

Міністерство освіти і науки України
Сумський національний аграрний університет

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОВАЛЕНКО МАРИНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК: 633.1:631.8:631.5

ДИСЕРТАЦІЯ

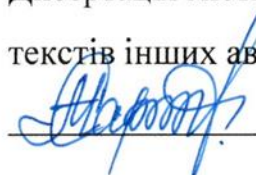
**ОПТИМІЗАЦІЯ СОРТОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
СОРГО ЗЕРНОВОГО В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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



М.О. Коваленко

Науковий керівник: Жатова Галина Олексіївна, кандидат с.-г. наук, професор

Суми – 2024

АНОТАЦІЯ

Коваленко М.О. Оптимізація сортової технології вирощування сорго зернового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія». – Сумський національний аграрний університет, Міністерство освіти і науки України, Суми, 2024.

Зміна клімату в бік аридизації розширює потенційний регіон вирощування культури зернового сорго. Основним аргументом більш інтенсивного залучення культури до Північно-Східного Лісостепу України є висока екологічна пластичність, здатність в несприятливих за значенням гідротермічного коефіцієнту бути повноцінною альтернативою іншим яриям зерновим (ячменю, кукурудзі, соняшнику, просу).

Базисні елементи зональної технології вирощування сорго в південних регіонах вивчалися багатьма науковцями. Проте технологічні елементи вирощування цієї культури в умовах Північно-Східного регіону України потребують детального дослідження для забезпечення формування високих і сталих урожаїв. Актуальність вказаних проблем визначили наукову доцільність та практичне значення дослідження з метою оптимізації технології вирощування сорго зернового в умовах Північно-Східного регіону України.

Уперше для зони Північно-Східного Лісостепу України встановлено сортові параметри технології вирощування сучасних сортів та гібридів сорго зернового вітчизняної та іноземної селекції. Визначено, середні значення поправкового коефіцієнта (0,73) для розрахунку норми висіву на кінцеву густоту. Розраховано нормативні показники площі листової поверхні посіву при використанні норм висіву від 165 до 490 тис.шт./га та нормах мінеральних добрив в діапазоні до $N_{70}P_{70}K_{70}$. Розраховано алгоритм динаміки показників продуктивності рослин, кількості насіння та маси 1000 насінин при зміні норми висіву та норми мінеральних добрив.

Розраховано рівень прибавки урожаю сортів сорго зернового за різних норм мінеральних добрив. Набули подальшого розвитку положення щодо сортової диференціації в зональних технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Обґрунтовано економічну ефективність внесення різних норм добрив та різних норм висіву за вирощування сорго зернового.

У дисертаційній роботі викладено результати досліджень та теоретичне обґрунтування удосконалення елементів технології вирощування сорго зернового: вивчення сортових особливостей, впливу різних норм мінеральних добрив та різних норм висіву на ріст і розвиток рослин, продуктивність, урожайність та його якісні показники. Проаналізовано вітчизняні та закордонні наукові праці щодо значення культури та питань вирощування сорго зернового в Україні та Сумській області, які показують позитивну динаміку до збільшення посівних площ та врожайності культури за останні роки. Наведено огляд досліджень щодо встановлення впливу різних норм мінеральних добрив, а також норм висіву на ростові процеси рослин сорго зернового, на морфопараметри та якісні показники рослин.

Визначено, що польова схожість сорго в досліді була обумовлена нормою висіву, погодними умовами року, особливостями генотипів: найвищі значення показника за роки досліджень відмічено на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га в гібриду Янкі (88,9%), у сортів Самаран 6 та Дніпровський 39 на 6,3 – 6,6% нижче. Зі збільшенням норми висіву спостерігали тенденцію до зниження польової схожості у всіх сортів та гібриду сорго, а саме: Янкі – до 15%, Дніпровський 39 – до 13%, Самаран 6 – до 9,9%. Серед агротехнічних факторів, що вивчалися, найбільший вплив на польову схожість мала норма висіву насіння – 66%, генетичні особливості сортів та гібриду складала 15%. Вживаність рослин досліджуваних сортів та гібриду сорго зернового залежала від впливу норми висіву насіння, і була найвищою на варіантах з найменшою нормою висіву в досліді – 165 тис.шт./га й становила 70,8 – 77,8% залежно від сорту. Передзбиральна густина посіву була максимальною в досліді на варіанті з найвищою нормою висіву – 490 тис.шт./га для всіх сортів та гібриду і була в середньому 299,43 тис. рослин/га.

Суттєвої різниці росту та розвитку рослин на перших етапах онтогенезу, залежно від норми висіву, не спостерігалось. Фаза цвітіння починалася раніше при збільшенні норми висіву: від 2 днів (Самаран 6) до 5 днів (гібрид Янкі). Загалом підвищення норм висіву з 165 тис.шт./га до 490 тис.шт./га призводить до скорочення тривалості вегетаційного періоду від 5 (сорт Дніпровський 39) до 11 днів (гібрид Янкі).

Загущення посіву позначається на площі фотосинтетичного апарату рослин: площа листків однієї рослини знижується, проте загальна листкова поверхня на 1 м² зростає за рахунок збільшення кількості рослин. Аналіз вмісту пігментів в листках сорго виявив, що посилення затінення листків нижніх ярусів рослин як наслідок загущення посіву через збільшення норми висіву веде до зростання вмісту тіньового хлорофілу «b» у всіх сортів та гібриду сорго (на 0,9 – 0,14 мг/г). Встановлено, що найбільший вміст хлорофілів «a + b» в гібриду Янкі становив 2,30 мг/г на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га, а найменший – на варіанті з нормою 165 тис.шт./га – 2,03 мг/г.

Збільшення норм висіву до 490 тис.шт./га насіння негативно впливає на формування параметрів врожаю, знижує коефіцієнт продуктивної кущіння на 0,4 – 0,5, зменшується кількість та маса насіння на волоть у всіх досліджуваних сортів та гібриду сорго. Максимальна кількість насіння (581,61 – 635,37 – 817,5 шт./волоть) та його маса були в рослин на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га (найнижча в досліді). Зі збільшенням густоти рослин маса насіння істотно знижувалася: у гібриду Янкі – на 23% менше від максимального показника, у сортів Дніпровський 39 та Самаран 6 маса насіння знизилася на 32 та 23% нижче від максимального показника маси насіння.

Норми висіву, як і сортові особливості, впливали на рівень продуктивності сортів та гібриду сорго зернового. Врожайність варіювала від 1,87 т/га (норма висіву – 490 тис.шт./га схожого насіння, Самаран 6) до 4,29 т/га (норма висіву – 330 тис.шт./га схожого насіння, гібрид Янкі). Для формування високого рівня врожайності оптимальною густотою стояння рослин гібриду Янкі й сорту Дніпровський 39 була норма висіву 330 тис.шт./га, а для сорту Самаран 6 – 165 тис.шт./га. У всіх сортів та

гібриду найнижчі значення показника врожайності були на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га.

Найвищий рівень рентабельності відмічено в гібриду Янкі на варіантах з нормою висіву 165 та 330 тис.шт./га. (31 і 24,6%). Прибуток на цих варіантах склав 5544 та 4651 грн/га відповідно. У сорту Дніпровський 39 найвище значення рентабельності було на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га – 8,5%, прибуток – 1517 грн/га. Підвищення норми висіву до 330 тис.шт./га призводило до зниження прибутку та рентабельності – 709 грн/га та 3,8% відповідно. Щодо сорту Самаран 6, то жоден із варіантів дослідів не показав позитивних показників рентабельності.

Дослідження впливу норм добрив на ріст, розвиток та врожайність сорго зернового виявило, що найкращі показники кінцевої густоти посіву забезпечив варіант із внесенням добрив нормою $N_{70}P_{70}K_{70}$ у сорту Самаран 6 і гібриду Янкі (201,54 і 191,88 тис.шт./га відповідно), у сорту Дніпровський 39 варіант з нормою добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ – 189,08 тис.шт./га. Найвищий показник кінцевої густоти рослин по фактору А виявлено у сорту Самаран 6, який становить 196,99 тис.шт./га. В середньому по варіантах з внесенням добрив, найвищий показник кінцевої густоти посіву 193,65 тис.шт./га був при внесенні норми добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$.

Тривалість періоду вегетації, як реакція на різні норми внесення добрив, збільшувалася порівняно до вирощування на природному фоні: у гібриду Янкі на 17 днів, сортів Дніпровський 39 – на 10 днів, Самаран 6 – на 15 днів. Найбільшого впливу при застосуванні добрив зазнали фенологічні фази «сходи-цвітіння» та «цвітіння-стиглість». Фаза «сходи-цвітіння» подовжувалася при удобренні від 5 днів (Самаран 6 та Дніпровський 39) до 8 днів (гібрид Янкі). Дозрівання рослин при застосуванні норми добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ наставало на 4 дні пізніше у сорту Дніпровський 39, у гібриду Янкі на 8 днів пізніше і у сорту Самаран 6 на 9 днів.

Норми добрив вплинули на ростові процеси рослин сорго зернового. У всіх досліджуваних сортів найбільша висота стебла спостерігалася на варіантах з нормою добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$. Виявлено, що удобрення призводило до збільшення кількості листків на одній рослині. У сорту Дніпровський 39 внесення мінеральних добрив в нормі $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ сприяло збільшенню кількості листків на 3 – 5

шт./рослину, та становило 22 і 24 шт./рослину. У гібриду Янкі внесення мінеральних добрив з нормами $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ сприяло зростанню кількості листків відповідно від 1 до 9 шт./рослину. У сорту Самаран 6 норми добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ сприяли збільшенню кількості листків на 7 – 8 шт./рослину до 25 та 26 шт./рослину. Площа листкового апарату залежала від норм добрив і зростала за всіма варіантами дослідів. Коефіцієнт листкової поверхні посіву був найвищим у гібриду Янкі з показником – $2,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та сорту Дніпровський 39 – $1,60 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Найбільший вплив на коефіцієнт листкової поверхні мала норма добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ – $2,21 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ – $1,68 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Виявлена відмінність між варіантами щодо формування генеративних органів рослин. Кількість волотей у рослин сорго залежала як від внесення добрив, так і від особливостей сорту і була найбільшою у гібриду Янкі – 226,77 тис./га та у сорту Самаран 6 – 254,81 тис./га. Норми добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ забезпечили найвищі значення показника: 238,11 і 255,92 тис./га відповідно. Максимальні значення параметра довжини суцвіття були на варіанті із застосуванням мінеральних добрив в нормі $N_{70}P_{70}K_{70}$. На варіантах із внесенням добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ і $N_{70}P_{70}K_{70}$ спостерігалася тенденція до зменшення розміру волоті. Найбільша кількість насіння у волоті була в гібриду Янкі (831,72 шт./волоть) та сорту Дніпровський 39 (518,98 шт./волоть) та при застосуванні норм добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 575,11 та 666,85 шт./волоть відповідно.

Встановлено збільшення маси насіння з підвищенням доз добрив на варіантах дослідів. Найбільша маса 1000 насіння була в гібриду Янкі (20,65 г), та сорту Дніпровський 39 (14,68 г). Для формування виповненого насіння оптимальними були варіанти норми добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 26,68 та 25,15 г відповідно.

Отримання максимального врожаю в досліді у сорту Дніпровський 39 було за норми внесення добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$, (3,56 т/га – 4,52 т/га). Максимальна врожайність гібриду Янкі була відмічена за норм внесення добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ і склала 6,32 і 4,29 т/га відповідно. Сорт Самаран 6 формував максимальну врожайність зерна у досліді за умови внесення добрив нормою $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 2,30 т/га. Зі збільшенням норм добрив зростав коефіцієнт урожайності, який був максимальний

у гібриду Янкі та сорту Самаран 6. Оптимальними нормами добрив були $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ з середнім значенням коефіцієнта 35 – 37%.

У сорту Дніпровський 39 та сорту Самаран 6 максимальний рівень прибавки врожаю відмічено на ділянках із внесенням $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 11,8 кг та 5,52 кг зерна на 1 кг д.р. відповідно. У гібриду Янкі найвищі значення показника – 11,90 кг зерна на 1 кг д.р. відмічено на ділянках із максимальною нормою $N_{70}P_{70}K_{70}$.

Встановлено, що в сорту Дніпровський 39 найбільший прибуток та рівень рентабельності забезпечило внесення норми добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 709 грн/га і 3,8 % відповідно. Позитивні значення показників було досягнуто на варіанті з нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$: прибуток – 411 грн/га, рентабельність – 1,7%. Всі варіанти внесення норм добрив при вирощуванні гібриду Янкі забезпечили позитивну прибутковість та рентабельність. Максимальний прибуток на варіанті з нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ склав 10570 грн/га, рентабельність на цьому варіанті була 43,7%.

Ключові слова: сорго зернове, сорт, гібрид, ріст, розвиток, добрива, норма висіву, урожайність, продуктивність, збереженість, схожість, біометричні параметри, вегетаційний період, етапи органогенезу.

ABSTRACT

Kovalenko M.O. Optimization of grain sorghum cultivation variety technology in the conditions of the northeastern Forest-Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 "Agronomy". – Sumy National Agrarian University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2024.

Climate change towards aridization expands the potential region for grain sorghum cultivation. The primary argument for more intensive involvement of this crop in the northeastern Forest-Steppe of Ukraine is its high ecological plasticity, enabling it to be a full-fledged alternative to other spring cereals (barley, corn, sunflower, millet) under unfavorable hydrothermal conditions. The basic elements of the zonal technology for sorghum cultivation in southern regions have been studied by many scientists. However, the technological elements of cultivating this crop in the northeastern region of Ukraine require detailed research to ensure the formation of high and stable yields. The relevance of these issues determined the scientific feasibility and practical significance of the research aimed at optimizing the technology for grain sorghum cultivation in the northeastern region of Ukraine.

For the first time in the northeastern Forest-Steppe zone of Ukraine, varietal parameters of the technology for cultivating modern varieties and hybrids of grain sorghum of domestic and foreign selection have been established. The average value of the correction coefficient (0.73) for calculating the seeding rate to achieve the final plant density has been determined. Standard indicators of the leaf area of crops using seeding rates from 165 to 490 thousand units/ha and mineral fertilizer rates in the range up to $N_{70}P_{70}K_{70}$ have been calculated. An algorithm for the dynamics of plant productivity indicators, the number of seeds, and the mass of 1000 seeds with changes in seeding rates and mineral fertilizer rates has been calculated. The yield increase levels of grain sorghum varieties under different mineral fertilizer rates have been calculated. Provisions on varietal differentiation in zonal technologies for growing agricultural crops have been further developed. The economic

efficiency of applying different fertilizer rates and seeding rates for grain sorghum cultivation has been substantiated.

The dissertation presents the results of research and theoretical justification for improving the elements of grain sorghum cultivation technology: studying varietal characteristics, the influence of different rates of mineral fertilizers, and seeding rates on plant growth and development, productivity, yield, and its quality indicators. Domestic and foreign scientific works on the significance of the crop in the global market and issues of grain sorghum cultivation in the world, Ukraine, and Sumy region, which show a positive trend towards an increase in sowing areas and crop yields in recent years, have been analyzed. An overview of studies on the impact of different rates of mineral fertilizers and seeding rates on the growth processes of grain sorghum plants, morphometric parameters, and quality indicators of plants has been provided.

