            |
| Залишок          | 366524,46         | 141                    | 2599,46          |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 144017,54         | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 32445213,67       | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

**Показник  $F_{st}$  кривої ІФХ у рослин сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, умовних одиниць флуоресценції (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_\phi$       | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 62961,17          | 2                      | 31480,58         | 225,30                    | 2,70                 | 2,090           | 4,10             |
| B                | 714920,08         | 1                      | 714920,08        | 5116,61                   | 3,09                 | 1,706           | 3,34             |
| C                | 19280,08          | 1                      | 19280,08         | 137,99                    | 3,94                 | 1,706           | 3,34             |
| D                | 52776,92          | 3                      | 17592,31         | 125,91                    | 2,70                 | 2,413           | 4,73             |
| AB               | 271,17            | 2                      | 135,58           | 0,97                      | 3,09                 | 2,955           | 5,79             |
| AC               | 1193,17           | 2                      | 596,58           | 4,27                      | 3,09                 | 2,955           | 5,79             |
| AD               | 442,83            | 6                      | 73,81            | 0,53                      | 3,09                 | 4,179           | 8,19             |
| BC               | 184,08            | 1                      | 184,08           | 1,32                      | 2,19                 | 2,413           | 4,73             |
| BD               | 3059,58           | 3                      | 1019,86          | 7,30                      | 3,94                 | 3,412           | 6,69             |
| CD               | 1004,92           | 3                      | 334,97           | 2,40                      | 2,70                 | 3,412           | 6,69             |
| ABC              | 55,17             | 2                      | 27,58            | 0,20                      | 2,70                 | 4,179           | 8,19             |
| ABD              | 118,17            | 6                      | 19,69            | 0,14                      | 3,09                 | 5,910           | 11,58            |
| ACD              | 174,83            | 6                      | 29,14            | 0,21                      | 2,19                 | 5,910           | 11,58            |
| BCD              | 52,92             | 3                      | 17,64            | 0,13                      | 2,19                 | 4,826           | 9,46             |
| ABCD             | 244,83            | 6                      | 40,81            | 0,29                      | 2,70                 | 8,358           | 16,38            |
| Залишок          | 19701,29          | 141                    | 139,73           |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 1152,71           | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 877593,92         | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

**Загальна кількість бульбочок на рослині сочевиці на фазу стеблунання  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------|
| A                   | 370,36               | 2                            | 185,18              | 1317,47                      | 2,70                      | 0,066           | 0,13              |
| B                   | 1917,74              | 1                            | 1917,74             | 13644,01                     | 3,09                      | 0,054           | 0,11              |
| C                   | 39,24                | 1                            | 39,24               | 279,18                       | 3,94                      | 0,054           | 0,11              |
| D                   | 38,25                | 3                            | 12,75               | 90,71                        | 2,70                      | 0,077           | 0,15              |
| AB                  | 0,41                 | 2                            | 0,21                | 1,46                         | 3,09                      | 0,094           | 0,18              |
| AC                  | 0,06                 | 2                            | 0,03                | 0,22                         | 3,09                      | 0,094           | 0,18              |
| AD                  | 1,44                 | 6                            | 0,24                | 1,71                         | 3,09                      | 0,133           | 0,26              |
| BC                  | 0,01                 | 1                            | 0,01                | 0,05                         | 2,19                      | 0,077           | 0,15              |
| BD                  | 3,57                 | 3                            | 1,19                | 8,46                         | 3,94                      | 0,108           | 0,21              |
| CD                  | 0,51                 | 3                            | 0,17                | 1,21                         | 2,70                      | 0,108           | 0,21              |
| ABC                 | 0,10                 | 2                            | 0,05                | 0,37                         | 2,70                      | 0,133           | 0,26              |
| ABD                 | 0,17                 | 6                            | 0,03                | 0,20                         | 3,09                      | 0,187           | 0,37              |
| ACD                 | 1,56                 | 6                            | 0,26                | 1,85                         | 2,19                      | 0,187           | 0,37              |
| BCD                 | 1,58                 | 3                            | 0,53                | 3,75                         | 2,19                      | 0,153           | 0,30              |
| ABCD                | 0,91                 | 6                            | 0,15                | 1,08                         | 2,70                      | 0,265           | 0,52              |
| Залишок             | 19,82                | 141                          | 0,14                |                              |                           |                 |                   |
| Повторення          | 0,70                 | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                           | В – інокуляція  |                   |
| Загальна            | 2396,43              | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                           | D – підживлення |                   |

**Загальна кількість бульбочок на рослині сочевиці на фазу бутонізації  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------|
| A                   | 3351,04              | 2                            | 1675,52             | 3014,12                      | 2,70                      | 0,132           | 0,26              |
| B                   | 12097,31             | 1                            | 12097,31            | 21762,05                     | 3,09                      | 0,108           | 0,21              |
| C                   | 1805,12              | 1                            | 1805,12             | 3247,26                      | 3,94                      | 0,108           | 0,21              |
| D                   | 1561,35              | 3                            | 520,45              | 936,25                       | 2,70                      | 0,152           | 0,30              |
| AB                  | 316,58               | 2                            | 158,29              | 284,75                       | 3,09                      | 0,186           | 0,37              |
| AC                  | 3,63                 | 2                            | 1,81                | 3,26                         | 3,09                      | 0,186           | 0,37              |
| AD                  | 9,66                 | 6                            | 1,61                | 2,90                         | 3,09                      | 0,264           | 0,52              |
| BC                  | 31,20                | 1                            | 31,20               | 56,13                        | 2,19                      | 0,152           | 0,30              |
| BD                  | 48,04                | 3                            | 16,01               | 28,81                        | 3,94                      | 0,215           | 0,42              |
| CD                  | 2,30                 | 3                            | 0,77                | 1,38                         | 2,70                      | 0,215           | 0,42              |
| ABC                 | 3,06                 | 2                            | 1,53                | 2,75                         | 2,70                      | 0,264           | 0,52              |
| ABD                 | 4,90                 | 6                            | 0,82                | 1,47                         | 3,09                      | 0,373           | 0,73              |
| ACD                 | 3,64                 | 6                            | 0,61                | 1,09                         | 2,19                      | 0,373           | 0,73              |
| BCD                 | 2,75                 | 3                            | 0,92                | 1,65                         | 2,19                      | 0,304           | 0,60              |
| ABCD                | 4,24                 | 6                            | 0,71                | 1,27                         | 2,70                      | 0,527           | 1,03              |
| Залишок             | 78,38                | 141                          | 0,56                |                              |                           |                 |                   |
| Повторення          | 3,42                 | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                           | В – інокуляція  |                   |
| Загальна            | 19326,63             | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                           | D – підживлення |                   |

**Загальна кількість бульбочок на рослині сочевиці на фазу цвітіння  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------|
| A                   | 3187,65              | 2                            | 1593,83             | 4202,81                      | 2,70                      | 0,109           | 0,21              |
| B                   | 9027,89              | 1                            | 9027,89             | 23805,92                     | 3,09                      | 0,089           | 0,17              |
| C                   | 720,68               | 1                            | 720,68              | 1900,38                      | 3,94                      | 0,089           | 0,17              |
| D                   | 2123,88              | 3                            | 707,96              | 1866,84                      | 2,70                      | 0,126           | 0,25              |
| AB                  | 204,41               | 2                            | 102,20              | 269,50                       | 3,09                      | 0,154           | 0,30              |
| AC                  | 6,08                 | 2                            | 3,04                | 8,02                         | 3,09                      | 0,154           | 0,30              |
| AD                  | 26,92                | 6                            | 4,49                | 11,83                        | 3,09                      | 0,218           | 0,43              |
| BC                  | 13,65                | 1                            | 13,65               | 36,00                        | 2,19                      | 0,126           | 0,25              |
| BD                  | 148,89               | 3                            | 49,63               | 130,87                       | 3,94                      | 0,178           | 0,35              |
| CD                  | 8,58                 | 3                            | 2,86                | 7,54                         | 2,70                      | 0,178           | 0,35              |
| ABC                 | 7,65                 | 2                            | 3,82                | 10,08                        | 2,70                      | 0,218           | 0,43              |
| ABD                 | 22,93                | 6                            | 3,82                | 10,08                        | 3,09                      | 0,308           | 0,60              |
| ACD                 | 7,98                 | 6                            | 1,33                | 3,51                         | 2,19                      | 0,308           | 0,60              |
| BCD                 | 7,33                 | 3                            | 2,44                | 6,44                         | 2,19                      | 0,251           | 0,49              |
| ABCD                | 17,37                | 6                            | 2,90                | 7,64                         | 2,70                      | 0,435           | 0,85              |
| Залишок             | 53,47                | 141                          | 0,38                |                              |                           |                 |                   |
| Повторення          | 6,21                 | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                           | В – інокуляція  |                   |
| Загальна            | 15591,57             | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                           | D – підживлення |                   |