It was determined that the field germination of sorghum in the experiment was influenced by the seeding rate, weather conditions of the year, and genotype characteristics: the highest values of the indicator over the years of research were noted in the variant with a seeding rate of 165 thousand units/ha for the Yankee hybrid (88.9%), while the Samaran 6 and Dniprovskiyi 32 varieties were 6.3–6.6% lower. With an increase in the seeding rate, a trend towards a decrease in field germination was observed in all sorghum varieties and hybrids, namely: Yankee – up to 15%, Dniprovskiyi 32 – up to 13%, Samaran 6 – up to 9.9%. Among the agronomic factors studied, the seeding rate had the greatest impact on field germination – 66%, with genetic characteristics of the varieties and hybrids accounting for 15%. The survival rate of the grain sorghum varieties and hybrids depended on the seeding rate, being highest in the variants with the lowest seeding rate in the experiment – 165 thousand units/ha and amounted to 70.8–77.8% depending on the variety. The pre-harvest plant density was highest in the experiment in the variant with the highest seeding rate – 490 thousand units/ha for all varieties and hybrids, averaging 299.43 thousand plants/ha.

There was no significant difference in the growth and development of plants at the early stages of ontogenesis, depending on the seeding rate. The flowering phase began earlier with an increase in the seeding rate: by 2 days (Samaran 6) to 5 days (Yankee hybrid).

Overall, increasing the seeding rate from 165 thousand units/ha to 490 thousand units/ha leads to a reduction in the vegetation period from 5 days (Dniprovskiyi variety) to 11 days (Yankee hybrid).

Increasing plant density affects the area of the photosynthetic apparatus of plants: the leaf area per plant decreases, but the total leaf area per 1 m² increases due to an increase in the number of plants. Analysis of the pigment content in sorghum leaves revealed that increased shading of the lower tier leaves due to higher plant density from increased seeding rate leads to an increase in the content of shade chlorophyll 'b' in all sorghum varieties and hybrids (by 0.09–0.14 mg/g). It was found that the highest content of chlorophyll 'a + b' in the Yankee hybrid was 2.30 mg/g in the variant with a seeding rate of 490 thousand units/ha, and the lowest was in the variant with a seeding rate of 165 thousand units/ha – 2.03 mg/g.

Increasing the seeding rate to 490 thousand units/ha negatively affects the formation of yield parameters, reducing the productive tillering coefficient by 0.4–0.5, and decreasing the number and weight of seeds per panicle in all sorghum varieties and hybrids. The maximum number of seeds (581.61-635.37-817.5 units/panicle) and their weight were observed in plants with a seeding rate of 165 thousand units/ha (the lowest in the experiment). With increased plant density, seed weight significantly decreased: in the Yankee hybrid – 23% less than the maximum value, in the Dniprovskiyi 39 and Samaran 6 varieties, seed weight decreased by 32% and 23% below the maximum seed weight, respectively.

Seeding rates, as well as varietal characteristics, influenced the productivity levels of the sorghum varieties and hybrid. Yields varied from 1.87 t/ha (seeding rate – 490 thousand units/ha of viable seeds, Samaran 6) to 4.29 t/ha (seeding rate – 330 thousand units/ha of viable seeds, Yankee hybrid). To achieve high yield levels, the optimal plant density for the Yankee hybrid and the Dniprovskiyi 39 variety was a seeding rate of 330 thousand units/ha, while for the Samaran 6 variety, it was 165 thousand units/ha. All varieties and the hybrid had the lowest yield values in the variant with a seeding rate of 490 thousand units/ha.

The highest profitability was noted in the Yankee hybrid with seeding rates of 165 and 330 thousand units/ha (31% and 24.6%). The profit in these variants was 5544 and 4651 UAH/ha, respectively. For the Dniprovskiyi 39 variety, the highest profitability was in the

variant with a seeding rate of 165 thousand units/ha – 8.5%, with a profit of 1517 UAH/ha. Increasing the seeding rate to 330 thousand units/ha led to a decrease in profit and profitability – 709 UAH/ha and 3.8%, respectively. For the Samaran 6 variety, none of the experimental variants provided positive profitability indicators.

Research on the impact of fertilizer rates on the growth, development, and yield of grain sorghum revealed that the best final plant density was achieved with the application of fertilizers at a rate of $N_{70}P_{70}K_{70}$ for the Samaran 6 variety and Yankee hybrid (201.54 and 191.88 thousand units/ha, respectively), and for the Dniprovskiyi 39 variety, the variant with a fertilizer rate of $N_{16}P_{16}K_{16}$ – 189.08 thousand units/ha. The highest final plant density by factor A was found in the Samaran 6 variety, which amounted to 196.99 thousand units/ha. On average, across variants with fertilizer application, the highest final plant density of 193.65 thousand units/ha was achieved with a fertilizer rate of $N_{70}P_{70}K_{70}$.

The duration of the vegetative period, as a response to different fertilizer rates, increased compared to cultivation on a natural background: by 17 days for the Yankee hybrid, by 10 days for the Dniprovskiyi 39 variety, and by 15 days for the Samaran 6 variety. The most significant impact when applying fertilizers was observed in the phenological phases 'emergence-flowering' and 'flowering-maturity.' The 'emergence-flowering' phase was extended by fertilization from 5 days (Samaran 6 and Dniprovskiyi 39) to 8 days (Yankee hybrid). The maturation of plants with the application of $N_{70}P_{70}K_{70}$ fertilizer occurred 4 days later in the Dniprovskiyi 39 variety, 8 days later in the Yankee hybrid, and 9 days later in the Samaran 6 variety.

Fertilizer rates influenced the growth processes of sorghum plants. In all varieties, the greatest stem height was observed in the variants with the $N_{35}P_{35}K_{35}$ fertilizer rate. It was found that fertilization led to an increase in the number of leaves per plant. In the Dniprovskiyi 39 variety, the application of mineral fertilizers at rates of $N_{16}P_{16}K_{16}$ and $N_{35}P_{35}K_{35}$ promoted an increase in the number of leaves by 3-5 leaves per plant, reaching 22 and 24 leaves per plant, respectively. In the Yankee hybrid, the application of mineral fertilizers ($N_{16}P_{16}K_{16}$ and $N_{35}P_{35}K_{35}$) promoted an increase in the number of leaves from 1 to 9 leaves per plant, respectively. In the Samaran 6 variety, the fertilizer rates of $N_{16}P_{16}K_{16}$ and $N_{35}P_{35}K_{35}$ promoted an increase in the number of leaves by 7-8 leaves per plant, reaching

25 and 26 leaves per plant, respectively. The leaf area depended on the fertilizer rates and increased across all experimental variants. The leaf area index was highest in the Yankee hybrid at $2.13 \text{ m}^2/\text{m}^2$ and in the Dniprovskiyi 39 variety at $1.60 \text{ m}^2/\text{m}^2$. The greatest influence on the leaf area index was exerted by the $\text{N}_{70}\text{P}_{70}\text{K}_{70}$ fertilizer rate ($2.21 \text{ m}^2/\text{m}^2$) and $\text{N}_{35}\text{P}_{35}\text{K}_{35}$ ($1.68 \text{ m}^2/\text{m}^2$).

A difference was found between the variants in the formation of generative organs of the plants. The number of panicles in sorghum plants depended on both the application of fertilizers and the variety characteristics and was highest in the Yankee hybrid at 226.77 thousand/ha and in the Samaran 6 variety at 254.81 thousand/ha. The $\text{N}_{35}\text{P}_{35}\text{K}_{35}$ and $\text{N}_{70}\text{P}_{70}\text{K}_{70}$ fertilizer rates provided the highest values: 238.11 and 255.92 thousand/ha, respectively. The maximum values of the inflorescence length parameter were in the variant with the application of mineral fertilizers at the rate of $\text{N}_{70}\text{P}_{70}\text{K}_{70}$. In the variants with the application of $\text{N}_{16}\text{P}_{16}\text{K}_{16}$ and $\text{N}_{70}\text{P}_{70}\text{K}_{70}$ fertilizers, a trend towards a decrease in panicle size was observed. The highest number of seeds per panicle was in the Yankee hybrid (831.72 seeds/panicle) and in the Dniprovskiyi 39 variety (518.98 seeds/panicle), with the application of $\text{N}_{35}\text{P}_{35}\text{K}_{35}$ and $\text{N}_{70}\text{P}_{70}\text{K}_{70}$ fertilizer rates providing 575.11 and 666.85 seeds/panicle, respectively.

It was found that the seed mass increased with higher doses of fertilizers in the experimental variants. The highest mass of 1000 seeds was in the Yankee hybrid (20.65 g) and the Dniprovskiyi 39 variety (14.68 g). For the formation of filled seeds, the optimal fertilizer rates were $\text{N}_{70}\text{P}_{70}\text{K}_{70}$ and $\text{N}_{35}\text{P}_{35}\text{K}_{35}$ – 26.68 and 25.15 g, respectively.

The maximum yield in the experiment for the Dniprovskiyi 39 variety was achieved with the application of $\text{N}_{35}\text{P}_{35}\text{K}_{35}$ and $\text{N}_{70}\text{P}_{70}\text{K}_{70}$ fertilizers (3.56 t/ha – 4.52 t/ha). The maximum yield of the Yankee hybrid was noted with the application of $\text{N}_{70}\text{P}_{70}\text{K}_{70}$ and $\text{N}_{35}\text{P}_{35}\text{K}_{35}$ fertilizers, amounting to 6.32 and 4.29 t/ha, respectively. The Samaran 6 variety formed the maximum grain yield in the experiment under the condition of $\text{N}_{70}\text{P}_{70}\text{K}_{70}$ fertilizer application – 2.30 t/ha. With the increase in fertilizer rates, the yield coefficient increased, which was highest in the Yankee hybrid and the Samaran 6 variety. The optimal fertilizer rates were $\text{N}_{35}\text{P}_{35}\text{K}_{35}$ and $\text{N}_{70}\text{P}_{70}\text{K}_{70}$ with an average coefficient value of 35 – 37%.

In the Dniprovskiyi 39 and Samaran 6 varieties, the highest yield increment was noted in plots with $N_{35}P_{35}K_{35}$ application – 11.8 kg and 5.52 kg of grain per 1 kg of active ingredient, respectively. In the Yankee hybrid, the highest value of 11.90 kg of grain per 1 kg of active ingredient was noted in plots with the maximum rate of $N_{70}P_{70}K_{70}$.

It was established that in the Dniprovskiyi 39 variety, the highest profit and level of profitability were ensured by the application of the $N_{35}P_{35}K_{35}$ fertilizer rate – 709 UAH/ha and 3.8%, respectively. Positive values were achieved in the variant with the $N_{70}P_{70}K_{70}$ fertilizer rate: profit – 411 UAH/ha, profitability – 1.7%. All fertilizer application rates in the cultivation of the Yankee hybrid ensured positive profitability and returns. The maximum profit in the variant with the $N_{70}P_{70}K_{70}$ fertilizer rate was 10570 UAH/ha, with a profitability of 43.7% in this variant.

Keywords: grain sorghum, variety, hybrid, growth, development, fertilizers, sowing rate, yield, productivity, preservation, germination, biometric parameters, vegetative period, organogenesis stages.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України:

1. Жатова, Г. О., **Коваленко, М. О.** Біологічна характеристика культури сорго. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія. Агронія і біологія.* 2020. 2(40). С. 14 – 32. doi: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.2>
2. **Коваленко, М. О.**, Жатова, Г. О. Вплив норм висіву на ріст та розвиток рослин сорго зернового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія. Агронія і біологія.* 2022. 3(49). С. 25 – 32. doi: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.3.4>
3. **Коваленко, М. О.** Вплив мінерального удобрення на розвиток та продуктивність сорго зернового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія. Агронія і біологія.* 2023. 3(53). С. 16 – 22. doi: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.3.3>
4. **Коваленко, М. О.**, Жатова, Г. О. Урожайність сорго залежно від норм висіву в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія. Агронія і біологія.* 2024. 1(55). С. 86 – 94. doi: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.12>

Тези наукових доповідей:

5. Жатова, Г. О., **Коваленко, М. О.** Адаптаційні особливості сорго зернового як умова отримання стабільних врожаїв. Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (19 – 23 квітня 2021 р.). Суми, 2021. 53 с.
6. Жатова, Г. О., **Коваленко, М. О.** Ефективність використання води сорго// «Гончарівські читання»: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (25 травня 2021 р.). Суми, 2021, С.92 – 93.
7. **Коваленко, М. О.** Особливості проростання сорго зернового// Proceedings of VII International Scientific and Practical Conference Madrid, Spain. 19 – 21 September 2021. С.10 – 12.

8. **Коваленко, М. О.** Вплив добрив на деякі параметри вегетативного росту рослин сорго. «Гончарівські читання»: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (25 травня 2022 р.). Суми, 2022, С.114 – 115.

9. **Коваленко, М. О.** Вплив норми висіву на урожайність сорго зернового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. «Гончарівські читання»: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (25 травня 2023 р.). Суми, 2023, С.100 – 102.

10. **Коваленко, М. О.** Вплив сортових особливостей та норм висіву на тривалість фаз розвитку сорго зернового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (21 травня 2024 р.). Суми, 2024, 11 с.

11. **Коваленко, М. О.** Вплив удобрення на тривалість фаз розвитку сорго зернового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка НААН України Федора Трохимовича Моргуна та 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету (16 – 17 травня 2024 р.). Дніпро, 2024, С.132 – 134.

ЗМІСТ

ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	22
1.1. Походження, характеристика, поширення та господарське значення сорго зернового	22
1.2. Вплив абіотичних факторів на ріст та врожайність сорго зернового	30
1.3. Сортові особливості та продуктивність сорго зернового	38
1.4. Залежність урожайності сорго зернового від норм висіву та густоти посіву	40
1.5. Значення удобрення в технології виробництва сорго зернового...	42
Висновки до розділу 1	49
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	50
2.1. Ґрунтово-кліматична характеристика зони проведення досліджень	50
2.2. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень	51
2.3. Схема та методика проведення досліджень, особливості технології вирощування сорго зернового в досліді	60
2.4. Матеріали для проведення досліджень	65
Висновки до розділу 2	67
Розділ 3. ВПЛИВ НОРМ ВИСІВУ ТА СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА ВРОЖАЙНІСТЬ РОСЛИН СОРГО ЗЕРНОВОГО	68
3.1. Лабораторна та польова схожість насіння сорго зернового	70
3.2. Особливості вегетаційного періоду сорго зернового залежно від норм висіву	83

3.3. Вплив норм висіву та сортових особливостей на морфопараметри рослин сорго зернового	87
3.4. Формування асиміляційного апарату рослин сорго зернового залежно від норм висіву та сортових особливостей	92
3.5. Параметри структури врожаю сорго залежно від норм висіву ...	99
3.6. Вплив норми висіву насіння та сортових особливостей сорго зернового на формування врожаю	106
3.7. Економічна ефективність вирощування сорго зернового залежно від сортових особливостей рослин та застосування різних норм висіву	111
Висновки до розділу 3	114
РОЗДІЛ 4. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ, РОЗВИТКУ ТА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ТА СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ	116
4.1. Вплив мінеральних добрив та сортових особливостей на польову схожість та онтогенетичний розвиток рослин сорго	116
4.2. Формування вегетативних органів рослин сорго залежно від сортових особливостей та норм добрив	120
4.3. Елементи структури врожаю та їх залежність від дії удобрення та сортових особливостей	129
4.4. Врожайність сорго зернового залежно від удобрення та сортових особливостей	141
4.5. Аналіз економічної ефективності вирощування сорго зернового залежно від впливу сортових особливостей та норм внесення добрив	147
Висновки до розділу 4	150
ВИСНОВКИ	153
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	156
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	157
ДОДАТКИ	188

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми досліджень. Глобальні тенденції зміни кліматичних умов протягом останніх десятиліть привертають увагу наукової спільноти до культур, які вирізняються стійкістю до абіотичних факторів середовища. Саме сорго є видом, якому притаманні такі властивості.

Сорго – культура з надзвичайно великими потенційними можливостями за рівнем врожайності та універсальністю використання. Сорго зернове спроможне формувати високий рівень продуктивності за різноманітних умов вирощування, забезпечення вологою, ґрунтів, температурних режимів. Серед польових культур сорго є беззаперечним лідером за здатністю переносити тривалі посухи, високі температури повітря та ґрунту.

В Україні сорго вирощують здебільшого в степовій зоні. Серед факторів, що стримують розширення площі посівів сорго в інших регіонах країни, є нестача ефективних температур упродовж вегетаційного періоду.

Зміна клімату в бік аридизації розширює потенційний регіон вирощування культури зернового сорго. Останніми роками, через глобальні зміни клімату в бік потепління, спостерігається підвищення ймовірності посух не лише в зоні Степу, а й в Лісостепу України. Це обумовлює зростання потреби в розширенні посівів посухоста жаростійких культур. Основним аргументом більш інтенсивного залучення до агроценозів регіону зернового сорго є висока екологічна пластичність культури, здатна в несприятливих за значенням гідротермічного коефіцієнту агросезони бути повноцінною альтернативою іншим яриям зерновим (ячменю, кукурудзі, соняшнику, просу).

Базисні елементи зональної технології вирощування зернового сорго з метою отримання високих і сталих урожаїв зерна в південних регіонах України вивчалася багатьма науковцями. Проте технологічні елементи вирощування сорго зернового в умовах північно-східного регіону України потребують детального дослідження для забезпечення формування високих і сталих врожаїв. На сьогодні до арсеналу виробничників надійшли нові сучасні сорти та гібриди цієї культури, реакція яких на фактори формування продуктивності, (строки сівби і густота стояння рослин

елементи живлення тощо) вивчені фрагментарно. Актуальність вказаних проблем, їх недостатній рівень наукового обґрунтування, визначили наукову доцільність, практичне значення дослідження вирощування сорго зернового в умовах північно-східного регіону України. Перспективи подальших досліджень ґрунтуються на розробці наукових принципів забезпечення високої продуктивності сорго зернового з якісними показниками насіння в умовах Північно-Східного Лісостепу України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Науково-дослідна робота виконана за завданнями тематичних планів та в рамках державної наукової теми Сумського національного університету на 2020 – 2024 рр. – «Оптимізація сортової технології вирощування сорго зернового в умовах Північно-Східного Лісостепу України», державний реєстраційний номер 0121U109711.

Метою досліджень є виявлення сортових особливостей сорго зернового, визначення ефективності використання мінеральних добрив та застосування різних норм висіву в умовах Північно-Східного Лісостепу України.

Відповідно до поставленої мети було заплановано вирішити такі **завдання**:

- вивчити сортові особливості формування показників росту й розвитку рослин сорго зернового;
- виявити особливості формування продуктивності рослин сорго зернового залежно від сорту, застосування мінеральних добрив та норм висіву;
- дослідити вплив сортових особливостей, норм мінеральних добрив та норм висіву на якість насіння та врожайність сорго зернового;
- розрахувати економічну ефективність перерахованих заходів вирощування сорго зернового для умов північно-східного Лісостепу України.

Об'єкт дослідження – процес формування продуктивності рослин сорго зернового залежно від сорту, застосування мінеральних добрив та норм висіву, погодних умов.

Предмет дослідження – сорти та гібриди сорго зернового, норми внесення мінеральних добрив, норми висіву, погодні умови, продуктивність та якість насіння, економічна ефективність.

Методи дослідження. Під час проведення досліджень використовували такі методи: візуальний – для проведення спостережень за проходженням основних фаз росту й розвитку рослин сорго зернового; вимірально-ваговий – для визначення висоти рослин, площі листової поверхні, маси насіння з однієї рослини (продуктивності) та врожайності сорго зернового; біохімічний – для визначення вмісту хлорофілу; математично-статистичний – дисперсійний аналіз отриманих результатів досліджень; розрахунково-порівняльний – розрахунок економічної ефективності застосування норм висіву та мінеральних добрив у посівах сорго зернового.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше для зони Північно-Східного Лісостепу України встановлено сортові параметри технології вирощування сучасних сортів та гібридів сорго зернового вітчизняної та іноземної селекції. Визначено, середнє значення поправкового коефіцієнта (0,73) для розрахунку норми висіву на кінцеву густоту. Встановлено нормативні показники площі листової поверхні посіву при використанні норм висіву від 165 до 490 тис.шт./га та нормах мінеральних добрив в діапазоні до $N_{70}P_{70}K_{70}$. Встановлено алгоритм динаміки показників продуктивності рослин, кількості насіння та маси 1000 насінин при зміні норми висіву та норми мінеральних добрив. Розраховано рівень прибавки урожаю сортів сорго зернового за різних норм мінеральних добрив.

Визначено та впроваджено у виробництво параметри сортових технологій вирощування сорго зернового, що забезпечують отримання урожайності на рівні 3,56 т/га для сорту Дніпровський 39 (рентабельність 3,8%) та 6,32 т/га для гібриду Янкі (рентабельність 43,7%).

Практичне значення одержаних результатів. Визначено основні параметри зональної технології вирощування сорго зернового, які пройшли виробничу перевірку та впроваджені в господарствах Сумської області, зокрема в ТОВ «Аграрне» та ТОВ «Агрофірма «Вперед» на загальній площі 44 га.

Особистий внесок здобувачки полягає в пошуку, аналізі та систематизації наукової літератури іноземних та вітчизняних науковців; виконанні експериментальної частини роботи, зокрема польових та лабораторних досліджень;

здійсненні математично-статистичних методів (дисперсійний, кластерний, кореляційний та регресійний аналізи) для систематизації, узагальнення, аналізу отриманих даних досліджень; обґрунтуванні та формуванні висновків дисертаційної роботи із подальшим наданням рекомендацій виробництву. Узагальнено і опрацьовано всі положення дисертаційної роботи, які виносяться на захист.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційних досліджень оприлюднено на: Міжнародних науково-практичних конференціях «Гончарівські читання» (м. Суми, 2021 – 2024 рр.); міжнародній науково-практичній конференції Дніпровського державного аграрно-економічного університетук; науково-практичних конференціях викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ; Proceedings of VII International Scientific and Practical Conference Madrid, Spain.

Публікації. Основні положення дисертації викладено у 11 наукових працях, із них: статей, що опубліковані у наукових фахових виданнях України – 4; тез наукових доповідей – 7.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 210 сторінок, із них 137 сторінок основного тексту. Робота містить 33 таблиці, 24 рисунки та 4 додатки. До списків використаних джерел входять 290 літературних джерела, із яких 199 латиницею.

РОЗДІЛ 1

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Походження, характеристика, поширення та господарське значення сорго зернового

Господарське значення. Сорго – культура з надзвичайно великими потенційними можливостями за рівнем врожайності та універсальністю використання [71, 236].

Сорго використовують для харчування людини, для годівлі тварин, отримання цукрового сиропу та етанолу, а також як будівельний матеріал. Багатопланове використання стало основою популярності культури в багатьох країнах. Наразі сорго є одним з лідерів серед злакових культур в світі, що посідає п'яте місце після кукурудзи, пшениці, рису та ячменю. У світі спостерігається тенденція до збільшення посівних площ та валових урожаїв сорго. Найбільші площі в Європі зайняті під культурою у Франції, Італії, Албанії [124, 172].

Зернове сорго є найбільш поширеним видом сорго в світі. Насіння є потужним енергетичним джерелом, завдяки високому вмісту клітковини та крохмалю, містить більше жиру, ніж пшениця та такий же відсоток білку, як і інші зернові. Додатковою перевагою сорго є те, що насіння не містить глютену і безпечно для людей з целиакією [115, 138, 173].

Сорго зернове належить до культур, спроможних формувати високий рівень продуктивності за різноманітних умов вирощування, забезпечення вологою, видів ґрунтів, температурних режимів [51, 85, 87, 218].

Універсальність сорго як у різних сферах використання, так і внаслідок широкої адаптації до мінливості умов навколишнього середовища робить його перспективною культурою для вирощування в нашій країні.

За даними Державної служби статистики України, в 2021 році посівна площа сорго зернового в Україні склала 42,0 тис.га, з них у Сумській області – 0,2 тис.га з

урожайністю 4,38 т/га. У 2022 році посівна площа сорго зменшилася й становила в Україні 15,7 тис.га, з них у Сумській області – 29,4 га. Урожайність була на рівні 2,39 т/га. На відміну від попереднього року у 2023 році посівна площа під сорго в Сумській області збільшилася і склала 152,84 га, зростає й врожайність – до 3,02 т/га [82].

Аналіз показників розвитку виробництва сорго зернового в Україні та Сумській області показав зростання інтересу до цієї культури за останні роки. Основним чинником інтенсифікації виробництва сорго зернового в регіоні є розроблення технології вирощування сортів, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Систематика. Роду сорго притаманна велика генетична різноманітність. Світові колекції генетичних ресурсів культури нараховують біля 42 тисяч зразків [270]. Основи таксономії роду розробили *J.D Snoden (1936)* та *O Stapf (1934)* [252, 258]. Рід поділили на дві секції: *Eu-Sorghum Stapf emend. Snowd* та *Para-Sorghum Snowd*. Види, що вирощували на зерно, були включені до секції *Eu-Sorghum*, серії *Sativa* і об'єднані в шість підсерій. В подальшому систематика була удосконалена [161, 169].

Оскільки генетичні бар'єри між таксонами відсутні, всі форми сорго були об'єднані в один вид – *S. bicolor (L.) Moench* [142]. Вид поділяють на два підвиди – *S. bicolor ssp. bicolor* та *S. bicolor ssp. arundinaceum*. Всі культурні види належать до підвиду *S. bicolor ssp. bicolor*, в якому виділяють кілька рас. На сьогодні всі культурні форми сорго об'єднані в вид «сорго двокольорове» – *Sorghum bicolor (L.) Moench* і розглядаються як раси або різновиди [278].

Ботанічна класифікація

Відділ: Покритонасінні (*Angiospermae*, або *Magnoliophyta*)

Клас: Однодольні (*Liliopsida*)

Порядок: Тонконогові (*Poales*)

Родина: Злакові, або Тонконогові (*Poaceae*)

Підродина: Просові (*Panicoideae*)

Надтриба: *Andropogonodae*

Триба: *Andropogoneae*

Рід: Сорго (*Sorghum*)

Вид: Сорго зернове (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Доместикація сорго. Історія походження. Доместикація рослин – це трансформація видів шляхом взаємодії з людиною та середовищем, і як наслідок – зростання репродуктивного успіху цих видів та їх продуктивності. В процесі доместикації відбуваються еволюційні зміни в морфології та фізіології, завдяки чому культурні рослини набувають здатності існувати в широкому географічному діапазоні в формі популяцій збільшеної чисельності [216].

Доместикація зернових – це сукупність генетичних та морфологічних пристосувань, які роблять дикорослу культуру більш придатною для вирощування, включаючи такі процеси, як збирання, зберігання та сівбу [155, 171]. Ключовою зміною при доместикації є втрата природного способу поширення насіння шляхом руйнування волоті, що в дикій природі сприяє його розповсюдженню. Натомість одомашнені злаки зберігають зерно в волоті чи колосі і потребують обмолоту. Інші зміни, пов'язані з доместикацією, включають втрату насінням стану спокою та збільшення його розмірів [149, 178, 196, 205].

Еволюція доместикації зернових культур була складним процесом, що змінює тиск добору та періодичні епізоди інтрогресії. Вивчення геному *Sorghum bicolor* (Єгипет, Нубія) виявило стійке зниження в часові генетичного різноманіття в поєднанні з накопичувальним мутаційним навантаженням. Динамічний тиск добору діяв в напрямі габітусової й харчової доместикації, а також адаптації до місцевого середовища. Пізніше інтрогресія між расами сорго призвела до обміну адаптивними ознаками. Доместикація сорго є моделлю одомашнення, при якій геномні адаптації відбувалися не на початкових стадіях, а впродовж всієї історії вирощування [103, 279]. Невеликий геном *Sorghum* (~730 Мб) робить вид привабливою моделлю для функціональної геноміки виду та інших рослин С4 [223].

Питання щодо місця виникнення й одомашнення сорго дискутується впродовж тривалого часу. Дикоросле сорго перероблялося в Центральному Судані ще в п'ятому тисячолітті до нашої ери. Найдавніші відомості про одомашнене сорго датуються 2000 роком до н.е. Сорго (*Sorghum bicolor*) складало невід'ємну частину харчування

більшості населення неоліту та залізного віку в Сахельському регіоні та в інших регіонах Африки на південь від Сахари [169, 170]. Останні археоботанічні дані вказують на схід Судану та регіон між озером Чад і північно-західною Ефіопією як найбільш вірогідний центр доместикації культури [118, 139, 156]. Культурні традиції регіону та осідлість населення призвела до більш інтенсивного вирощування сорго, оскільки місцеві ресурси виснажувались, тим самим ініціюючи процес доместикації [121, 139]. Winchell et al. (2017) відзначають, що початок процесу доместикації сорго у східному Судані почався принаймні в четвертому тисячолітті до нашої ери і тривав аж до початку другого тисячоліття [122, 279]. Як вважали раніше Beldados et al. (2011), а нещодавно Winchell et al. (2017), екологічні та соціальні умови, наявні в зоні родючої савани на півдні Атбаю (Східний Сахель, Судан), були оптимальними для одомашнення сорго.

Це відповідає свідченням щодо доместикації інших злаків, таких як близькосхідна пшениця, ячмінь та китайський рис, тобто еволюція морфологічно доместикованого сорго була тривалим процесом [154, 158, 259].

Дослідження, проведені в кінці 20 ст. стверджували, що пізня доместикація виду може бути наслідком перехресного запилення сорго в природному середовищі [237]. Проте нині вважають, що, як і у випадку з іншими зерновими культурами, які пройшли доместикацію в інших регіонах планети, інтенсивне вирощування все одно призводить до еволюції морфологічних ознак, незалежно від виду запилення (наприклад, самозапилення пшениці та ячменю або перехресне запилення рису) [103, 155, 157, 158].

Доместикація видів сільськогосподарських культур (завдяки відносно недавньому минулому (<12 000 років тому), є гарною моделлю для вивчення еволюційних процесів та їх ключової ролі в селекції поширенні та диверсифікації. Недавні дослідження, зокрема – кількісне картографування локусів ознак, ресеквенування цілого геному цілому, виявили гени, пов'язані з початковою доместикацією та подальшою диверсифікацією культур. Ці дослідження розкривають функції генів, які беруть участь в еволюції культур, що перебувають у процесі доместикації, типи мутацій, що відбуваються під час цього процесу, і паралельність

мутацій, що відбуваються в одних і тих же білках, а також селективні фактори, які діють на ці мутації і які пов'язані з географічною адаптацією видів сільськогосподарських культур [206, 250].

Біологічні особливості сорго зернового. Особливості росту та розвитку зернового сорго вивчені багатьма авторами, які в онтогенезі виділяють окремі стадії розвитку, етапи органогенезу і фенологічні фази. Фенологічні фази часто відрізняються одна від одної появою нових органів і низкою зовнішніх морфологічних ознак.