**Загальна кількість бульбочок на рослині сочевиці на фазу формування  
бобів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------|
| A                   | 4509,81              | 2                            | 2254,91             | 4720,82                      | 2,70                      | 0,122           | 0,24              |
| B                   | 6521,87              | 1                            | 6521,87             | 13654,06                     | 3,09                      | 0,100           | 0,20              |
| C                   | 594,78               | 1                            | 594,78              | 1245,22                      | 3,94                      | 0,100           | 0,20              |
| D                   | 3734,78              | 3                            | 1244,93             | 2606,35                      | 2,70                      | 0,141           | 0,28              |
| AB                  | 50,00                | 2                            | 25,00               | 52,34                        | 3,09                      | 0,173           | 0,34              |
| AC                  | 2,02                 | 2                            | 1,01                | 2,12                         | 3,09                      | 0,173           | 0,34              |
| AD                  | 25,43                | 6                            | 4,24                | 8,87                         | 3,09                      | 0,244           | 0,48              |
| BC                  | 15,19                | 1                            | 15,19               | 31,80                        | 2,19                      | 0,141           | 0,28              |
| BD                  | 122,56               | 3                            | 40,85               | 85,53                        | 3,94                      | 0,200           | 0,39              |
| CD                  | 5,80                 | 3                            | 1,93                | 4,05                         | 2,70                      | 0,200           | 0,39              |
| ABC                 | 3,13                 | 2                            | 1,56                | 3,27                         | 2,70                      | 0,244           | 0,48              |
| ABD                 | 4,17                 | 6                            | 0,69                | 1,45                         | 3,09                      | 0,346           | 0,68              |
| ACD                 | 4,55                 | 6                            | 0,76                | 1,59                         | 2,19                      | 0,346           | 0,68              |
| BCD                 | 11,80                | 3                            | 3,93                | 8,24                         | 2,19                      | 0,282           | 0,55              |
| ABCD                | 2,77                 | 6                            | 0,46                | 0,97                         | 2,70                      | 0,489           | 0,96              |
| Залишок             | 67,35                | 141                          | 0,48                |                              |                           |                 |                   |
| Повторення          | 7,75                 | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                           | В – інокуляція  |                   |
| Загальна            | 15683,75             | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                           | D – підживлення |                   |

**Загальна кількість бульбочок на рослині сочевиці на фазу досягання  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|
| A                   | 4573,89              | 2                            | 2286,95             | 3463,32                      | 2,70                      | 0,144           | 0,28             |
| B                   | 3718,89              | 1                            | 3718,89             | 5631,83                      | 3,09                      | 0,117           | 0,23             |
| C                   | 263,02               | 1                            | 263,02              | 398,31                       | 3,94                      | 0,117           | 0,23             |
| D                   | 2962,58              | 3                            | 987,53              | 1495,50                      | 2,70                      | 0,166           | 0,33             |
| AB                  | 19,68                | 2                            | 9,84                | 14,90                        | 3,09                      | 0,203           | 0,40             |
| AC                  | 0,27                 | 2                            | 0,14                | 0,21                         | 3,09                      | 0,203           | 0,40             |
| AD                  | 1,29                 | 6                            | 0,21                | 0,33                         | 3,09                      | 0,287           | 0,56             |
| BC                  | 4,44                 | 1                            | 4,44                | 6,73                         | 2,19                      | 0,166           | 0,33             |
| BD                  | 227,90               | 3                            | 75,97               | 115,04                       | 3,94                      | 0,235           | 0,46             |
| CD                  | 3,58                 | 3                            | 1,19                | 1,81                         | 2,70                      | 0,235           | 0,46             |
| ABC                 | 0,08                 | 2                            | 0,04                | 0,06                         | 2,70                      | 0,287           | 0,56             |
| ABD                 | 0,94                 | 6                            | 0,16                | 0,24                         | 3,09                      | 0,406           | 0,80             |
| ACD                 | 1,35                 | 6                            | 0,23                | 0,34                         | 2,19                      | 0,406           | 0,80             |
| BCD                 | 18,06                | 3                            | 6,02                | 9,11                         | 2,19                      | 0,332           | 0,65             |
| ABCD                | 3,69                 | 6                            | 0,62                | 0,93                         | 2,70                      | 0,575           | 1,13             |
| Залишок             | 93,11                | 141                          | 0,66                |                              |                           |                 |                  |
| Повторення          | 16,59                | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                           | В – інокуляція  |                  |
| Загальна            | 11909,37             | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                           | D – підживлення |                  |

## Додаток С.1

**Маса бульбочок на рослині сочевиці на фазу стеблунання залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, мг (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 1362,77           | 2                      | 681,39           | 584,65                    | 2,70                 | 0,191           | 0,37             |
| B                | 6947,22           | 1                      | 6947,22          | 5960,98                   | 3,09                 | 0,156           | 0,31             |
| C                | 1053,34           | 1                      | 1053,34          | 903,81                    | 3,94                 | 0,156           | 0,31             |
| D                | 979,53            | 3                      | 326,51           | 280,16                    | 2,70                 | 0,220           | 0,43             |
| AB               | 2,13              | 2                      | 1,07             | 0,91                      | 3,09                 | 0,270           | 0,53             |
| AC               | 2,23              | 2                      | 1,12             | 0,96                      | 3,09                 | 0,270           | 0,53             |
| AD               | 4,29              | 6                      | 0,71             | 0,61                      | 3,09                 | 0,382           | 0,75             |
| BC               | 0,24              | 1                      | 0,24             | 0,21                      | 2,19                 | 0,220           | 0,43             |
| BD               | 5,18              | 3                      | 1,73             | 1,48                      | 3,94                 | 0,312           | 0,61             |
| CD               | 2,44              | 3                      | 0,81             | 0,70                      | 2,70                 | 0,312           | 0,61             |
| ABC              | 4,51              | 2                      | 2,26             | 0,06                      | 2,70                 | 0,382           | 0,75             |
| ABD              | 3,69              | 6                      | 0,62             | 0,24                      | 3,09                 | 0,540           | 1,06             |
| ACD              | 1,68              | 6                      | 0,28             | 0,34                      | 2,19                 | 0,540           | 1,06             |
| BCD              | 7,04              | 3                      | 2,35             | 9,11                      | 2,19                 | 0,441           | 0,86             |
| ABCD             | 6,54              | 6                      | 1,09             | 0,93                      | 2,70                 | 0,763           | 1,50             |
| Залишок          | 164,33            | 141                    | 1,17             |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 16,59             | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 11909,37          | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

## Додаток С.2

**Маса бульбочок на рослині сочевиці на фазу бутонізації залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, мг (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 10564,21          | 2                      | 5282,11          | 5484,75                   | 2,70                 | 0,173           | 0,34             |
| B                | 31808,21          | 1                      | 31808,21         | 33028,53                  | 3,09                 | 0,142           | 0,28             |
| C                | 3426,56           | 1                      | 3426,56          | 3558,02                   | 3,94                 | 0,142           | 0,28             |
| D                | 8947,81           | 3                      | 2982,60          | 3097,03                   | 2,70                 | 0,200           | 0,39             |
| AB               | 426,96            | 2                      | 213,48           | 221,67                    | 3,09                 | 0,245           | 0,48             |
| AC               | 1,78              | 2                      | 0,89             | 0,93                      | 3,09                 | 0,245           | 0,48             |
| AD               | 9,07              | 6                      | 1,51             | 1,57                      | 3,09                 | 0,347           | 0,68             |
| BC               | 116,56            | 1                      | 116,56           | 121,04                    | 2,19                 | 0,200           | 0,39             |
| BD               | 822,13            | 3                      | 274,04           | 284,56                    | 3,94                 | 0,283           | 0,56             |
| CD               | 37,83             | 3                      | 12,61            | 13,09                     | 2,70                 | 0,283           | 0,56             |
| ABC              | 0,47              | 2                      | 0,24             | 0,24                      | 2,70                 | 0,347           | 0,68             |
| ABD              | 11,18             | 6                      | 1,86             | 1,93                      | 3,09                 | 0,491           | 0,96             |
| ACD              | 13,78             | 6                      | 2,30             | 2,39                      | 2,19                 | 0,491           | 0,96             |
| BCD              | 48,90             | 3                      | 16,30            | 16,92                     | 2,19                 | 0,401           | 0,79             |
| ABCD             | 12,35             | 6                      | 2,06             | 2,14                      | 2,70                 | 0,694           | 1,36             |
| Залишок          | 135,79            | 141                    | 0,96             |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 17,67             | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 56401,27          | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |



**Маса бульбочок на рослині сочевиці на фазу цвітіння залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, мг (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 368739,21         | 2                      | 184369,61        | 377208,86                 | 2,70                 | 0,124           | 0,24              |
| B                | 740025,84         | 1                      | 740025,84        | 1514047,29                | 3,09                 | 0,101           | 0,20              |
| C                | 29034,51          | 1                      | 29034,51         | 59402,82                  | 3,94                 | 0,101           | 0,20              |
| D                | 286107,89         | 3                      | 95369,30         | 195119,71                 | 2,70                 | 0,143           | 0,28              |
| AB               | 6993,32           | 2                      | 3496,66          | 7153,95                   | 3,09                 | 0,175           | 0,34              |
| AC               | 111,02            | 2                      | 55,51            | 113,57                    | 3,09                 | 0,175           | 0,34              |
| AD               | 205,54            | 6                      | 34,26            | 70,09                     | 3,09                 | 0,247           | 0,48              |
| BC               | 747,13            | 1                      | 747,13           | 1528,59                   | 2,19                 | 0,143           | 0,28              |
| BD               | 7665,25           | 3                      | 2555,08          | 5227,54                   | 3,94                 | 0,202           | 0,40              |
| CD               | 466,54            | 3                      | 155,51           | 318,17                    | 2,70                 | 0,202           | 0,40              |
| ABC              | 40,24             | 2                      | 20,12            | 41,16                     | 2,70                 | 0,247           | 0,48              |
| ABD              | 87,47             | 6                      | 14,58            | 29,83                     | 3,09                 | 0,350           | 0,69              |
| ACD              | 8,70              | 6                      | 1,45             | 2,97                      | 2,19                 | 0,350           | 0,69              |
| BCD              | 48,75             | 3                      | 16,25            | 33,25                     | 2,19                 | 0,285           | 0,56              |
| ABCD             | 3,47              | 6                      | 0,58             | 1,18                      | 2,70                 | 0,494           | 0,97              |
| Залишок          | 68,92             | 141                    | 0,49             |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 1152,60           | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 1441506,40        | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

**Маса бульбочок на рослині сочевиці на фазу формування бобів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, мг (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 315925,84         | 2                      | 157962,92        | 2058,51                   | 2,70                 | 1,549           | 3,04              |
| B                | 905820,73         | 1                      | 905820,73        | 11804,32                  | 3,09                 | 1,264           | 2,48              |
| C                | 19400,23          | 1                      | 19400,23         | 252,82                    | 3,94                 | 1,264           | 2,48              |
| D                | 228338,74         | 3                      | 76112,91         | 991,88                    | 2,70                 | 1,788           | 3,50              |
| AB               | 7267,78           | 2                      | 3633,89          | 47,36                     | 3,09                 | 2,190           | 4,29              |
| AC               | 264,05            | 2                      | 132,03           | 1,72                      | 3,09                 | 2,190           | 4,29              |
| AD               | 155,01            | 6                      | 25,83            | 0,34                      | 3,09                 | 3,097           | 6,07              |
| BC               | 504,40            | 1                      | 504,40           | 6,57                      | 2,19                 | 1,788           | 3,50              |
| BD               | 14018,61          | 3                      | 4672,87          | 60,90                     | 3,94                 | 2,529           | 4,96              |
| CD               | 186,94            | 3                      | 62,31            | 0,81                      | 2,70                 | 2,529           | 4,96              |
| ABC              | 289,48            | 2                      | 144,74           | 1,89                      | 2,70                 | 3,097           | 6,07              |
| ABD              | 728,28            | 6                      | 121,38           | 1,58                      | 3,09                 | 4,380           | 8,58              |
| ACD              | 145,27            | 6                      | 24,21            | 0,32                      | 2,19                 | 4,380           | 8,58              |
| BCD              | 186,54            | 3                      | 62,18            | 0,81                      | 2,19                 | 3,576           | 7,01              |
| ABCD             | 76,06             | 6                      | 12,68            | 0,17                      | 2,70                 | 6,194           | 12,14             |
| Залишок          | 10819,83          | 141                    | 76,74            |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 1877,77           | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 1506005,56        | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

**Маса бульбочок на рослині сочевиці на фазу досягання залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, мг (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 153145,27         | 2                      | 76572,64         | 1115,66                   | 2,70                 | 1,465           | 2,87             |
| B                | 250784,01         | 1                      | 250784,01        | 3653,91                   | 3,09                 | 1,196           | 2,34             |
| C                | 6617,60           | 1                      | 6617,60          | 96,42                     | 3,94                 | 1,196           | 2,34             |
| D                | 100588,98         | 3                      | 33529,66         | 488,53                    | 2,70                 | 1,691           | 3,31             |
| AB               | 6445,13           | 2                      | 3222,56          | 46,95                     | 3,09                 | 2,071           | 4,06             |
| AC               | 692,21            | 2                      | 346,10           | 5,04                      | 3,09                 | 2,071           | 4,06             |
| AD               | 2059,60           | 6                      | 343,27           | 5,00                      | 3,09                 | 2,929           | 5,74             |
| BC               | 53,76             | 1                      | 53,76            | 0,78                      | 2,19                 | 1,691           | 3,31             |
| BD               | 9503,78           | 3                      | 3167,93          | 46,16                     | 3,94                 | 2,392           | 4,69             |
| CD               | 1061,32           | 3                      | 353,77           | 5,15                      | 2,70                 | 2,392           | 4,69             |
| ABC              | 289,31            | 2                      | 144,65           | 2,11                      | 2,70                 | 2,929           | 5,74             |
| ABD              | 668,42            | 6                      | 111,40           | 1,62                      | 3,09                 | 4,142           | 8,12             |
| ACD              | 556,17            | 6                      | 92,69            | 1,35                      | 2,19                 | 4,142           | 8,12             |
| BCD              | 183,79            | 3                      | 61,26            | 0,89                      | 2,19                 | 3,382           | 6,63             |
| ABCD             | 317,44            | 6                      | 52,91            | 0,77                      | 2,70                 | 5,858           | 11,48            |
| Залишок          | 9677,46           | 141                    | 68,63            |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 679,36            | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 543323,61         | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

Додаток Т.1

**Загальна кількість активних бульбочок на рослині сочевиці на фазу стеблунання залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 293,15            | 2                      | 146,575          | 1165,05                   | 2,70                 | 0,063           | 0,12              |
| B                | 1587,00           | 1                      | 1587,000         | 12614,29                  | 3,09                 | 0,051           | 0,10              |
| C                | 382,00            | 1                      | 382,000          | 3036,33                   | 3,94                 | 0,051           | 0,10              |
| D                | 28,98             | 3                      | 9,660            | 76,78                     | 2,70                 | 0,072           | 0,14              |
| AB               | 0,00              | 2                      | 0,000            | 0,00                      | 3,09                 | 0,089           | 0,17              |
| AC               | 0,00              | 2                      | 0,000            | 0,00                      | 3,09                 | 0,089           | 0,17              |
| AD               | 0,00              | 6                      | 0,000            | 0,00                      | 3,09                 | 0,125           | 0,25              |
| BC               | 0,12              | 1                      | 0,120            | 0,95                      | 2,19                 | 0,072           | 0,14              |
| BD               | 1,02              | 3                      | 0,340            | 2,70                      | 3,94                 | 0,102           | 0,20              |
| CD               | 0,42              | 3                      | 0,140            | 1,11                      | 2,70                 | 0,102           | 0,20              |
| ABC              | 0,00              | 2                      | 0,000            | 0,00                      | 2,70                 | 0,125           | 0,25              |
| ABD              | 0,00              | 6                      | 0,000            | 0,00                      | 3,09                 | 0,177           | 0,35              |
| ACD              | 0,00              | 6                      | 0,000            | 0,00                      | 2,19                 | 0,177           | 0,35              |
| BCD              | 0,54              | 3                      | 0,180            | 1,43                      | 2,19                 | 0,145           | 0,28              |
| ABCD             | 0,00              | 6                      | 0,000            | 0,00                      | 2,70                 | 0,251           | 0,49              |
| Залишок          | 17,74             | 141                    | 0,126            |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 1,76              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 2312,73           | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