Органогенез сорго – це формування органів рослин у їх ембріональному зародковому стані. Нормальний життєвий цикл сорго складається з ряду періодів, що характеризуються якісними змінами біохімічних реакцій фізіологічних функцій і органоутворюючих процесів [223].

Вегетація у сорго зернового поділяється на основні три стадії, які тривають орієнтовно по 30 – 35 днів кожна. Перша стадія – вегетативного росту, вона триває від сходів до початку формування на стеблі репродуктивних органів (волоть, зерно). Друга – репродуктивна – від появи волоті на верхівці стебла до цвітіння. Третя – наливу зерна – триває від цвітіння до завершення накопичення сухої речовини в зерні.

Сорго проходить 12 етапів органогенезу [218, 231]:

I етап – проростання насіння, дифференція і ріст зародкових органів. У основи конуса наростання з'являються зародкові листки. Найбільш дружне і повне проростання насіння і поява сходів сорго спостерігається, коли ґрунт має 65 – 75% повної вологості, а температура повітря 15 – 18°C. При цьому тривалість періоду сівба – сходи становить 10 – 12 днів, а польова схожість насіння максимальна. При проростанні насіння йде в ріст головний зародковий корінець [218, 231].

II етап – сходи-третій листок. У рослин з'являється в першу чергу колеоптиле. При досягненні поверхні ґрунту з нього виходить перший листок. У фазі першого листка розвивається головний пагін і закладаються бруньки бічних пагонів у пазухах зародкових листків, формується вегетативна сфера – вузли і міжвузля зародкових листків. Починає формуватися вузол кушіння. Тривалість етапу 8 – 10 днів [218, 231].

III етап – кущення. Відбувається розвиток вузлових коренів. Приріст кореневої системи за добу досягає 1,3 – 1,5 см. З бруньок розвиваються пагони. Відбувається витягування, сегментація і диференціація нижньої частини конуса наростання – зародкової осі волоті. Тривалість – 12 – 14 днів [218, 231].

Кушіння – важливий етап при формуванні сорго зернового. У цей період закладаються пагони кушіння, йде формування елементів продуктивності волоті – число зерен в ній. З кінця фази кушіння рослини посилено ростуть, споживаючи при цьому елементи живлення і вологу дуже інтенсивно. У цей період сорго особливо чутливе до нестачі поживних речовин і вологи. До початку викидання волоті рослина сорго має повністю сформовані генеративні органи [125].

IV етап – продовження кушіння. Пагони інтенсивно ростуть. Коренева система проникає в ґрунт до 150 см, надземна маса розвивається повільно. На цьому етапі рослини інтенсивно споживають поживні речовини з ґрунту. Тривалість етапу 12 – 14 днів [218, 231].

V етап – фаза виходу в трубку. Відбувається утворення і диференціація квіток, починається закладка тичинок, маточок і покривних органів квітки. Тривалість – 12 – 14 днів [218, 231].

VI етап – продовжується вихід у трубку. Відбувається посилений ріст міжвузля. Продовжується стеблуння, з'являються третій і четвертий стеблові вузли. Тривалість – 5 – 7 днів [218, 231].

VII етап – продовжує посилено рости стебло і збільшуються стеблові міжвузля. Формуються пилкові мішки і зав'язі маточки. Розвиваються тичинки, маточки і покривні органи квітки. Завершується диференціація всіх частин волоті. Остаточо формуються пиляки і маточки. Тривалість – 16 – 18 днів [218, 231].

VIII етап – викидання волоті. Під час цієї фази пилкові зерна і зародковий мішок дозрівають. Завершується формування всіх органів волоті, що вийшли з пазух листа. Тривалість – 5 – 7 днів [218, 231].

IX етап – цвітіння. Відбувається початок цвітіння волоті при сприятливих умовах через два-шість днів після викидання. Волоть цвіте цілодобово, поступово, зверху вниз. Тривалість – 4 – 7 днів.

X етап – формування та ріст зернівки. Зернівки досягають типових для кожного сорту форм і розмірів. Тривалість 12 – 14 днів [218, 231].

XI етап – фаза молочної стиглості зерна. Відбувається накопичення поживних речовини в зернівках та їх ріст у товщину. Під час цієї фази консистенція зернівки нагадує молоко. Стебло починає втрачати свою масу. Триває етап 18 – 20 днів.

XII етап – фаза воскової і повної зрілості. Під час даної фази у зернівці продовжують накопичуватися поживні речовини. Зернівка набуває тістоподібної консистенції. Стебло має найменшу масу [218, 231].

У фазу повної стиглості вологість зерна сягає 35%. На ньому з'являється характерна чорна цятка. Зерно сорго зернового дуже гігроскопічне і швидко реагує на зміну вологості навколишнього середовища. Особливістю сорго є те, що у фазу повної стиглості зерна його листя може залишатися зеленим до морозів. Поглинання поживних речовин майже припиняється. Зерно твердіє. Тривалість – 10 – 12 днів. Достигання зерна, як і цвітіння, в межах волоті відбувається згори донизу.

Критичними періодами під час розвитку сорго є перші 20 днів після сходів (конкуренція з бур'янами, шкідники); 5 – 7 листок – фаза зародження волоті (хімічний стрес, забезпечення добривами); 10 днів до та 10 днів після цвітіння (волога, шкідники); фізіологічна стиглість (вчасне збирання) [125].

Коренева система в сорго мичкувата, добре розгалужена і проникає в ґрунт на глибину 2 – 2,5 м, а розгалужується на 1,2 – 1,3 м. Окремі корені проникають у глиб ґрунту до 3 – 3,5 м. Однак основна маса коренів (до 90%) розподіляється в шарі ґрунту до 60 см. Тому більш глибоко проникаючі корені є «страховими» на випадок недостатньої вологи в основній зоні, де розташовані корені [70].

Сорго, як і всі хліба другої групи, проростає одним зародковим корінцем, що вертикально іде в ґрунт. Цей корінець інтенсивно росте з моменту появи сходів до утворення третього-четвертого листа. Він добре гілкується, утворюючи безліч бічних корінців, покритих кореневими волосками. Після утворення третього-четвертого листа інтенсивність росту зародкових корінців помітно знижується, але життєдіяльність їх зберігається до кінця життя рослини [70].

Впродовж 30 – 35 днів після появи сходів коренева система сорго розвивається надзвичайно інтенсивно: добовий приріст коренів у цей період складає 2 – 3 см. Надземна частина рослини в цей час росте дуже повільно й активізується тільки після відповідного розвитку коренів. Коренева система сорго потужна і високопродуктивна, що обумовлює пластичність культури і гарну пристосованість до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов [125, 131].

Стебло сорго прямостояче, складається з окремих міжвузлів, кількість і довжина яких залежать від групи рослин та їх скоростиглості. Висота стебла у карликових форм – до 1 м, а у високорослих – понад 2,5 м. Міжвузлів на стеблі – від 5 до 25. Всередині стебло виповнене сухою, напівсухою або соковитою серцевиною [63].

Листки сорго великі, особливо в середній частині рослини. Кількість їх – від 5 до 25. Листкова пластинка має довжину до 70 см і ширину – до 6 – 8 см. Листок з невеличким язичком, вушок немає. Забарвлення центральної жилки листка пов'язане з соковитістю серцевини стебла. Якщо серцевина соковита, то центральна жилка сіро-зелена, а якщо суха – центральна жилка жовто-біла або біла [63].

Суцвіття сорго – волоть, центральна вісь якої може бути довгою, короткою, прямою, вигнутою. Довжина волоті 15 – 60 см, форма розлога або стиснута. На кінцях гілочок розміщуються по 2 – 3 одноквіткових колоски. Як правило, один з них (сидячий) утворює зерно, а другий на ніжці (чоловічий) безплідний. У сорго переважає перехресне запилення, але можливе й самозапилення [63].

Плід – гола або плівчаста зернівка. Каріопсис, який зазвичай називають зерном або насінням, комерційно важлива частина зернового сорго. Зародок розміщується в дорсальній і нижній частинах зерна. Містить зародковий корінець, щиток зародка, геммулу. До складу входять ліпіди (ненасичені жирні кислоти), вітаміни групи В, низькомолекулярні білки і мінерали [90].

Ендосперм займає 75 – 85% всієї насінини. Це тканина, що оточує і живить зародок. Алейроновий шар містить велику кількість білків, мінеральні речовини (включаючи фітин), ліпіди (сферосоми). У периферичному, склоподібному і борошністому ендосперми містяться крохмаль і білки. Ендосперм складається з

оболонки плоду (периферійний ендосперм), склоподібного ендосперму, борошнистого ендосперму, алейронового шару [90].

На частку оболонок доводиться 4 – 8% насінини. Перикарп містить зернові волокна, в основному геміцеллюлозу і крохмаль. Насіннева оболонка містить рідкісні для злаків поліфеноли, що мають антиоксидантну дію. Співвідношення між складовими частинами зернівки приблизно таке: оболонка 8 %, алейроновий шар і борошняний ендосперм – 82,4%, зародок – 9,6% [90].

Насіння сорго має округлу загострену форму. Забарвлення і розміри насіння можуть бути різноманітні: білого, рожевого, червоного, жовтого кольору, зерно може бути плівчастим або голим, діаметр варіюється від 4 до 8 мм. Маса 1000 насіння коливається від 6 до 70 грам [90].

Вода є критично важливою для активації обмінних процесів насіння, що завершується його проростанням. Середовище насіння в полі є складним і може змінюватись з часом. Крім того, глибина посіву, клімат та умови ґрунту також визначають швидкість проростання насіння. Таким чином, існування критичних рівнів водного потенціалу негативно впливає на поглинання води в насінні, а отже, послідовність подій проростання може бути порушена.

Оптимальна вологість ґрунту при вирощування сорго 60 – 70%. Необхідна кількість вологи в орному шарі ґрунту для отримання дружніх сходів 20 – 30 мм. Волога яка потрібна для набухання і проростання насіння 60 – 80% [27].

1.2. Вплив абіотичних факторів на ріст та врожайність сорго зернового

Фотоперіод. Сорго – рослина короткого дня, з сильною реакцією на його тривалість. Існують значні генотипові відмінності в фотоперіодичних потребах рослин, особливо при переході від вегетативної до генеративної фази розвитку.

Зернове сорго – світлолюбна рослина, яка у перший період свого розвитку росте досить повільно, тому поступається бур'янам у конкурентній боротьбі за сонячне світло. У зв'язку з цим, контролювання забур'яненості повинно здійснюватися на ранніх етапах розвитку рослин. Пізньостиглі сорти відзначаються високою

чутливістю до фотоперіоду. Експерименти з сортами сорго, проведені уздовж широтного градієнта в Малі виявили, що навіть невелика різниця в тривалості дня спричиняла коливання тривалості вегетативної фази до 3 тижнів [92].

Вирощування сорго в регіонах з помірним кліматом ініціювало отримання мутантів, нечутливих до тривалості світлового дня, які можуть швидко зацвітати в довгі дні літнього періоду. Генотипи сорго дикого типу активно ростуть влітку, накопичуючи значну вегетативну біомасу до того, як настане перехід до генеративної фази розвитку в більш короткі осінні дні. Таким чином, нечутливі до фотоперіоду мутанти вирощують для виробництва зерна, в той час як генотипи дикого типу, чутливі до фотоперіоду, вирощують для виробництва кормів і біомаси.

Однак молекулярний механізм фотоперіодичною реакції і перехід до утворення квіток у сорго вивчені недостатньо. Повідомляється про три гомологи *FLOWERING LOCUS T (SbFT1, SbFT8 i SbFT10)*, які служать кінцевими медіаторами відповіді на фотоперіод та переходу до фази цвітіння [211, 280, 281, 286].

Проте початок генеративної фази – не єдина ознака, на яку впливає фотоперіод. Інші параметри розвитку, включаючи висоту рослини, товщину стебла та розмір листків, помітно відрізняються в умовах росту довгого та короткого світлового дня. В умовах короткого світлового дня вегетативний ріст значно зменшується, а перехід до фази цвітіння прискорюється [280, 281].

Температура. Сорго – це теплолюбна культура, що потребує високих температур для росту та розвитку. За повідомленнями деяких авторів температурний оптимум становить + 32 – 36°C, мінімальна температура проростання насіння +10 – 15°C, оптимальна температура проростання насіння + 25 – 30°C. Мінімальна температура появи сходів +15 – 18°C. Поспішність з сівбою, коли температура ще нестійка і може періодично знижуватися нижче зазначених границь, призводить до загибелі частини насіння і зрідженості стеблостою. Заморозки – 2 – 5°C згубно діють на сходи і недостиглі волоті. Легко витримує спеку до + 40°C. Для повного розвитку потребує суми активних температур 2250 – 2500°C.

Дефіцит ґрунтової вологи та чутливість сортів до температурного стресу є головними факторами, що визначають строки сівби в посушливих регіонах [268].

Тривалий високо-температурний стрес затримує появу волоті та зменшує висоту рослин, негативно впливає на утворення насіння, його кількість та розмір, урожайність, параметри продуктивності. Короткі (10-денні) періоди високих температур під час цвітіння та за 10 днів до цвітіння спричиняють максимальне зниження утворення насіння та врожайності [229]. Високотемпературний стрес також може призвести до зменшення біомаси та виходу цукру. Фотосинтетична активність, світлові реакції та активність ферментів циклу Кальвіна є надзвичайно чутливими до теплового стресу [284, 285].

В зоні помірного клімату сівба сорго навесні стримується стресогенно низькими температурами. Сорго чутливе до холодів на всіх етапах онтогенезу. Насіння не може проростати нижче температури ґрунту 10°C. На формування посіву та ранній розвиток рослин негативно впливають температури повітря та ґрунту нижче 15°C [164, 229].

Строки сівби визначають загальний вміст цукру та формування біомаси сорго: чим пізніші строки сівби, тим нижчою є врожайність вегетативної маси в посушливих умовах [104].

Встановлено, що низько-температурний стрес спричиняє значне зниження здатності рослин до фотосинтезу [152]. Для одержання ліній сорго зі стабільною та високою холодостійкістю на початку вегетації Burow et al. (2011) виявили молекулярні маркери з повторенням простих послідовностей (SSR), пов'язані з різними ознаками щодо ранньо-сезонної толерантності до холоду [131].

Нещодавно було виявлено, що фотосинтетична активність залежить не тільки від денної температури, але і від температури в нічний період [227, 229]. Температури $\geq 36/26^\circ\text{C}$ суттєво знижують продукування пилку, його життєздатність, утворення насіння, урожай насіння та індекс врожаю порівняно з температурами 32/22°C [226]. Температури 38/21°C значно прискорюють розвиток і зменшують висоту рослини та площу листка. Сорго, як і інші культури, чутливе до теплового стресу під час цвітіння через зменшення життєздатності пилку, що веде до зниження врожаю [227, 228, 229]. Високі температури негативно впливають на життєздатність пилку та зав'язування

насіння. Пиляки та пилкові зерна сорго більш чутливі до дії високих температур, ніж структури маточки [150, 215].

Високотемпературний стрес (40/30°C денні/нічні температури) знижує вміст хлорофілу, швидкість фотосинтезу та антиоксидантну активність ферментів, але збільшує продукцію оксидантів та веде до пошкодження мембран порівняно з контрольними рослинами, що ростуть при оптимальних температурах (32/22°C).