Додаток Т.2

**Загальна кількість активних бульбочок на рослині сочевиці на фазу бутонізації залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 2300,86           | 2                      | 1150,430         | 3334,61                   | 2,70                 | 0,104           | 0,20              |
| B                | 11521,87          | 1                      | 11521,870        | 33397,01                  | 3,09                 | 0,085           | 0,17              |
| C                | 1950,02           | 1                      | 1950,020         | 5652,28                   | 3,94                 | 0,085           | 0,17              |
| D                | 1239,98           | 3                      | 413,327          | 1198,06                   | 2,70                 | 0,120           | 0,23              |
| AB               | 117,91            | 2                      | 58,957           | 170,89                    | 3,09                 | 0,147           | 0,29              |
| AC               | 15,55             | 2                      | 7,776            | 22,54                     | 3,09                 | 0,147           | 0,29              |
| AD               | 14,02             | 6                      | 2,336            | 6,77                      | 3,09                 | 0,208           | 0,41              |
| BC               | 12,61             | 1                      | 12,608           | 36,54                     | 2,19                 | 0,120           | 0,23              |
| BD               | 77,75             | 3                      | 25,916           | 75,12                     | 3,94                 | 0,170           | 0,33              |
| CD               | 6,20              | 3                      | 2,068            | 5,99                      | 2,70                 | 0,170           | 0,33              |
| ABC              | 10,00             | 2                      | 4,998            | 14,49                     | 2,70                 | 0,208           | 0,41              |
| ABD              | 1,66              | 6                      | 0,276            | 0,80                      | 3,09                 | 0,294           | 0,58              |
| ACD              | 1,07              | 6                      | 0,179            | 0,52                      | 2,19                 | 0,294           | 0,58              |
| BCD              | 4,31              | 3                      | 1,436            | 4,16                      | 2,19                 | 0,240           | 0,47              |
| ABCD             | 1,30              | 6                      | 0,216            | 0,63                      | 2,70                 | 0,415           | 0,81              |
| Залишок          | 48,64             | 141                    | 0,345            |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 5,18              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 17328,93          | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

Додаток Т.3

**Загальна кількість активних бульбочок на рослині сочевиці на фазу цвітіння залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 2221,18           | 2                      | 1110,59          | 1618,10                   | 2,70                 | 0,146           | 0,29              |
| B                | 12266,75          | 1                      | 12266,75         | 17872,27                  | 3,09                 | 0,120           | 0,23              |
| C                | 1133,33           | 1                      | 1133,33          | 1651,23                   | 3,94                 | 0,120           | 0,23              |
| D                | 1407,18           | 3                      | 469,06           | 683,40                    | 2,70                 | 0,169           | 0,33              |
| AB               | 91,46             | 2                      | 45,73            | 66,62                     | 3,09                 | 0,207           | 0,41              |
| AC               | 2,65              | 2                      | 1,33             | 1,93                      | 3,09                 | 0,207           | 0,41              |
| AD               | 3,44              | 6                      | 0,57             | 0,83                      | 3,09                 | 0,293           | 0,57              |
| BC               | 1,08              | 1                      | 1,08             | 1,57                      | 2,19                 | 0,169           | 0,33              |
| BD               | 63,83             | 3                      | 21,28            | 31,00                     | 3,94                 | 0,239           | 0,47              |
| CD               | 14,51             | 3                      | 4,84             | 7,05                      | 2,70                 | 0,239           | 0,47              |
| ABC              | 1,50              | 2                      | 0,75             | 1,10                      | 2,70                 | 0,293           | 0,57              |
| ABD              | 9,40              | 6                      | 1,57             | 2,28                      | 3,09                 | 0,414           | 0,81              |
| ACD              | 7,06              | 6                      | 1,18             | 1,71                      | 2,19                 | 0,414           | 0,81              |
| BCD              | 14,27             | 3                      | 4,76             | 6,93                      | 2,19                 | 0,338           | 0,66              |
| ABCD             | 3,38              | 6                      | 0,56             | 0,82                      | 2,70                 | 0,586           | 1,15              |
| Залишок          | 96,78             | 141                    | 0,69             |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 6,19              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 17344,00          | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

Додаток Т.4

**Загальна кількість активних бульбочок на рослині сочевиці на фазу утворення бобів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| A                | 2869,36           | 2                      | 1434,681         | 2125,26                   | 2,70                 | 0,145           | 0,28              |
| B                | 8720,00           | 1                      | 8720,000         | 12917,33                  | 3,09                 | 0,119           | 0,23              |
| C                | 704,43            | 1                      | 704,430          | 1043,50                   | 3,94                 | 0,119           | 0,23              |
| D                | 1887,46           | 3                      | 629,153          | 931,99                    | 2,70                 | 0,168           | 0,33              |
| AB               | 408,10            | 2                      | 204,051          | 302,27                    | 3,09                 | 0,205           | 0,40              |
| AC               | 9,97              | 2                      | 4,983            | 7,38                      | 3,09                 | 0,205           | 0,40              |
| AD               | 46,30             | 6                      | 7,716            | 11,43                     | 3,09                 | 0,290           | 0,57              |
| BC               | 22,96             | 1                      | 22,963           | 34,02                     | 2,19                 | 0,168           | 0,33              |
| BD               | 102,00            | 3                      | 34,001           | 50,37                     | 3,94                 | 0,237           | 0,46              |
| CD               | 13,26             | 3                      | 4,419            | 6,55                      | 2,70                 | 0,237           | 0,46              |
| ABC              | 1,23              | 2                      | 0,616            | 0,91                      | 2,70                 | 0,290           | 0,57              |
| ABD              | 14,21             | 6                      | 2,369            | 3,51                      | 3,09                 | 0,411           | 0,81              |
| ACD              | 1,15              | 6                      | 0,191            | 0,28                      | 2,19                 | 0,411           | 0,81              |
| BCD              | 8,20              | 3                      | 2,734            | 4,05                      | 2,19                 | 0,335           | 0,66              |
| ABCD             | 3,68              | 6                      | 0,614            | 0,91                      | 2,70                 | 0,581           | 1,14              |
| Залишок          | 95,18             | 141                    | 0,675            |                           |                      |                 |                   |
| Повторення       | 8,02              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                   |
| Загальна         | 14915,52          | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                   |

**Загальна кількість активних бульбочок на рослині сочевиці на фазу  
достигання залежно від комбінованого поєднання інокуляції та  
застосування мікроелементів, шт. (результати дисперсійного 4-х  
факторного польового дослідів, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|
| A                   | 1940,13              | 2                            | 970,065             | 1983,80                      | 2,70                      | 0,124           | 0,24             |
| B                   | 4602,08              | 1                            | 4602,080            | 9411,35                      | 3,09                      | 0,101           | 0,20             |
| C                   | 215,05               | 1                            | 215,053             | 439,79                       | 3,94                      | 0,101           | 0,20             |
| D                   | 1878,79              | 3                            | 626,263             | 1280,72                      | 2,70                      | 0,143           | 0,28             |
| AB                  | 38,75                | 2                            | 19,376              | 39,62                        | 3,09                      | 0,175           | 0,34             |
| AC                  | 15,08                | 2                            | 7,541               | 15,42                        | 3,09                      | 0,175           | 0,34             |
| AD                  | 12,61                | 6                            | 2,101               | 4,30                         | 3,09                      | 0,247           | 0,48             |
| BC                  | 31,36                | 1                            | 31,363              | 64,14                        | 2,19                      | 0,143           | 0,28             |
| BD                  | 212,52               | 3                            | 70,839              | 144,87                       | 3,94                      | 0,202           | 0,40             |
| CD                  | 11,59                | 3                            | 3,862               | 7,90                         | 2,70                      | 0,202           | 0,40             |
| ABC                 | 5,96                 | 2                            | 2,981               | 6,10                         | 2,70                      | 0,247           | 0,48             |
| ABD                 | 10,95                | 6                            | 1,825               | 3,73                         | 3,09                      | 0,350           | 0,69             |
| ACD                 | 3,98                 | 6                            | 0,663               | 1,36                         | 2,19                      | 0,350           | 0,69             |
| BCD                 | 4,57                 | 3                            | 1,523               | 3,12                         | 2,19                      | 0,285           | 0,56             |
| ABCD                | 1,13                 | 6                            | 0,188               | 0,38                         | 2,70                      | 0,494           | 0,97             |
| Залишок             | 68,95                | 141                          | 0,489               |                              |                           |                 |                  |
| Повторення          | 8,02                 | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                           | В – інокуляція  |                  |
| Загальна            | 14915,52             | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                           | D – підживлення |                  |