Посуха. Сорго (*Sorghum bicolor L.*) – одна з найважливіших зернових культур у світі після кукурудзи, пшениці, ячменю та рису. Через свою пристосованість до посушливих умов та екстремальних температур сорго широко культивується в напівзасушливих і посушливих районах.

Однією з особливостей сорго є C4-фотосинтез – механізм поглинання CO₂, який підвищує ефективність фотосинтетичних процесів і, отже, виживання в жарких і посушливих умовах. Культура сорго має велику пластичність, завдяки чому легко пристосовується до ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Як тропічна рослина, вид в процесі еволюції виробив пристосованість до нестачі вологи та її економного витрачання [27].

Транспіраційний коефіцієнт у сорго порівняно з іншими культурами невеликий. На утворення одиниці сухої речовини рослина витрачає 300 частин води, суданська трава – 340, кукурудза – 388, пшениця – 515, ячмінь 543, овес – 600, горох – 730, соняшник – 895. Не випадково за високу посухостійкість сорго називають «верблюдом рослинного світу». Кількість води для бубнявіння насіння сорго становить лише 35% від загальної ваги насіння, в той час як для кукурудзи – 40%, чумизи – 42%, могогару – 58%, пшениці – 60%, гороху – 95% [27].

Вивчення анатомічної будови, біологічних та фізіологічних особливостей сорго показали його високу ксерофітність – здатність легше переносити високі температури повітря, ніж інші рослини. Сорго менше випаровує і витрачає води на охолодження, більш продуктивно використовує запас води при посушливих умовах. Завдяки надзвичайно щільній кореневій системі рослина здатна більш ефективно поглинати воду і поживні речовини, які містяться в ґрунті [27].

Рослини сорго споживають воду нерівномірно. Більшу її частину вони використовують в відносно короткий проміжок часу – 10 днів до початку появи волоті і 10 днів після цвітіння. Цей період зазвичай складає 25 – 30 днів, або 20 – 25% всього вегетаційного періоду, а витрата вологи досягає 45 – 50% від загального водопоглинання [27].

Сорго протягом дня споживає до 95% загальної кількості води, яку використовує за добу. Проте після закінчення формування надземних частин, споживання води вдень дещо зменшується. Під час цвітіння, яке починається о 4 – 5 годині ранку, кількість води, що використовується вночі, дещо зростає [27].

Характерною особливістю сорго є здатність призупиняти ріст в період особливо несприятливих умов для росту та розвитку і залишатися в анабіотичному стані до настання сприятливих умов. Незважаючи на високу посухостійкість, сорго активно реагує на зрошення та дає велику прибавку врожаю. При зрошенні сорго зернового необхідно пам'ятати про негативний вплив цього заходу в період цвітіння рослин. У цьому випадку значно збільшується пустозерність волотей, різко знижується урожай, тому проводити поливи у фазі цвітіння небажано. Закінчувати поливи сорго треба у фазі молочної стиглості зерна. Загальна кількість води, яке потрібно рослині (у вигляді ґрунтових запасів, дощу і зрошення), становить близько 400 – 500 мм [27].

Періоди посухи можуть виникати на будь-якій стадії вегетації рослин. Посуха негативно впливає на посів в цілому, площу листів, утворення біомаси, зерна та врожайність сорго. Здатність витримувати посуху та відновлюватися залежить від ступеня та інтенсивності посушливих періодів. Ефективність використання води та інші фізіологічні особливості сорго свідчать про те, що цей вид може успішно адаптуватися до посухи [27].

Адаптації для уникнення посухи включають зменшення площі листкової поверхні та її швидкий ріст, раннє дозрівання, ремобілізацію запасів стебла, скручування листків (завдяки наявності специфічних клітин) тощо.

Швидке відновлення рослин після посухи та подальше виживання є важливим фактором в умовах стресу. Потужна коренева система допомагає швидко відновитися після стресу. Генотипи сорго з неглибокою кореневою системою здатні до засвоєння

навіть мінімальної кількості вологи з поверхневого шару ґрунту та повітря. З розвитком рослин здатність до відновлення після посухи зменшується [27].

За фенотиповими ознаками посухостійкі генотипи сорго мають, як правило, світло-зелені, прямостоячі, вузькі листки з блискучою поверхнею. Рослини, чутливі до посухи, демонструють темно-зелені, широкі, пониклі листки з матовою поверхнею.

Дефіцит води може негативно впливати на проростання насіння та швидкість росту проростків в польових умовах, проте сорго добре пристосовується до напівзасушливих зон [221].

У сорго є дві стратегії адаптації до дефіциту води: толерантність до зменшення водного потенціалу, та уникнення водного стресу через глибоке та екстенсивне формування коренів. Посухостійкість сорго пояснюється не тільки морфологічними ознаками (щільна коренева система), а й фізіологічними факторами (здатність регулювати продихову щілину, фотосинтез при низькому потенціалі води, осмотичні адаптації) [195, 200]. Іноді пізньостиглі сорти можуть ефективніше переносити дефіцит води. Посухостійкі генотипи характеризуються відкладенням шару воску на поверхні листків, що підвищує відбивальну здатність листя та сприяє зниженню транспірації [262].

Посуха має стресовий вплив на фотосинтетичну активність, провідність продихів та транспірацію [287]. Порівнюючи різні зразки сорго було виявлено, що кореляції між LAI, NAR та RGR із вмістом сахарози та загального цукру були позитивними, тоді як для вмісту глюкози, фруктози, мальтози та ксилози ці зв'язки були негативними. З ростом рослин LAI, NAR та RGR збільшуються паралельно із накопиченням сахарози та зменшенням інвертованого цукру [105].

Чутливість сорго до нестачі води залежить від стадії розвитку. Рослини були дуже чутливими до посухи на вегетативній та ранньо-репродуктивній стадіях. У пізній репродуктивній фазі їх потреба у воді була нижчою, але врожайність зменшилась через термінальну посуху [283, 287].

Проте Oliveira Neto et al. (2009) виявили, що рослини були найбільш чутливими до посухи на стадії дозрівання, що, мабуть, було пов'язано з їх більш високими

показниками транспірації [217]. В умовах водного стресу відбувається накопичення розчинних вуглеводів, сахарози, глюкози та фруктози в тканинах листків під час вегетативно-репродуктивної стадії.

Як стрес-стійкі, так і чутливі до посухи рослини накопичують сахарозу і крохмаль після цвітіння в стеблі. Однак при дозріванні рослин спостерігалось зниження цих параметрів. Це свідчить про те, що рослини були здатні осмотично адаптуватися за рахунок прискореного розкладання крохмалю і утворення розчинних цукрів на вегетативній та початку репродуктивної стадіях розвитку.

Добрива, що містять кремній (Si) покращують ріст сорго при водному дефіциті, збільшують поглинання коренем води та зменшують осмотичний потенціал у клітинах кореня, що вказує на осмотичну регуляцію. Під тиском посухи кремнезем відкладається в ентодермі кореня і запобігає руйнуванню тканин.

Біохімічний аналіз показав, що після застосування Si розчинні цукри та амінокислоти (аланін та глютамінова кислота) накопичуються в тканинах кореня [255]. У рослин також спостерігали вищу транспіраційну активність прорихів та швидкість фотосинтезу [254].

Елементи мінерального живлення. Добрива сприяють процесу формування біомаси сорго та збільшенню її рівня. Рослини добре реагують як на органічні, так і на неорганічні добрива [100, 107, 114].

Азот є важливим елементом для синтезу білку, росту листків, біомаси та врожайності. Нестача азоту може значно пригнітити ріст та продуктивність рослин сорго. Однак ефект дії азотних добрив виявився суперечливим. Збільшення надходження азоту у вигляді компостованих речовин сприяє росту та живленню рослин. Компост посилює утворення біомаси целюлози в рослинах сорго в середній фазі вегетації. Проте надмірне азотне живлення є небажаним [117]. Підживлення азотом збільшує вміст сухої речовини в стеблах, не збільшуючи вмісту цукру в тканинах [241, 242].

Було виявлено, що *stay-green* фенотипи сорго виявляють більш високу інтенсивність використання та поглинання азоту [94, 128]. Неорганічний азот також обумовлює накопичення сухої речовини у рослинах.

Дослідження показали, що концентрація азоту від 3,0 до 5,1% у пагонах молодих рослин, (фаза утворення 8-го листка) та від 1,9 до 4,0% у верхніх листках (фаза цвітіння та наливання зерна) є достатніми для росту зернового сорго. Оптимальне азотне живлення підвищує інтенсивність фотосинтезу, позитивно впливає на транспіраційну активність [134, 240].

Після надходження азоту в рослину через кореневу систему, важливим етапом є його розподіл в рослині та мобілізація в насінні. В процесі формування насіння можливі два джерела надходження азоту: як результат мінерального живлення за рахунок транспіраційного потоку (від кореневої системи до волоті) та використання попередньо накопиченого азоту у стеблах та листках як продуктів фотосинтезу. За відсутності оптимального азотного живлення наливання насіння відбувається при великому зменшенні загального азоту з як у листках, так і в коренях [162].

Азотний стрес має значний вплив на компоненти врожайності (кількість насіння) та концентрацію в ньому азоту. Продемонстровано, що рослини, які зазнали дефіциту азоту між сівбою та початком утворення квітки, формували невелику волоть із меншою кількістю пагонів, ніж контрольні рослини. Нестача азоту призвела до відмирання від 16 до 30% утворених квіток [290].

Щодо інших елементів живлення, підвищення рівню калію суттєво покращує показники врожайності та його якість. Зі збільшенням надходження К зростає ефект від застосування цинку [141].

Фосфорне живлення сорго залежить від концентрації Р-форм, доступних для рослини у ґрунті. Надходження фосфору впливає на фотосинтетичні показники, синтез крохмалю та транспорт цукрів через мембрану хлоропласту, а отже на ріст та врожайність рослин. Дефіцит фосфору веде до зниження біомаси рослин сорго, знижує швидкість фотосинтезу, ефективність карбоксилювання, вироблення АТФ та швидкість регенерації рибулози-1,5-біфосфату [93, 185, 231, 234].

Фотосинтетична активність рослин визначається не тільки наявністю макроелементів, але й мікроелементами, такими, як Mg, Mn, Fe. Критичні рівні Mn необхідні для розщеплення води в рослинах C3 та C4 [175, 136].

Сорго чутливе до дефіциту заліза. При дефіциті Fe фотосинтетичний апарат сорго серйозно пошкоджується [125, 207]. Бор також відіграє важливу роль у життєвих процесах рослини, включаючи активність меристеми, метаболізм цукрів, вуглеводнів та їх транспорт, утворення та перенесення РНК та цитокініну, формування пилку та утворення насіння [212].

1.3. Сортові особливості та продуктивність сорго зернового

Одним із головних критеріїв одержання високих врожаїв сорго зернового при дотриманні і чіткому та своєчасному виконанні регламенту технологічних схем є добір сортів і гібридів з високим потенціалом врожайності та підвищеною адаптивністю до несприятливих абіотичних факторів зони вирощування. Вирощування районованих сортів та гібридів забезпечує максимальну реалізацію їх генетичного потенціалу продуктивності [3, 32]. Найважливішим чинником сучасної технології вирощування й отримання високих врожаїв зерна сорго є використання для сівби високоякісного насіннєвого матеріалу, що дозволяє підвищити продуктивність гектара сівозмінної площі на 40 – 60% [57, 86].

Сортові ресурси є одним із головних пріоритетів. Використання сортових рослинних ресурсів є однією з найважливіших ланок аграрного виробництва. [177, 180]. Найефективнішим та економічно вигідним є широке впровадження нових сортів та гібридів з генетично визначеним рівнем адаптування до умов ґрунтово-кліматичних зон їхнього вирощування [90].

Нові сорти, незалежно від мети використання, повинні бути придатними до інтенсивної технології вирощування, забезпечувати високу економічну ефективність виробництва зерна та інших продуктів, пристосовані до визначеного рівня землеробства, а також стійкими до різноманітних біотичних і абіотичних стресових факторів. Особливе значення надається створенню сортів різних строків дозрівання з метою впровадження їх у виробництво в різних агро-кліматичних зонах України. Підбір сортів для реальних умов вирощування – важлива умова для отримання високих урожаїв. З огляду на погодно-кліматичні умови України, селекціонери

науково-дослідних установ створили сорти сорго звичайного двокольорового з високою пластичністю, тобто сорти сорго з високою пластичністю, здатні давати високі та стабільні врожаї не тільки в сприятливі роки, але і в роки помірної та сильної посухи [46, 47, 64].

Так, у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік нараховується 27 сортів та 62 гібриди сорго звичайного двокольорового і 5 сортів соризу [22].

Для використання соргових культур на біоенергетичні цілі придатні всі види сорго, які здатні накопичувати в стеблах велику кількість розчинних вуглеводів та сформувати високий урожай біомаси [89].

Для отримання високих і стабільних урожаїв у конкретній зоні важливо висівати сорти сорго, які рекомендовані саме цьому регіону з використанням сортової технології вирощування. За таких умов можлива максимальна реалізація генетичного потенціалу сорту. За рекомендаціями для ґрунтово-кліматичних зон сорти сорго розмістились таким чином: Степ – 40 сортів, Лісостеп – 6 сортів [22].

Виробникам цієї культури представлений широкий асортимент сортів, біологічний потенціал яких за ознаками продуктивності є досить вагомим. Значно підвищилися й якісні характеристики нових сортів сорго звичайного двокольорового. Тільки маючи інформацію про потенційну продуктивність, адаптивність і стабільність сорту, його здатність реагувати на поліпшені умови вирощування, можна ефективно використовувати сорт за різних умов енерговитрат.

Основними критеріями добору сортів є їх пластичність, тривалість вегетаційного періоду, ступінь холодостійкості, інтенсивності, стійкості та толерантності до шкідливих організмів, екстремальних факторів довкілля. У Державному Реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, для кожної ґрунтово-кліматичної зони такі сорти подано у повному обсязі.

Нині широкими комплексними дослідженнями по сорговим культурам в Україні займаються в національному науковому центрі «Інститут землеробства НААН», на Синельниківській дослідній станції, в селекційно-генетичному інституті

національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення (Одеса) і Одеській державній сільськогосподарській дослідній станції.

За даними Міністерства аграрної політики України, атестовані виробники насіння щорічно виробляють значну кількість елітного та репродукційного насіння соргових культур. Проте, через значне коливання цін на зерно цих культур, простежується нестабільна динаміка посівних площ і відповідно – нестабільне виробництво насіння соргових культур [30].

Для одержання високого урожаю сорго, крім агротехнологічних аспектів технології, особливу увагу слід звернути на добір гібридів і сортів, за рахунок яких можна додатково одержати 0,5 – 0,8 т/га зерна. Перевагу слід надавати районуваним сортам і гібридам сорго вітчизняної селекції, які більш пристосовані до конкретних ґрунтовокліматичних умов вирощування та мають високу стійкість до посухи, вилягання та ураження хворобами. В господарствах на великих площах доцільніше вирощувати 2 – 3 гібриди або сорти, які мають різні біологічні властивості та неоднакову реакцію на основні фактори довкілля [45].

1.4. Залежність урожайності сорго зернового від норм висіву та густоти посіву

Саме сорго (*Sorghum bicolor* L. Moench), як стресогенно стійка культура може замінити традиційні зернові в майбутньому. Біологічні особливості та технологічні аспекти вирощування сорго привертають увагу багатьох дослідників в різних регіонах світу та країнах Європи. Зважаючи на це, дослідження особливостей сорго в умовах Північно-Східної України є на часі.