**Маса активних бульбочок на рослині сочевиці на фазу стеблуння  
залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування  
мікроелементів, мг (результати дисперсійного 4-х факторного польового  
дослідку, 2019–2021 рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------|
| A                   | 6501,35              | 2                            | 3250,675            | 4774,14                      | 2,70                      | 0,146           | 0,29              |
| B                   | 44367,67             | 1                            | 44367,670           | 65161,06                     | 3,09                      | 0,119           | 0,23              |
| C                   | 8409,50              | 1                            | 8409,500            | 12350,70                     | 3,94                      | 0,119           | 0,23              |
| D                   | 642,29               | 3                            | 214,096             | 314,43                       | 2,70                      | 0,168           | 0,33              |
| AB                  | 980,11               | 2                            | 490,057             | 719,73                       | 3,09                      | 0,206           | 0,40              |
| AC                  | 8,96                 | 2                            | 4,481               | 6,58                         | 3,09                      | 0,206           | 0,40              |
| AD                  | 8,53                 | 6                            | 1,421               | 2,09                         | 3,09                      | 0,292           | 0,57              |
| BC                  | 172,52               | 1                            | 172,521             | 253,37                       | 2,19                      | 0,168           | 0,33              |
| BD                  | 203,28               | 3                            | 67,761              | 99,52                        | 3,94                      | 0,238           | 0,47              |
| CD                  | 44,96                | 3                            | 14,985              | 22,01                        | 2,70                      | 0,238           | 0,47              |
| ABC                 | 28,57                | 2                            | 14,286              | 20,98                        | 2,70                      | 0,292           | 0,57              |
| ABD                 | 5,19                 | 6                            | 0,864               | 1,27                         | 3,09                      | 0,413           | 0,81              |
| ACD                 | 9,51                 | 6                            | 1,585               | 2,33                         | 2,19                      | 0,413           | 0,81              |
| BCD                 | 43,83                | 3                            | 14,610              | 21,46                        | 2,19                      | 0,337           | 0,66              |
| ABCD                | 8,77                 | 6                            | 1,461               | 2,15                         | 2,70                      | 0,583           | 1,14              |
| Залишок             | 96,01                | 141                          | 0,681               |                              |                           |                 |                   |
| Повторення          | 12,91                | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                           | В – інокуляція  |                   |
| Загальна            | 61543,96             | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                           | D – підживлення |                   |

**Маса активних бульбочок на рослині сочевиці на фазу бутонізації залежно  
від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів,  
мг (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослідку, 2019–2021  
рр.)**

| Джерело<br>варіації | Величина<br>варіації | Число<br>ступенів<br>свободи | Середній<br>квадрат | Відно-<br>шення $F_{\phi}$   | Відно-<br>шення $F_{0.5}$ | Sd              | НІР <sub>05</sub> |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------|
| A                   | 6083,11              | 2                            | 3041,56             | 385,89                       | 2,70                      | 0,496           | 0,97              |
| B                   | 31082,80             | 1                            | 31082,80            | 3943,53                      | 3,09                      | 0,405           | 0,79              |
| C                   | 2623,52              | 1                            | 2623,52             | 332,85                       | 3,94                      | 0,405           | 0,79              |
| D                   | 4595,89              | 3                            | 1531,96             | 194,36                       | 2,70                      | 0,573           | 1,12              |
| AB                  | 766,77               | 2                            | 383,39              | 48,64                        | 3,09                      | 0,702           | 1,38              |
| AC                  | 10,37                | 2                            | 5,19                | 0,66                         | 3,09                      | 0,702           | 1,38              |
| AD                  | 12,43                | 6                            | 2,07                | 0,26                         | 3,09                      | 0,993           | 1,95              |
| BC                  | 117,19               | 1                            | 117,19              | 14,87                        | 2,19                      | 0,573           | 1,12              |
| BD                  | 429,32               | 3                            | 143,11              | 18,16                        | 3,94                      | 0,810           | 1,59              |
| CD                  | 27,99                | 3                            | 9,33                | 1,18                         | 2,70                      | 0,810           | 1,59              |
| ABC                 | 14,99                | 2                            | 7,49                | 0,95                         | 2,70                      | 0,993           | 1,95              |
| ABD                 | 33,92                | 6                            | 5,65                | 0,72                         | 3,09                      | 1,404           | 2,75              |
| ACD                 | 3,37                 | 6                            | 0,56                | 0,07                         | 2,19                      | 1,404           | 2,75              |
| BCD                 | 16,15                | 3                            | 5,38                | 0,68                         | 2,19                      | 1,146           | 2,25              |
| ABCD                | 8,41                 | 6                            | 1,40                | 0,18                         | 2,70                      | 1,985           | 3,89              |
| Залишок             | 1111,36              | 141                          | 7,88                |                              |                           |                 |                   |
| Повторення          | 20,64                | 3                            |                     | А – річні умови<br>вегетації |                           | В – інокуляція  |                   |
| Загальна            | 46958,22             | 191                          |                     | С – обробка насіння          |                           | D – підживлення |                   |

Додаток У.3

**Маса активних бульбочок на рослині сочевиці на фазу цвітіння залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, мг (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 213915,24         | 2                      | 106957,620       | 7399,90                   | 2,70                 | 0,672           | 1,32             |
| B                | 688000,00         | 1                      | 688000,000       | 47599,54                  | 3,09                 | 0,549           | 1,08             |
| C                | 20506,69          | 1                      | 20506,690        | 1418,76                   | 3,94                 | 0,549           | 1,08             |
| D                | 243114,28         | 3                      | 81038,093        | 5606,65                   | 2,70                 | 0,776           | 1,52             |
| AB               | 7205,01           | 2                      | 3602,503         | 249,24                    | 3,09                 | 0,950           | 1,86             |
| AC               | 51,14             | 2                      | 25,570           | 1,77                      | 3,09                 | 0,950           | 1,86             |
| AD               | 265,58            | 6                      | 44,263           | 3,06                      | 3,09                 | 1,344           | 2,63             |
| BC               | 1607,77           | 1                      | 1607,767         | 111,23                    | 2,19                 | 0,776           | 1,52             |
| BD               | 12861,68          | 3                      | 4287,228         | 296,61                    | 3,94                 | 1,097           | 2,15             |
| CD               | 29,09             | 3                      | 9,696            | 0,67                      | 2,70                 | 1,097           | 2,15             |
| ABC              | 13,46             | 2                      | 6,730            | 0,47                      | 2,70                 | 1,344           | 2,63             |
| ABD              | 548,76            | 6                      | 91,460           | 6,33                      | 3,09                 | 1,901           | 3,73             |
| ACD              | 98,85             | 6                      | 16,476           | 1,14                      | 2,19                 | 1,901           | 3,73             |
| BCD              | 3,42              | 3                      | 1,141            | 0,08                      | 2,19                 | 1,552           | 3,04             |
| ABCD             | 63,28             | 6                      | 10,547           | 0,73                      | 2,70                 | 2,688           | 5,27             |
| Залишок          | 2038,00           | 141                    | 14,454           |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 317,50            | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 1190639,76        | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

Додаток У.4

**Маса активних бульбочок на рослині сочевиці на фазу формування бобів залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, мг (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 351612,03         | 2                      | 175806,015       | 6130,95                   | 2,70                 | 0,947           | 1,86             |
| B                | 793668,18         | 1                      | 793668,180       | 27677,91                  | 3,09                 | 0,773           | 1,51             |
| C                | 9868,78           | 1                      | 9868,780         | 344,16                    | 3,94                 | 0,773           | 1,51             |
| D                | 363898,41         | 3                      | 121299,470       | 4230,12                   | 2,70                 | 1,093           | 2,14             |
| AB               | 4,19              | 2                      | 2,093            | 0,07                      | 3,09                 | 1,339           | 2,62             |
| AC               | 113,54            | 2                      | 56,770           | 1,98                      | 3,09                 | 1,339           | 2,62             |
| AD               | 71,95             | 6                      | 11,991           | 0,42                      | 3,09                 | 1,893           | 3,71             |
| BC               | 1036,02           | 1                      | 1036,021         | 36,13                     | 2,19                 | 1,093           | 2,14             |
| BD               | 25742,52          | 3                      | 8580,839         | 299,24                    | 3,94                 | 1,546           | 3,03             |
| CD               | 75,51             | 3                      | 25,170           | 0,88                      | 2,70                 | 1,546           | 3,03             |
| ABC              | 76,25             | 2                      | 38,123           | 1,33                      | 2,70                 | 1,893           | 3,71             |
| ABD              | 70,79             | 6                      | 11,798           | 0,41                      | 3,09                 | 2,677           | 5,25             |
| ACD              | 176,07            | 6                      | 29,346           | 1,02                      | 2,19                 | 2,677           | 5,25             |
| BCD              | 184,58            | 3                      | 61,528           | 2,15                      | 2,19                 | 2,186           | 4,28             |
| ABCD             | 135,70            | 6                      | 22,617           | 0,79                      | 2,70                 | 3,786           | 7,42             |
| Залишок          | 4043,20           | 141                    | 28,675           |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 251,61            | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 1551029,32        | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