Пошук оптимальної норми сівби та щільності рослин в агроценозі є основою отримання оптимального стеблестюю, досягнення високої врожайності та прибутку [277]. Для реалізації максимального потенціалу врожайності необхідна збалансована чисельність особин в популяції рослин, тобто певний рівень густоти посіву. Надмірна кількість рослин може бути згубною для виробництва, призвести до надмірного вилягання та загальної втрати врожаю [272]. При загущенні посіву набуває значення

конкуренція між рослинами за світло, воду та поживні речовини, що негативно позначається на врожайності [123, 132]. Надто низька кількість особин в популяції спричиняє посилення конкуренції з бур'янами і також знижує можливості реалізації потенціалу врожайності [192].

Зміна чисельності популяції рослин та їх розташування (зокрема за рахунок ширини міжрядь) має різні, але взаємодоповнюючі впливи щодо використання доступних ресурсів, і зрештою визначатиме врожайність. Чисельність особин в популяції обумовлює ефективність розподілу ресурсів, у той час як розташування рослин контролює споживання цих ресурсів.

Встановлено, що оптимальна щільність рослин в ценозі залежить від особливостей культури [126]. Норма висіву насіння та ширина міжрядь є важливими факторами при вирощуванні культури сорго, які впливають на густоту стеблестою та параметри врожайності. Разом з тим, вплив ширини міжрядь та структури популяції рослин на врожайність зерна сорго змінюється залежно від низки абіотичних факторів, зокрема сумарної температури, наявності початкової ґрунтової вологи, загальної кількості опадів і особливо – вологості ґрунту під час цвітіння та наливання зерна.

Хоча оптимальна норма сівби та щільність рослин для сорго відрізняються залежно від регіону, дослідження показали, що врожайність насіння загалом зростає зі збільшенням чисельності рослин в популяції. Проте при нижчій, за рекомендовану, густоті рослин, кількість волотей зернового сорго на рослину або кількість насіння на волоть також збільшується.

Myers & Foale (1981) дійшли висновку про відсутність постійного зв'язку між чисельністю популяції рослин і врожайністю, що ймовірно, пов'язане з компенсаторною здатністю рослин до куціння [213]. Доведено, що оптимальний діапазон щільності для врожайності зерна є досить широким для культур із термінальними суцвіттями та потужною здатністю до утворення бічних пагонів за нормальної густоти посіву. Така особливість притаманна, зокрема, культурі сорго. Збільшення чисельності популяції рослин призводить до зменшення кількості бічних

пагонів, висоти рослини та діаметра стебла, але при цьому врожайність зерна з одиниці площі зростає [132].

Ширина міжрядь також впливає на здатність рослин реалізувати потенціал врожайності. Зменшення відстані між рядами покращує боротьбу з бур'янами за рахунок збільшення конкуренції і зменшення надходження світла [108]. Зміна ширини міжрядь впливає на перехоплення світла та використання вологи в ґрунті [123, 140]. Реакція рослин на ширину міжряддя залежить від наявності води та часом цвітіння в посушливих регіонах [249, 266].

В досліджах показано, що популяція рослин сорго в посушливих районах має складати приблизно 50 – 80 тис.рослин/га. Про аналогічні результати повідомляє Thomas et al (1981) і наводить оптимальну густоту стояння 60– 80 тис.рослин/га. Разом з тим повідомляється, що популяція рослин для зрошуваного сорго повинна складати до 250 тис.рослин/га та близько 50 тис.рослин/га в посушливих умовах [98].

1.5. Значення удобрення в технології виробництва сорго зернового

Сорго вирощують у всьому світі та поширюють на різних континентах, включаючи Північну Америку, Африку, Азію та Австралію. В деяких регіонах культура є основним продуктом харчування більшості населення. Підвищення ефективності використання ресурсів, забезпечення високого рівня врожайності та якості зерна сорго вплине на велику кількість споживачів. На формування 1 т зерна сорго витрачає 25,7 кг азоту, 10 кг фосфору і 30,8 кг калію.

Особливістю сорго є пристосування до маргінальних ґрунтів із низьким вмістом поживних речовин [230] та стійкість до абіотичних стресів, зокрема спеки та посуха [261]. Культура може досягати певної продуктивності навіть у несприятливих середовищах [275].

Проте врожайність сорго може суттєво зрости за умови адекватного забезпечення поживними речовинами. Живлення рослин є важливим фактором, який безпосередньо впливає на ріст рослин, урожайність та якість врожаю. Ґрунт містить багато мінеральних та органічних поживних речовин і води, які поглинаються

рослинами. Якщо будь-яка з цих речовин є дефіцитною або недоступною, це негативно позначиться на розвитку культури, і рослина демонструє симптоми дефіциту. Управління збалансованістю поживних речовин ґрунту є необхідною умовою вирощування та отримання високих врожаїв і включає тип добрива, норму внесення та спосіб внесення [106].

Ефективність внесення добрив та позитивна економічна віддача залежить від особливостей виробництва та екологічних факторів [263]. Підвищення продуктивності сільськогосподарських культур за рахунок внесення добрив вимагає стратифікованого управління залежно від регіональних особливостей [148, 273].

Високий ступінь мінливості реакції культур на внесення поживних речовин може бути пов'язаний із властивостями ґрунту, ландшафту та водного режиму, а також просторовим розподілом поживних речовин у ґрунті [194, 264].

Більшість поживних речовин рослини засвоюють із ґрунту через кореневу систему. Експерименти, проведені в умовах Ефіопії продемонстрували, що реакція врожайності сорго на внесення добрив тісно пов'язана з просторовими градієнтами. Родючість ґрунту та топографічні характеристики значною мірою впливали на формування врожайності зерна сорго. Разом з тим, застосування комбінованих азотних (N) і фосфорних (P) добрив, ландшафтні особливості та сукупність цих двох факторів вплинули на продуктивність культури. Спостерігали значний ріст врожайності зі збільшенням внесення азотних і фосфорних добрив. Було встановлено, що внесення добрив до 138/69 кг N/P₂O₅ /га є нормою внесення добрив, яка забезпечує максимальний урожай [146].

Дози добрив суттєво вплинули на кількість днів до 50% зрілості, висоту рослини, довжину та масу волоті, врожайність зерна, тоді як зафіксовано незначний вплив на такі показники, як кількість днів до збирання та маса тисячі зерен. Використання азоту 46 кг/га у двох роздільних внесеннях (1/2 дози під час сівби та 1/2 дози на етапі кушіння) можна рекомендувати для виробництва сорго [269].

У дослідженні щодо визначення оптимального строку внесення азотних добрив для зернового сорго було зроблено висновок, що за умови своєчасної сівби рослин

трифазне внесення азотних добрив найкраще впливає на загальну суху масу, вміст білку і висоту рослин.

Застосування азотних добрив в фазі восьми листків є доцільним для підживлення сорго [186]. Відтермінування строку внесення азотних добрив до 40 днів після сівби замість внесення під час висіву призводить до збільшення сухої речовини та врожаю зерна.

В системах інтенсивного землеробства вищі врожаї зерна сорго були досягнуті за умови достатнього постачання рослин азотом [127, 197]. Азот є важливим елементом, який найбільше обмежує сучасне рослинництво [174]. Цей елемент відіграє важливу роль в утворенні амінокислот, білків і пігментів, наприклад, хлорофілу [151]. Азот є необхідним для росту рослин у відносно великих кількостях, однак його дефіцит є поширеним явищем. Нестача азоту може призвести до зниження сухої речовини, сирого протеїну та врожаю зерна [111]. Ґрунт втрачає азот через вимивання, ерозію та винесення з врожаєм культур.

Азот також є однією з найважливіших поживних речовин, яку слід використовувати в оптимальній кількості залежно від густоти рослин, оскільки його нестача або надлишок може зменшити врожайність [246]. Підвищення ефективності використання азоту рослинами вважається основним способом запобігання накопиченню нітратів та їх вимиванню з ґрунту. Джерело азоту та спосіб внесення добрив були визначені як фактори, що впливають на ефективності використання, а також шляхи втрати цього елемента із системи ґрунт – рослина.

Застосування добрив із повільним або контрольованим вивільненням, (наприклад, сечовина з полімерним покриттям), є перспективною альтернативою [143]. Дослідження показали, що застосування добрив із контрольованим вивільненням підвищує ефективність використання азоту та врожайність культур і зменшує ризик втрати цієї речовини з ґрунту [256]. Разом з тим, експерименти проведені в північно-східній Австралії, показали, що сечовина з інгібіторним покриттям не забезпечує суттєвого покращення врожайності зерна сорго.

Останнім часом дослідники доклали значних зусиль для розробки стратегії управління азотом і максимізації ефективності його використання. Основні

принципи, покладені в основу управління поживними речовинами – це правильне джерело, правильна норма, правильний час і правильне розміщення). Моніторинг стану азоту врожаю та динаміки азоту впродовж вегетаційного періоду відіграє ключову роль у розробці рекомендацій щодо оптимального і коректного внесення азотних добрив. Вимірник аналізу розвитку рослин у ґрунті (SPAD) (також відомий як вимірник хлорофілу) є добре відомим інструментом для визначення статусу азоту в культурі, який може бути корисним для коригування рівня добрив протягом вегетаційного періоду. У цьому дослідженні ми оцінили корисність вимірювань SPAD як інструменту для прогнозування вмісту NO_3 – у біомасі та жомі сорго.

Однією з умов ефективного використання азоту рослинами є адекватна вологість ґрунту, тому що низька доступність цього елемента в ґрунтах з дефіцитом води суттєво знижує врожайність. Таким чином, у схильних до посухи та надмірно зволжених агроєкосистемах ефективного використання внесених азотних добрив є основною проблемою для пом'якшення дефіциту азоту [109, 201]. Окрім вологості ґрунту, повідомляють і про інші фактори – температуру та рН – на швидкість поглинання азоту культурами.

Ключовими компонентами, що визначають урожайність сорго, є кількість та маса насіння. Кількість насіння на рослину визначається на початку циклу вегетаційного розвитку (закладення волоті, гаметогенез і цвітіння), тоді як маса та виповненість насіння в основному обумовлюються процесами, які відбуваються після цвітіння. При дослідженні впливу доступного азоту на кінцевий урожай зерна виявлено, що врожайність (за рахунок збільшення кількості насіння) сорго зростала зі збільшенням внесеної норми (0,45 і 90 кг/га) [197]. Worland et al., (2017) повідомили, що розмірами насіння сорго можна маніпулювати за допомогою строків внесення азоту, оскільки підвищення надходження елемента на стадії виповнення насіння може збільшити його розмір, що зрештою сприятиме подальшому зростанню врожайності [282].

Забезпечення азотного живлення на ключових стадіях розвитку рослин, таких як закладення волоті та диференціація колосків, має вирішальне значення для досягнення вищих урожаїв. Крім того оптимальні рівні азоту можуть сприяти

активним і тривалим періодам фотосинтезу, що призводить до зростання біомаси та загального врожаю зерна сорго [290].

Було показано, що вплив водного стресу на компоненти врожайності подібний до дефіциту азоту. Збереження кількості насіння, навіть за умов дефіциту води після цвітіння, більш важливо, ніж збереження маси окремої насінини сорго [96].

Управління внесенням азотних добрив суттєво впливає не лише на врожайність, але й на хімічний склад рослин, що позначається на якості. Застосування азотних добрив у дозах, що перевищують потребу культури, знижує якість корму внаслідок накопичення нітратів (NO_3) [193].

Загалом, дослідження якості зерна залежно від добрив обмежені [180, 197, 203]. Зокрема, показано, що існує ріст вмісту білка в зерні сорго зі збільшенням доступного азоту [120, 180, 181, 233]. Продемонстровано позитивну лінійну реакцію між нормою внесення азоту та вмістом білка в зерні [120, 147, 233]. Крім того, роздільне внесення азоту на початку формування волоті та під час сівби показало, що оптимальний рівень застосування азоту для формування високої врожайності та вмісту білка в зерні може змінюватися [219]. Незважаючи на незначну зміну врожайності за диференціальних рівнів азоту, рівень білка суттєво зростає, що свідчить про можливість для підвищення вмісту білка в зерні сорго незалежно від урожайності. І навпаки, деякі автори повідомляли про позитивний вплив норм азотних добрив на вміст крохмалю в зернах сорго [180].

Як і більшість культур сорго виносить з врожаєм велику кількість елементів живлення. Таким шляхом насіння сорго виносить азот, а з вегетативною масою – в основному калій та значну кількість азоту. Без застосування добрив (врожай – 6,09 т/га) з насінням сорго винесення азоту становило 105 кг/га, фосфору – 24, калію – 27. Тоді як з масою стебел (26,1 т/га) – винос цих елементів був 58, 12 та 140 кг/га відповідно [29]. Автори також відзначили, що для забезпечення врожайності понад 8,5 т/га оптимальною є система удобрення, яка передбачає внесення восени 4 т/га соломи + $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$.

Елементи живлення, які рослини сорго виносять з ґрунту нерівномірно розподіляються в органах рослини. При вирощуванні сорго за умови достатнього

вмісту азоту в ґрунті, показано, що пагони накопичують вищі концентрації цієї речовини, ніж коренева система [165]. Встановлено, що до початку цвітіння в стеблі накопичується більша кількість азоту, ніж в листках, тоді як на більш пізніх фазах розвитку рослин більша частка азоту акумулюється в суцвітті завдяки ремобілізації цього елемента з листків та стебла [201].

Виявлено, що такий розподіл азоту в органах рослини сорго має ту саму тенденцію при низьких і високих нормах добрив, а також в умовах богарного або зрошуваного режиму [201].

В умовах дефіциту азоту потреба листків в азоті стає пропорційно вищою, ніж у стебла [275]. Більше накопичення цього елемента в листках сприяє підтримці вищих темпів фотосинтезу, що пов'язано з підвищенням вмісту пігменту хлорофілу. На пізніх фазах вегетації ремобілізація азоту до суцвіття збільшує його концентрацію в генеративних органах в фазу цвітіння. Концентрація азоту в рослинах сорго досягає найвищого рівня на стадії наливу зерна [282].

van Oosterom et al., (2010) повідомили, що перша половина виповнення зерна сорго обмежена процесом поглинання, і доступна кількість азоту не впливає на накопичення цієї речовини в насінні. Однак під час другої половини стадії наливу насіння, на накопичення азоту може впливати наявна кількість азоту, залишаючи джерело цього елемента обмеженим [275].

Реалізація продуктивного потенціалу сорго потребує поєднання різних факторів, норми азоту в поєднанні з абіотичними умовами (кліматом) [239]. Оптимальна густина рослин обумовлена особливостями культури [126], за межами якої конкуренція між рослинами за світло, воду та поживні речовини стає важливою та може призвести до зниження врожайності [192]. Численні дослідження продемонстрували важливість густоти рослин і азотних добрив для врожайності зерна сорго [110]. Врожайність зерна, як і компоненти врожайності, індекс хлорофілу та параметри росту змінюються залежно від густоти рослин, удобрення азотом та особливостей сорту. В досліджах Dembele, et al. (2021) варіант норми азоту 178 кг/га і густина рослин 53 300 шт./га забезпечили найвищий рівень урожаю зерна і високий прибуток для гібридних сортів Fadda і Pablo [145]. Для інших генотипів оптимальною

дозою нормою азоту було 89 кг/га, за тієї ж щільності стеблестою. В досліджах Shibeshi, et al. (2022) норми азотних добрив суттєво вплинули на всі параметри росту та врожайності сортів сорго, за винятком фенологічних параметрів. Максимальний рівень врожайності та пов'язані з нею показники зафіксовано при застосуванні норми азотних добрив 92 кг/га [247].

На вміст крохмалю та розподіл гранул за розміром різні норми внесення азоту не впливають [180]. Небагато досліджень стосується впливу азоту на макро- та мікроелементи насіння сорго. Показано, що застосування азоту не змінило концентрації мінеральних речовин у насінні, за винятком вмісту фосфору та сірки; при збільшенні норми спостерігався вищий вміст фосфору та менший вміст сірки [180].

Майбутні дослідження мають бути зосереджені на здатності підвищувати вміст білку та змінах амінокислотного складу. Крім того, заслуговує на увагу концентрація макро- та мікроелементів у зерні сорго, виходячи з кількості та строків внесення азоту.

Азотні та фосфорні добрива є дуже важливими поживними речовинами для росту, розвитку та виробництва рослин. Врожайність і компоненти врожайності врожаю сорго суттєво реагують на вплив азотно-фосфорних добрив. Крім того, підживлення фосфором має вирішальне значення для ефективного використання неорганічної форми цього елемента. Таким чином, дефіцит фосфору в ґрунті обмежує ефективне використання рослинами внесеного азоту. Такі параметри, як висота рослин, маса волоті, урожайність зерна, вихід біомаси, статистично відрізнялися при різних нормах доз азоту та фосфору. Крім того, ці параметри позитивно корелювали один з одним. Найвищу (4,14 т/га) урожайність зерна було отримано від 69 кг/га N і 23 кг/га P₂O₅ неорганічних добрив [168]. Зі збільшенням норми внесення фосфорних добрив продуктивність сорго постійно зростає. Агротехнічним оптимумом для підвищення врожайності та компонентів урожаю сорго визнано внесення фосфорних і калійних добрив у нормі 46-40 кг/га [163].

Висновки до розділу 1

1. Зернове сорго є найбільш поширеним видом сорго в світі. Насіння є потужним енергетичним джерелом, завдяки високому вмісту клітковини та крохмалю і містить більше жиру, ніж пшениця та такий же відсоток білку, як і інші зернові. Сорго зернове належить до культур, спроможних формувати високий рівень продуктивності за різноманітних умов вирощування, забезпечення вологою, ґрунтів, температурних режимів.

2. Універсальність сорго як у різних сферах використання, так і внаслідок широкої адаптації до мінливості умов навколишнього середовища робить його перспективною культурою для вирощування в нашій країні.

3. Одним із головних критеріїв одержання високих врожаїв сорго зернового при дотриманні і чіткому та своєчасному виконанні регламенту технологічних схем є добір сортів і гібридів з високим потенціалом врожайності та підвищеною адаптивністю до несприятливих абіотичних факторів зони вирощування.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматична характеристика зони проведення досліджень

Дослідження виконували на дослідному полі кафедри агротехнології та ґрунтознавства (навчально-науковому полігоні Сумського національного аграрного університету), яке розташоване в південно-східній частині м. Суми впродовж 2021 – 2023 років. Природно-територіальне розміщення – Північно-Східний Лісостеп України.

Рельєф ділянки рівнинний, що запобігає стіканню дощових вод. Територія з усіх сторін оточена будівлями, лісосмугою. Незважаючи на те, що розташування земельної ділянки є найвищою точкою міста Суми, згадані фактори запобігають поширенню сильних вітрів.

Територія дослідного поля відноситься до другого агрокліматичного району Сумської області. Клімат типовий для зони – помірно-континентальний з помірно холодною зимою та відносно теплим літом. За багаторічними метеорологічними даними середня річна температура повітря становить $+7,4^{\circ}\text{C}$. Найбільш теплий місяць липень, а найхолодніший – січень. На території області відсутні великі водні басейни, які б впливали на клімат регіону.

У Сумській області природно-кліматичні умови сприяють нормальному росту та розвитку культур завдяки таким важливим складовим, як високий рівень родючості ґрунтів, їх задовільна водопроникність та повітропроникність, а також достатня кількість опадів і відповідний температурний режим [15].

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий глибоко середньо гумусовий крупнопилувато-середньосуглинковий на лесових породах. Цей тип ґрунту характеризується середньою кислотністю, добрим забезпеченням основними елементами живлення. Вміст гумусу – 4,1 – 4,5% (високий); рН сольове 6,0 – 6,2 (близькі до нейтральних та нейтральні). Вміст легкогідролізованого азоту – 135 мг/кг

(низький), рухомих сполук P_2O_5 і K_2O – 207 мг/кг (дуже високий) та 78 мг/кг (середній) відповідно.

Попередником в усі роки досліджень була пшениця озима. Основний обробіток ґрунту – покращений зяб із оранкою в другій декаді жовтня на глибину 22 – 24 см. Мінеральні добрива, а саме – нітроамофос, вносились весною під передпосівну культивування відповідно до схеми досліджу.

2.2. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень

Основні умови проведення досліджу – клімат, погодні умови та ґрунт. Вони найбільш мінливі, їх елементи, а саме: атмосферні опади, температура і вологість повітря, кількість сонячних і похмурих днів, сила вітру та інше значною мірою змінюються у просторі та часі. У методичній літературі існують рекомендації проводити дослід впродовж 3 – 5 років для отримання об'єктивних даних, тому що на врожайність одного й того ж сорту значною мірою впливають погодні умови. Насіння, зібране в різні роки, забезпечує в подальшому різну врожайність, навіть якщо його висіяти в один рік і вирощувати рослину за однакових умов агротехніки.

Інформація про основні метеорологічні дані періоду проведення досліджень була отримана від Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України (с. Сад – розташування за 5 км від поля, де були закладені досліджу).

За отриманими даними 2021 рік характеризувався середньодобовою температурою повітря на рівні $+9,4^{\circ}C$, що на $2,0^{\circ}C$ вище багаторічного показника ($+7,4^{\circ}C$). Абсолютний її максимум ($+35,0^{\circ}C$) відмічено в третій декаді червня, а мінімум ($-24,0^{\circ}C$) у другій декаді січня. Сума опадів становила 453 мм, що на 140 мм менше багаторічного показника (593 мм). Найбільша кількість опадів випала в червні – 102 мм (152% від багаторічного показника 67 мм), у травні – 61 мм (113% від багаторічного показника 54 мм).

За весняні місяці середньодобова температура повітря становила $+8,2^{\circ}C$, що вище на $0,1^{\circ}C$ за багаторічні значення $+8,1^{\circ}C$. Опадів випало 118,9 мм – 90%, при

багаторічному показнику 132 мм. Сума активних температур повітря за весняний період, що перевищувала $+10^{\circ}\text{C}$ склала 569°C , при багаторічній – 620°C (рис.2.1).

Середньодобова температура повітря за літній період становила $+22,9^{\circ}\text{C}$, що на $3,5^{\circ}\text{C}$ вище середнього багаторічного показника. Опадів випало 168,6 мм, 84% від багаторічних значень (200 мм). Червень був помірно теплим з середньодобовою температурою повітря $+21,4^{\circ}\text{C}$, що більше за багаторічні значення ($+18,8^{\circ}\text{C}$) на $2,6^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 101,9 мм, що складає 152% від багаторічного показника 67 мм. Середньодобова температура липня становила $+25,1^{\circ}\text{C}$, місяць характеризувався як жаркий та посушливий. Опадів випало 7,0 мм, що складає 9% від багаторічного показника 76 мм. Температура повітря серпня перевищувала багаторічні показники ($+22,3^{\circ}\text{C}$, при багаторічній $+19,2^{\circ}\text{C}$). Опадів випало 59,7 мм, що складає 105% від багаторічної норми – 57 мм (рис.2.1 та 2.2).

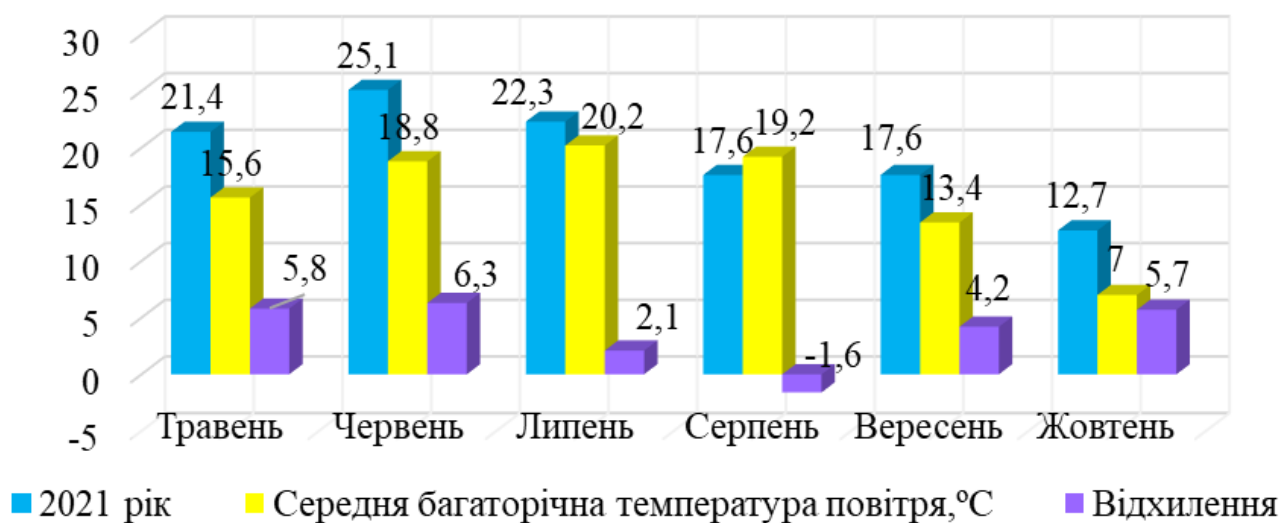


Рис.2.1. Середня місячна температура повітря та відхилення від багаторічних даних за вегетаційний період 2021 року, °C

За літній період сума активних температур повітря (вище $+10^{\circ}\text{C}$) склала 2114°C , при багаторічній – 1790°C .

Осінній період характеризувався як помірно теплий та сухий. До середини вересня стояла літня погода з короткочасними періодами похолодання. За вересень випало 18 мм опадів при середньому багаторічному показнику 50 мм.

Середньодобова температура повітря становила $+17,6^{\circ}\text{C}$, при багаторічній температурі $+13,4^{\circ}\text{C}$. У жовтні переважала помірно тепла погода з температурою повітря $+12,7^{\circ}\text{C}$ (на $5,7^{\circ}\text{C}$ вище за багаторічний показник $+7,0^{\circ}\text{C}$) (рис.2.1). Мінімальна температура повітря знижувалась до мінус $5,0^{\circ}\text{C}$. Кількість опадів була незначною: за місяць випало 7мм, при багаторічному показнику 44 мм (рис.2.2).

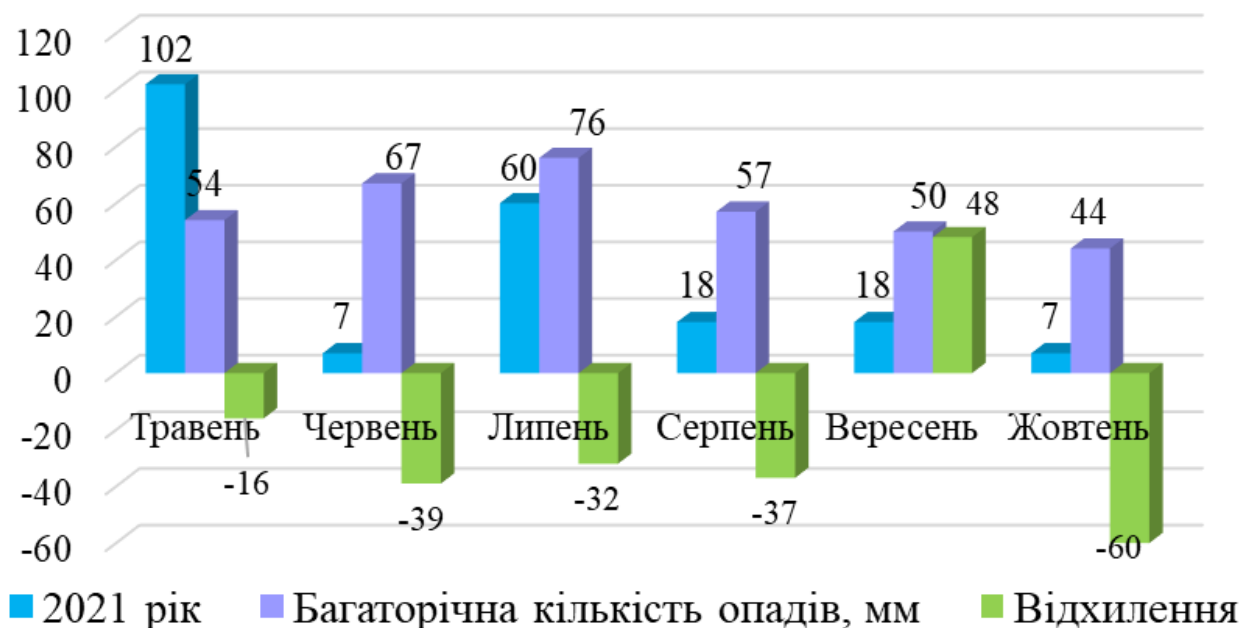


Рис.2.2. Середня кількість опадів та відхилення від багаторічних даних за вегетаційний період 2021 року, мм

За отриманими даними, у 2022 році середньодобова річна температура повітря становила $+8,7^{\circ}\text{C}$, що на $1,3^{\circ}\text{C}$ вище багаторічного показника $+7,4^{\circ}\text{C}$. Її абсолютний максимум ($+36^{\circ}\text{C}$), відмічено в третій декаді червня. Сума опадів за рік становила 604 мм, що на 11 мм більше багаторічного показника (593 мм). Найбільша кількість опадів випала у червні – 155 мм (231% від багаторічного показника 67 мм), у квітні – 107 мм (267% від багаторічного показника 40 мм), у липні – 82 мм (108% від багаторічного показника 76 мм). Найменша кількість опадів випала у жовтні – 6 мм (14% від багаторічного показника 44 мм) (рис.2.2).

За весняний період 2022 року середньодобова температура повітря становила $+7,4^{\circ}\text{C}$ що нижче на $0,7^{\circ}\text{C}$ за багаторічний показник $+8,1^{\circ}\text{C}$. Опадів випало дещо

більше – 144 мм (109%) порівняно до середньобагаторічних (132 мм). Сума активних температур повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ за весняний період склала 525°C , при багаторічному значенні – 620°C .