**Маса активних бульбочок на рослині сочевиці на фазу досягання залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, мг (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 151934,36         | 2                      | 75967,180        | 5950,27                   | 2,70                 | 0,632           | 1,24             |
| B                | 249744,17         | 1                      | 249744,170       | 19561,67                  | 3,09                 | 0,516           | 1,01             |
| C                | 3245,90           | 1                      | 3245,900         | 254,24                    | 3,94                 | 0,516           | 1,01             |
| D                | 147620,31         | 3                      | 49206,770        | 3854,21                   | 2,70                 | 0,729           | 1,43             |
| AB               | 259,57            | 2                      | 129,786          | 10,17                     | 3,09                 | 0,893           | 1,75             |
| AC               | 3,02              | 2                      | 1,511            | 0,12                      | 3,09                 | 0,893           | 1,75             |
| AD               | 34,76             | 6                      | 5,793            | 0,45                      | 3,09                 | 1,263           | 2,48             |
| BC               | 2979,90           | 1                      | 2979,901         | 233,41                    | 2,19                 | 0,729           | 1,43             |
| BD               | 19494,58          | 3                      | 6498,194         | 508,98                    | 3,94                 | 1,031           | 2,02             |
| CD               | 325,72            | 3                      | 108,572          | 8,50                      | 2,70                 | 1,031           | 2,02             |
| ABC              | 0,03              | 2                      | 0,016            | 0,00                      | 2,70                 | 1,263           | 2,48             |
| ABD              | 71,89             | 6                      | 11,982           | 0,94                      | 3,09                 | 1,787           | 3,50             |
| ACD              | 59,63             | 6                      | 9,939            | 0,78                      | 2,19                 | 1,787           | 3,50             |
| BCD              | 260,85            | 3                      | 86,950           | 6,81                      | 2,19                 | 1,459           | 2,86             |
| ABCD             | 14,01             | 6                      | 2,335            | 0,18                      | 2,70                 | 2,527           | 4,95             |
| Залишок          | 1800,15           | 141                    | 12,767           |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 197,14            | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 578046,00         | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |



## Додаток Ф.1

**Кількість бобів на рослині у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт (результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2019 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|------------------|
| A                | 258,79            | 1                      | 258,79           | 986,6                               | 4,06                 | 0,128 | 0,26             |
| B                | 39,69             | 1                      | 39,69            | 151,3                               | 4,06                 | 0,128 | 0,26             |
| C                | 111,71            | 3                      | 37,24            | 142,0                               | 2,81                 | 0,181 | 0,36             |
| AB               | 2,89              | 1                      | 2,89             | 11,0                                | 4,06                 | 0,181 | 0,36             |
| AC               | 7,15              | 3                      | 2,38             | 9,1                                 | 2,81                 | 0,256 | 0,51             |
| BC               | 1,07              | 3                      | 0,36             | 1,4                                 | 2,81                 | 0,256 | 0,51             |
| ABC              | 0,11              | 3                      | 0,04             | 0,1                                 | 2,81                 | 0,362 | 0,72             |
| Залишок          | 11,80             | 45                     | 0,26             |                                     |                      |       |                  |
| Повторення       | 2,40              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                  |
| Загальна         | 449,07            | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                  |

## Додаток Ф.2

**Кількість бобів на рослині у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт (результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2020 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|------------------|
| A                | 279,77            | 1                      | 279,77           | 872,8                               | 4,06                 | 0,142 | 0,28             |
| B                | 56,25             | 1                      | 56,25            | 175,5                               | 4,06                 | 0,142 | 0,28             |
| C                | 66,53             | 3                      | 22,18            | 69,2                                | 2,81                 | 0,200 | 0,40             |
| AB               | 7,29              | 1                      | 7,29             | 22,7                                | 4,06                 | 0,200 | 0,40             |
| AC               | 5,49              | 3                      | 1,83             | 5,7                                 | 2,81                 | 0,283 | 0,56             |
| BC               | 6,05              | 3                      | 2,02             | 6,3                                 | 2,81                 | 0,283 | 0,56             |
| ABC              | 2,69              | 3                      | 0,90             | 2,8                                 | 2,81                 | 0,400 | 0,80             |
| Залишок          | 14,42             | 45                     | 0,32             |                                     |                      |       |                  |
| Повторення       | 2,02              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                  |
| Загальна         | 460,03            | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                  |

## Додаток Ф.3

**Кількість бобів на рослині у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт (результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2021 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|------------------|
| A                | 379,44            | 1                      | 379,44           | 1228,0                              | 4,06                 | 0,139 | 0,28             |
| B                | 73,96             | 1                      | 73,96            | 239,4                               | 4,06                 | 0,139 | 0,28             |
| C                | 114,02            | 3                      | 38,01            | 123,0                               | 2,81                 | 0,197 | 0,39             |
| AB               | 2,89              | 1                      | 2,89             | 9,4                                 | 4,06                 | 0,197 | 0,39             |
| AC               | 4,85              | 3                      | 1,62             | 5,2                                 | 2,81                 | 0,278 | 0,55             |
| BC               | 3,86              | 3                      | 1,29             | 4,2                                 | 2,81                 | 0,278 | 0,55             |
| ABC              | 0,33              | 3                      | 0,11             | 0,4                                 | 2,81                 | 0,393 | 0,78             |
| Залишок          | 13,90             | 45                     | 0,31             |                                     |                      |       |                  |
| Повторення       | 5,72              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                  |
| Загальна         | 631,62            | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                  |

## Додаток X.1

**Кількість насінин на рослині у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт (результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2019 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|------------------|
| A                | 1034,03           | 1                      | 1034,03          | 2077,7                              | 4,06                 | 0,176 | 0,35             |
| B                | 242,19            | 1                      | 242,19           | 486,6                               | 4,06                 | 0,176 | 0,35             |
| C                | 655,36            | 3                      | 218,45           | 438,9                               | 2,81                 | 0,249 | 0,50             |
| AB               | 34,37             | 1                      | 34,37            | 69,1                                | 4,06                 | 0,249 | 0,50             |
| AC               | 22,30             | 3                      | 7,43             | 14,9                                | 2,81                 | 0,353 | 0,70             |
| BC               | 5,20              | 3                      | 1,73             | 3,5                                 | 2,81                 | 0,353 | 0,70             |
| ABC              | 4,78              | 3                      | 1,59             | 3,2                                 | 2,81                 | 0,499 | 1,00             |
| Залишок          | 22,40             | 45                     | 0,50             |                                     |                      |       |                  |
| Повторення       | 2,71              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                  |
| Загальна         | 2087,40           | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                  |

## Додаток X.2

**Кількість насінин на рослині у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт (результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2020 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|------------------|
| A                | 985,17            | 1                      | 985,17           | 1471,1                              | 4,06                 | 0,205 | 0,41             |
| B                | 157,50            | 1                      | 157,50           | 235,2                               | 4,06                 | 0,205 | 0,41             |
| C                | 761,25            | 3                      | 253,75           | 378,9                               | 2,81                 | 0,289 | 0,58             |
| AB               | 12,60             | 1                      | 12,60            | 18,8                                | 4,06                 | 0,289 | 0,58             |
| AC               | 40,65             | 3                      | 13,55            | 20,2                                | 2,81                 | 0,409 | 0,82             |
| BC               | 6,21              | 3                      | 2,07             | 3,1                                 | 2,81                 | 0,409 | 0,82             |
| ABC              | 0,15              | 3                      | 0,05             | 0,1                                 | 2,81                 | 0,579 | 1,15             |
| Залишок          | 30,14             | 45                     | 0,67             |                                     |                      |       |                  |
| Повторення       | 5,04              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                  |
| Загальна         | 2099,24           | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                  |

## Додаток X.3

**Кількість насінин на рослині у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, шт (результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2021 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|------------------|
| A                | 1383,63           | 1                      | 1383,63          | 2502,5                              | 4,06                 | 0,186 | 0,37             |
| B                | 402,00            | 1                      | 402,00           | 727,1                               | 4,06                 | 0,186 | 0,37             |
| C                | 698,97            | 3                      | 232,99           | 421,4                               | 2,81                 | 0,263 | 0,52             |
| AB               | 97,02             | 1                      | 97,02            | 175,5                               | 4,06                 | 0,263 | 0,52             |
| AC               | 14,35             | 3                      | 4,78             | 8,7                                 | 2,81                 | 0,372 | 0,74             |
| BC               | 11,17             | 3                      | 3,72             | 6,7                                 | 2,81                 | 0,372 | 0,74             |
| ABC              | 14,43             | 3                      | 4,81             | 8,7                                 | 2,81                 | 0,526 | 1,05             |
| Залишок          | 24,88             | 45                     | 0,55             |                                     |                      |       |                  |
| Повторення       | 10,26             | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                  |
| Загальна         | 2797,98           | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                  |

## Додаток Ц.1

**Маса 1000 насінин у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г**

**(результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2019 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|------------------|
| A                | 123,53            | 1                      | 123,53           | 173,01                              | 4,06                 | 0,211 | 0,421            |
| B                | 2,72              | 1                      | 2,72             | 3,81                                | 4,06                 | 0,211 | 0,421            |
| C                | 8,01              | 3                      | 2,67             | 3,74                                | 2,81                 | 0,299 | 0,596            |
| AB               | 0,30              | 1                      | 0,30             | 0,42                                | 4,06                 | 0,299 | 0,596            |
| AC               | 1,35              | 3                      | 0,45             | 0,63                                | 2,81                 | 0,423 | 0,843            |
| BC               | 0,45              | 3                      | 0,15             | 0,21                                | 2,81                 | 0,423 | 0,843            |
| ABC              | 0,71              | 3                      | 0,24             | 0,33                                | 2,81                 | 0,598 | 1,192            |
| Залишок          | 32,13             | 45                     | 0,71             |                                     |                      |       |                  |
| Повторення       | 9,01              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                  |
| Загальна         | 185,78            | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                  |

## Додаток Ц.2

**Маса 1000 насінин у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г**

**(результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2020 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|------------------|
| A                | 125,67            | 1                      | 125,67           | 416,60                              | 4,06                 | 0,137 | 0,274            |
| B                | 1,44              | 1                      | 1,44             | 4,77                                | 4,06                 | 0,137 | 0,274            |
| C                | 8,99              | 3                      | 3,00             | 9,93                                | 2,81                 | 0,194 | 0,387            |
| AB               | 0,00              | 1                      | 0,00             | 0,00                                | 4,06                 | 0,194 | 0,387            |
| AC               | 0,35              | 3                      | 0,12             | 0,39                                | 2,81                 | 0,275 | 0,548            |
| BC               | 0,24              | 3                      | 0,08             | 0,27                                | 2,81                 | 0,275 | 0,548            |
| ABC              | 0,08              | 3                      | 0,03             | 0,09                                | 2,81                 | 0,388 | 0,775            |
| Залишок          | 13,58             | 45                     | 0,30             |                                     |                      |       |                  |
| Повторення       | 0,54              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                  |
| Загальна         | 157,47            | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                  |

## Додаток Ц.3

**Маса 1000 насінин у сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, г**

**(результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2021 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|------------------|
| A                | 211,74            | 1                      | 211,74           | 254,61                              | 4,06                 | 0,228 | 0,455            |
| B                | 9,30              | 1                      | 9,30             | 11,19                               | 4,06                 | 0,228 | 0,455            |
| C                | 52,43             | 3                      | 17,48            | 21,01                               | 2,81                 | 0,322 | 0,643            |
| AB               | 0,00              | 1                      | 0,00             | 0,00                                | 4,06                 | 0,322 | 0,643            |
| AC               | 0,35              | 3                      | 0,12             | 0,14                                | 2,81                 | 0,456 | 0,910            |
| BC               | 0,99              | 3                      | 0,33             | 0,40                                | 2,81                 | 0,456 | 0,910            |
| ABC              | 0,49              | 3                      | 0,16             | 0,20                                | 2,81                 | 0,645 | 1,286            |
| Залишок          | 37,42             | 45                     | 0,83             |                                     |                      |       |                  |
| Повторення       | 9,20              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                  |
| Загальна         | 336,68            | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                  |

## Додаток III.1

**Врожайність сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, т/га (результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2019 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|-------------------|
| A                | 1,563             | 1                      | 1,563            | 306,46                              | 4,06                 | 0,018 | 0,036             |
| B                | 0,185             | 1                      | 0,185            | 36,26                               | 4,06                 | 0,018 | 0,036             |
| C                | 1,650             | 3                      | 0,550            | 107,85                              | 2,81                 | 0,025 | 0,050             |
| AB               | 0,002             | 1                      | 0,002            | 0,31                                | 4,06                 | 0,025 | 0,050             |
| AC               | 0,030             | 3                      | 0,010            | 1,95                                | 2,81                 | 0,036 | 0,071             |
| BC               | 0,013             | 3                      | 0,004            | 0,86                                | 2,81                 | 0,036 | 0,071             |
| ABC              | 0,008             | 3                      | 0,003            | 0,52                                | 2,81                 | 0,050 | 0,101             |
| Залишок          | 0,229             | 45                     | 0,005            |                                     |                      |       |                   |
| Повторення       | 0,15              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                   |
| Загальна         | 3,98              | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                   |

## Додаток III.2

**Врожайність сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, т/га (результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2020 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|-------------------|
| A                | 1,339             | 1                      | 1,339            | 191,78                              | 4,06                 | 0,021 | 0,042             |
| B                | 0,391             | 1                      | 0,391            | 55,96                               | 4,06                 | 0,021 | 0,042             |
| C                | 1,612             | 3                      | 0,537            | 76,98                               | 2,81                 | 0,030 | 0,059             |
| AB               | 0,002             | 1                      | 0,002            | 0,29                                | 4,06                 | 0,030 | 0,059             |
| AC               | 0,010             | 3                      | 0,003            | 0,50                                | 2,81                 | 0,042 | 0,083             |
| BC               | 0,007             | 3                      | 0,002            | 0,34                                | 2,81                 | 0,042 | 0,083             |
| ABC              | 0,000             | 3                      | 0,000            | 0,02                                | 2,81                 | 0,059 | 0,118             |
| Залишок          | 0,314             | 45                     | 0,007            |                                     |                      |       |                   |
| Повторення       | 0,12              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                   |
| Загальна         | 3,92              | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                   |

## Додаток III.3

**Врожайність сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, т/га (результати дисперсійного 3-х факторного польового дослід, 2021 р.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$               | Відношення $F_{0.5}$ | Sd    | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|-------------------|
| A                | 2,239             | 1                      | 2,239            | 269,82                              | 4,06                 | 0,023 | 0,045             |
| B                | 0,783             | 1                      | 0,783            | 94,39                               | 4,06                 | 0,023 | 0,045             |
| C                | 2,103             | 3                      | 0,701            | 84,48                               | 2,81                 | 0,032 | 0,064             |
| AB               | 0,021             | 1                      | 0,021            | 2,53                                | 4,06                 | 0,032 | 0,064             |
| AC               | 0,007             | 3                      | 0,002            | 0,28                                | 2,81                 | 0,046 | 0,091             |
| BC               | 0,027             | 3                      | 0,009            | 1,07                                | 2,81                 | 0,046 | 0,091             |
| ABC              | 0,004             | 3                      | 0,001            | 0,18                                | 2,81                 | 0,064 | 0,128             |
| Залишок          | 0,373             | 45                     | 0,008            |                                     |                      |       |                   |
| Повторення       | 0,06              | 3                      |                  | A – інокуляція                      |                      |       |                   |
| Загальна         | 5,79              | 63                     |                  | B – обробка насіння C – підживлення |                      |       |                   |

**Врожайність сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, т/га (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 9,532             | 2                      | 4,766            | 311,81                    | 2,70                 | 0,022           | 0,043            |
| B                | 6,388             | 1                      | 6,388            | 417,95                    | 3,09                 | 0,018           | 0,035            |
| C                | 0,815             | 1                      | 0,815            | 53,34                     | 3,94                 | 0,018           | 0,035            |
| D                | 2,182             | 3                      | 0,727            | 47,59                     | 2,70                 | 0,025           | 0,049            |
| AB               | 0,144             | 2                      | 0,072            | 4,71                      | 3,09                 | 0,031           | 0,061            |
| AC               | 0,031             | 2                      | 0,015            | 1,01                      | 3,09                 | 0,031           | 0,061            |
| AD               | 0,233             | 6                      | 0,039            | 2,54                      | 3,09                 | 0,044           | 0,086            |
| BC               | 0,002             | 1                      | 0,002            | 0,13                      | 2,19                 | 0,025           | 0,049            |
| BD               | 0,023             | 3                      | 0,008            | 0,49                      | 3,94                 | 0,036           | 0,070            |
| CD               | 0,006             | 3                      | 0,002            | 0,13                      | 2,70                 | 0,036           | 0,070            |
| ABC              | 0,004             | 2                      | 0,002            | 0,13                      | 2,70                 | 0,044           | 0,086            |
| ABD              | 0,010             | 6                      | 0,002            | 0,11                      | 3,09                 | 0,062           | 0,121            |
| ACD              | 0,021             | 6                      | 0,003            | 0,22                      | 2,19                 | 0,062           | 0,121            |
| BCD              | 0,008             | 3                      | 0,003            | 0,18                      | 2,19                 | 0,050           | 0,099            |
| ABCD             | 0,014             | 6                      | 0,002            | 0,16                      | 2,70                 | 0,087           | 0,171            |
| Залишок          | 2,155             | 141                    | 0,015            |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 0,27              | 3                      |                  | A – річні умови вегетації |                      | B – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 21,83             | 191                    |                  | C – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

**Вміст сирого протеїну в зерні сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, % (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 180,783           | 2                      | 90,392           | 245,09                    | 2,70                 | 0,107           | 0,21             |
| B                | 108,000           | 1                      | 108,000          | 292,84                    | 3,09                 | 0,088           | 0,17             |
| C                | 5,603             | 1                      | 5,603            | 15,19                     | 3,94                 | 0,088           | 0,17             |
| D                | 71,660            | 3                      | 23,887           | 64,77                     | 2,70                 | 0,124           | 0,24             |
| AB               | 1,085             | 2                      | 0,543            | 1,47                      | 3,09                 | 0,152           | 0,30             |
| AC               | 0,542             | 2                      | 0,271            | 0,73                      | 3,09                 | 0,152           | 0,30             |
| AD               | 1,795             | 6                      | 0,299            | 0,81                      | 3,09                 | 0,215           | 0,42             |
| BC               | 2,803             | 1                      | 2,803            | 7,60                      | 2,19                 | 0,124           | 0,24             |
| BD               | 0,033             | 3                      | 0,011            | 0,03                      | 3,94                 | 0,175           | 0,34             |
| CD               | 2,350             | 3                      | 0,783            | 2,12                      | 2,70                 | 0,175           | 0,34             |
| ABC              | 0,222             | 2                      | 0,111            | 0,30                      | 2,70                 | 0,215           | 0,42             |
| ABD              | 0,162             | 6                      | 0,027            | 0,07                      | 3,09                 | 0,304           | 0,60             |
| ACD              | 0,865             | 6                      | 0,144            | 0,39                      | 2,19                 | 0,304           | 0,60             |
| BCD              | 0,137             | 3                      | 0,046            | 0,12                      | 2,19                 | 0,248           | 0,49             |
| ABCD             | 0,158             | 6                      | 0,026            | 0,07                      | 2,70                 | 0,429           | 0,84             |
| Залишок          | 52,002            | 141                    | 0,369            |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 3,33              | 3                      |                  | A – річні умови вегетації |                      | B – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 431,53            | 191                    |                  | C – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

**Вміст загального азоту в зерні сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, % (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослід, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0.5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 2,8511            | 2                      | 1,4256           | 144,0623                  | 2,70                 | 0,018           | 0,034            |
| B                | 1,7400            | 1                      | 1,7400           | 175,8381                  | 3,09                 | 0,014           | 0,028            |
| C                | 0,0600            | 1                      | 0,0600           | 6,0634                    | 3,94                 | 0,014           | 0,028            |
| D                | 1,0200            | 3                      | 0,3400           | 34,3592                   | 2,70                 | 0,020           | 0,040            |
| AB               | 0,0021            | 2                      | 0,0010           | 0,1056                    | 3,09                 | 0,025           | 0,049            |
| AC               | 0,0000            | 2                      | 0,0000           | 0,0000                    | 3,09                 | 0,025           | 0,049            |
| AD               | 0,0002            | 6                      | 0,0000           | 0,0030                    | 3,09                 | 0,035           | 0,069            |
| BC               | 0,0048            | 1                      | 0,0048           | 0,4851                    | 2,19                 | 0,020           | 0,040            |
| BD               | 0,0078            | 3                      | 0,0026           | 0,2627                    | 3,94                 | 0,029           | 0,056            |
| CD               | 0,0063            | 3                      | 0,0021           | 0,2122                    | 2,70                 | 0,029           | 0,056            |
| ABC              | 0,0000            | 2                      | 0,0000           | 0,0002                    | 2,70                 | 0,035           | 0,069            |
| ABD              | 0,0000            | 6                      | 0,0000           | 0,0001                    | 3,09                 | 0,050           | 0,097            |
| ACD              | 0,0000            | 6                      | 0,0000           | 0,0001                    | 2,19                 | 0,050           | 0,097            |
| BCD              | 0,0042            | 3                      | 0,0014           | 0,1415                    | 2,19                 | 0,041           | 0,080            |
| ABCD             | 0,0000            | 6                      | 0,0000           | 0,0001                    | 2,70                 | 0,070           | 0,138            |
| Залишок          | 1,3953            | 141                    | 0,0099           |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 0,17              | 3                      |                  | A – річні умови вегетації |                      | B – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 7,27              | 191                    |                  | C – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

**Вміст крохмалю в зерні сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, % (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослідю, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0,5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 493,6348          | 2                      | 246,8174         | 277,5989                  | 2,70                 | 0,167           | 0,33             |
| B                | 185,5300          | 1                      | 185,5300         | 208,6681                  | 3,09                 | 0,136           | 0,27             |
| C                | 5,1500            | 1                      | 5,1500           | 5,7923                    | 3,94                 | 0,136           | 0,27             |
| D                | 122,9300          | 3                      | 40,9767          | 46,0870                   | 2,70                 | 0,192           | 0,38             |
| AB               | 0,0410            | 2                      | 0,0205           | 0,0231                    | 3,09                 | 0,236           | 0,46             |
| AC               | 0,0001            | 2                      | 0,0001           | 0,0001                    | 3,09                 | 0,236           | 0,46             |
| AD               | 0,0326            | 6                      | 0,0054           | 0,0061                    | 3,09                 | 0,333           | 0,65             |
| BC               | 0,1182            | 1                      | 0,1182           | 0,1330                    | 2,19                 | 0,192           | 0,38             |
| BD               | 0,2007            | 3                      | 0,0669           | 0,0752                    | 3,94                 | 0,272           | 0,53             |
| CD               | 0,8119            | 3                      | 0,2706           | 0,3044                    | 2,70                 | 0,272           | 0,53             |
| ABC              | 0,0003            | 2                      | 0,0002           | 0,0002                    | 2,70                 | 0,333           | 0,65             |
| ABD              | 0,0012            | 6                      | 0,0002           | 0,0002                    | 3,09                 | 0,471           | 0,92             |
| ACD              | 0,0019            | 6                      | 0,0003           | 0,0004                    | 2,19                 | 0,471           | 0,92             |
| BCD              | 0,0673            | 3                      | 0,0224           | 0,0252                    | 2,19                 | 0,385           | 0,75             |
| ABCD             | 0,0011            | 6                      | 0,0002           | 0,0002                    | 2,70                 | 0,667           | 1,31             |
| Залишок          | 125,3652          | 141                    | 0,8891           |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 17,86             | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 951,75            | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |

**Вміст сирової клітковини в зерні сочевиці залежно від комбінованого поєднання інокуляції та застосування мікроелементів, % (результати дисперсійного 4-х факторного польового дослідю, 2019–2021 рр.)**

| Джерело варіації | Величина варіації | Число ступенів свободи | Середній квадрат | Відношення $F_{\phi}$     | Відношення $F_{0,5}$ | Sd              | HP <sub>05</sub> |
|------------------|-------------------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| A                | 3,76089           | 2                      | 1,88044          | 197,5621                  | 2,70                 | 0,017           | 0,03             |
| B                | 0,94000           | 1                      | 0,94000          | 98,7577                   | 3,09                 | 0,014           | 0,03             |
| C                | 0,05000           | 1                      | 0,05000          | 5,2531                    | 3,94                 | 0,014           | 0,03             |
| D                | 0,67000           | 3                      | 0,22333          | 23,4637                   | 2,70                 | 0,020           | 0,04             |
| AB               | 0,00010           | 2                      | 0,00005          | 0,0052                    | 3,09                 | 0,024           | 0,05             |
| AC               | 0,00002           | 2                      | 0,00001          | 0,0008                    | 3,09                 | 0,024           | 0,05             |
| AD               | 0,00041           | 6                      | 0,00007          | 0,0072                    | 3,09                 | 0,034           | 0,07             |
| BC               | 0,00621           | 1                      | 0,00621          | 0,6529                    | 2,19                 | 0,020           | 0,04             |
| BD               | 0,00084           | 3                      | 0,00028          | 0,0296                    | 3,94                 | 0,028           | 0,06             |
| CD               | 0,00084           | 3                      | 0,00028          | 0,0296                    | 2,70                 | 0,028           | 0,06             |
| ABC              | 0,00002           | 2                      | 0,00001          | 0,0008                    | 2,70                 | 0,034           | 0,07             |
| ABD              | 0,00000           | 6                      | 0,00000          | 0,0000                    | 3,09                 | 0,049           | 0,10             |
| ACD              | 0,00000           | 6                      | 0,00000          | 0,0000                    | 2,19                 | 0,049           | 0,10             |
| BCD              | 0,00084           | 3                      | 0,00028          | 0,0296                    | 2,19                 | 0,040           | 0,08             |
| ABCD             | 0,00000           | 6                      | 0,00000          | 0,0000                    | 2,70                 | 0,069           | 0,14             |
| Залишок          | 1,34207           | 141                    | 0,00952          |                           |                      |                 |                  |
| Повторення       | 0,65              | 3                      |                  | А – річні умови вегетації |                      | В – інокуляція  |                  |
| Загальна         | 7,42              | 191                    |                  | С – обробка насіння       |                      | D – підживлення |                  |