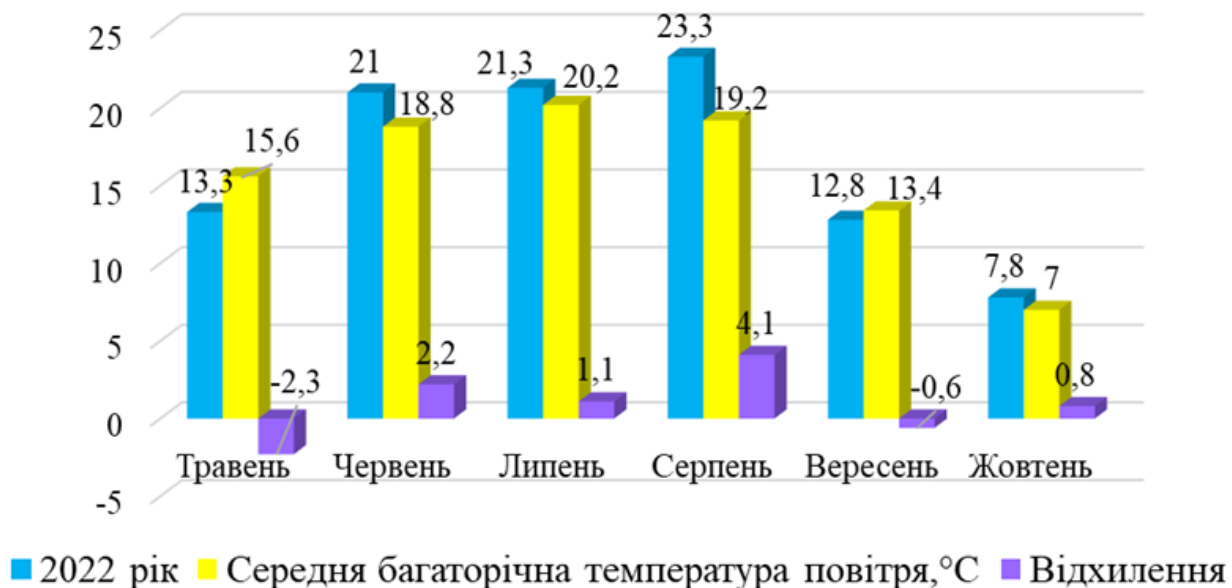


Рис.2.3. Середня місячна температура повітря та відхилення від багаторічних даних за вегетаційний період 2022 року, °C

За літній період середньодобова температура повітря помітно підвищувалася й знижувалася, що призводило до зниження ефективності опадів за рахунок їх випаровування. Спостерігалася спека й посуха, що змінювалася інтенсивними опадами. Червень був теплим, з коливаннями температури та опадів. На початку місяця спостерігалися невисокі температури й майже повна відсутність опадів, проте з середини місяця часто чергувалися сонячні й ясні дні з дощами та зливами. Максимальна температура повітря цього місяця сягала позначки $+36^{\circ}\text{C}$, а середньодобова була $+21,0^{\circ}\text{C}$, що на $2,2^{\circ}\text{C}$ вище багаторічного показника ($+18,8^{\circ}\text{C}$). Опадів випало 155 мм, що складає 231% від багаторічного показника (67 мм). Липень також був теплим та жарким, але не посушливим з середньодобовою температурою повітря $+21,3^{\circ}\text{C}$, при багаторічній температурі $+20,2^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 82 мм, що складає 108% від багаторічного показника (76 мм). Середньодобова температура повітря за серпень склала $+23,3^{\circ}\text{C}$, при багаторічній $+19,2^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 24 мм, або 42% від багаторічної норми – 57 мм (рис. 2.3 та 2.4).

Середньодобова температура повітря за літні місяці становила $+21,9^{\circ}\text{C}$, що на $2,5^{\circ}\text{C}$ вище середнього багаторічного показника. Опадів випало на 30% більше (261 мм) порівняно до багаторічних значень (200 мм). Всього за літній період було 22 дні з опадами. Сума активних температур повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ за цей період склала – 2015°C , при багаторічній – 1790°C .

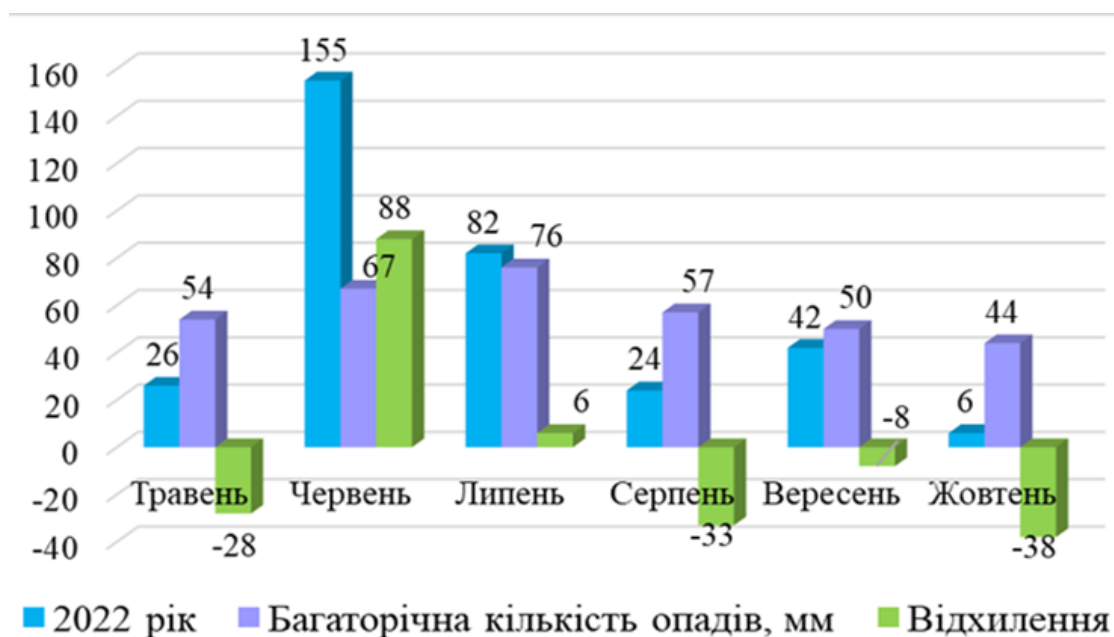


Рис.2.4. Середня кількість опадів та відхилення від багаторічних даних за вегетаційний період 2022 року, мм

Тривалість осіннього періоду становила 89 днів. Осінні місяці були теплими на початку та прохолодними в другій половині, з нестійкою погодою та постійними коливаннями температури. Середньодобова температура повітря у вересні становила $+11,6^{\circ}\text{C}$, при багаторічній температурі $+13,4^{\circ}\text{C}$ (рис.2.3). У середньому за вересень опадів було майже вдвічі більше (125,6 мм) порівняно до середньобагаторічних показників (рис.2.4). Максимальна температура повітря відмічена $+20,0^{\circ}\text{C}$, мінімальна $+2,0^{\circ}\text{C}$. Середня місячна температура повітря за жовтень досягала $+9,4^{\circ}\text{C}$, що на $2,4^{\circ}\text{C}$ вище за багаторічну ($+7,0^{\circ}\text{C}$). Мінімальна температура повітря була мінус $3,0^{\circ}\text{C}$. Опадів за місяць випало 30,5 мм, при багаторічному показнику 44 мм. Вітри впродовж місяця були слабкі та помірні. У цілому осінь була теплою, з

середньодобовою температурою повітря $+7,7^{\circ}\text{C}$ та кількістю опадів 175,6 мм. Сума активних температур повітря вище $+5^{\circ}\text{C}$ за осінній період склала 632°C при багаторічній 497°C .

За отриманими даними, в 2023 році середньодобова річна температура повітря була $+9,0^{\circ}\text{C}$, що на $1,6^{\circ}\text{C}$ більше багаторічного показника ($+7,4^{\circ}\text{C}$). Абсолютний максимум температури ($+36^{\circ}\text{C}$), відмічено в першій декаді серпня. Сума опадів становила 634 мм, що на 41 мм більше багаторічного показника (593 мм). Найбільшу кількість опадів зафіксовано: у вересні – 126 мм (252% від багаторічного показника 50 мм), у серпні – 122 мм (214% від багаторічного показника 57 мм), у липні – 80 мм (105% від багаторічного показника 76 мм) (рис.2.6).

Весна 2023 року характеризувалася як рання, майже суха, з мінливою температурою та періодичними заморозками. Середньодобова температура повітря становила $+9,6^{\circ}\text{C}$, що на $1,5^{\circ}\text{C}$ вище за багаторічну температуру $8,1^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 83,5 мм – 63%, при багаторічній 132 мм. Сума активних температур повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ за весняний період склала 624°C , при багаторічній – 620°C . Середньодобова температура повітря помітно підвищувалася й зменшувалася ефективність використання рослинами опадів за рахунок їх випаровування. Це призвело до посушливості клімату.

В 2023 році за літній період спостерігалася як традиційна спека й посуха, так і сильні грози й пориви шквального вітру, дощів було більше, порівняно до середніх багаторічних показників. Червень в цілому був теплим, але погода була нестійкою. На початку місяця спостерігалася висока температура і майже не було опадів, проте з середини місяця часто чергувалися сонячні й ясні дні з зливами та грозами. Максимальна температура повітря цього місяця сягала позначки $+29,0^{\circ}\text{C}$. Середньодобова температура повітря за місяць склала $+19,3^{\circ}\text{C}$, що на $0,5^{\circ}\text{C}$ вище багаторічного показника $18,8^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 70,5 мм, що складає 105% при багаторічному показнику 67 мм. Липень також був теплим та жарким, але не посушливим. Середньодобова температура липня була $+21,6^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 80,2 мм, що складає 105% від багаторічного показника 76 мм. Середньодобова

температура повітря за серпень склала $+22,8^{\circ}\text{C}$, при багаторічній $19,2^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 122 мм, що складає 214% багаторічної норми – 57 мм (рис. 2.5 та 2.6).

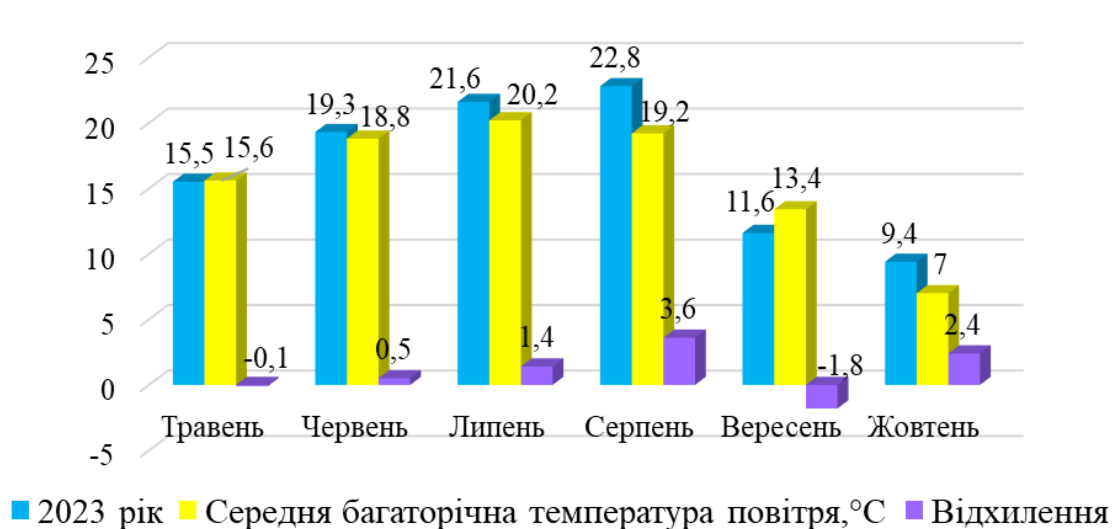


Рис.2.5. Середня місячна температура повітря та відхилення від багаторічних даних за вегетаційний період 2023 року, °C

Середньодобова температура повітря за літні місяці становила $+21,2^{\circ}\text{C}$, що на $1,8^{\circ}\text{C}$ вище середнього багаторічного показника. Опадів випало 272,6 мм, або 136% при багаторічному показнику 200 мм. Всього за літній період було 24 дні з опадами. Сума активних температур повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ за літній період склала – 1957°C , при багаторічній – 1790°C .

Осінь в цілому була теплою, з окремими вторгненнями холодних повітряних мас, середньодобова температура повітря осіннього періоду становила $+7,7^{\circ}\text{C}$. Опадів випало 175,6 мм, при багаторічному значенню 139 мм. Середньодобова температура повітря у вересні була $+11,6^{\circ}\text{C}$, при багаторічній температурі $+13,4^{\circ}\text{C}$. В середньому за вересень випало 126 мм опадів при середньому багаторічному показнику 50 мм. Максимальна температура повітря $+20,0^{\circ}\text{C}$, мінімальна $+2,0^{\circ}\text{C}$.

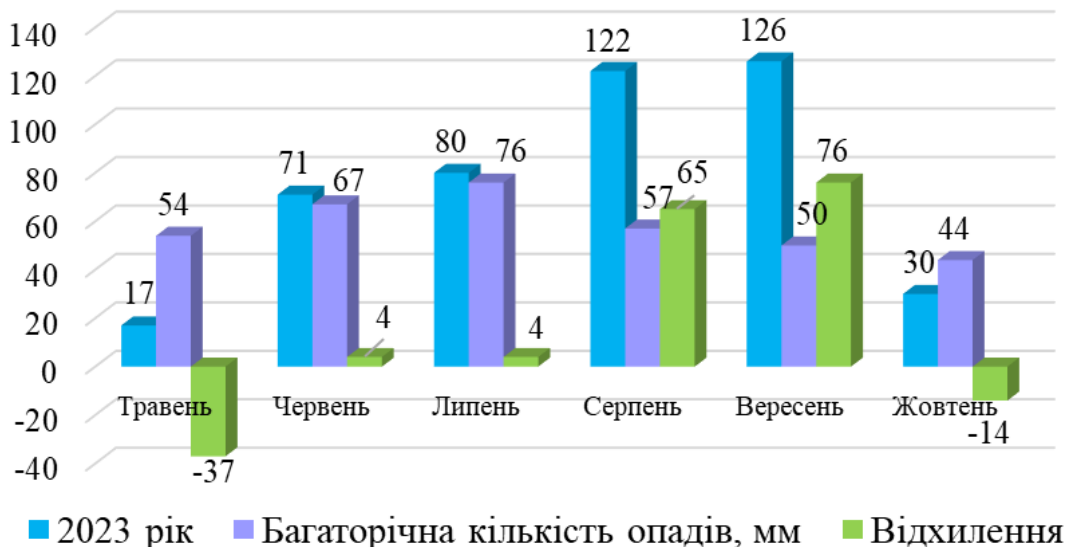


Рис.2.6. Середня кількість опадів та відхилення від багаторічних даних за вегетаційний період 2023 року, мм

Середня температура повітря за жовтень місяць становила $9,4^{\circ}\text{C}$, що на $2,4^{\circ}\text{C}$ вище за багаторічний показник $7,0^{\circ}\text{C}$. Мінімальна температура повітря знижувалася до мінус $3,0^{\circ}\text{C}$. Опадів за місяць випало 30 мм, при багаторічному показнику 44 мм.

Взаємний вплив температури повітря й надходження вологи у вигляді опадів певною мірою характеризує гідротермічний коефіцієнт (ГТК). Аналіз метеорологічних даних показав, що в середньому по місяцях у період вегетації сорго загальна характеристика таких абіотичних факторів довкілля, як температура та вологість, мала значні відмінності (рис.2.7).

Підвищені температури та значна кількість опадів у травні та червні 2021 року обумовили збільшення показника ГТК відповідно на рівні 1,36 та 1,59. Липень і жовтень характеризувалися як гостро посушливі – 0,09 і 0,25 відповідно. Високі температури повітря та зменшення кількості опадів у серпні 2021 року призвели до зниження показника гідротермічного коефіцієнта до 0,86, що характеризує цей період як посушливий. Умови вересня 2021 року характеризувалися близькими до типових для зони вирощування, співвідношення надходження вологи до температурного режиму склало 1,09. Найбільш екстремальним був період липня 2021 р., який можна характеризувати як «повний без дощу» (ГТК = 0,09).

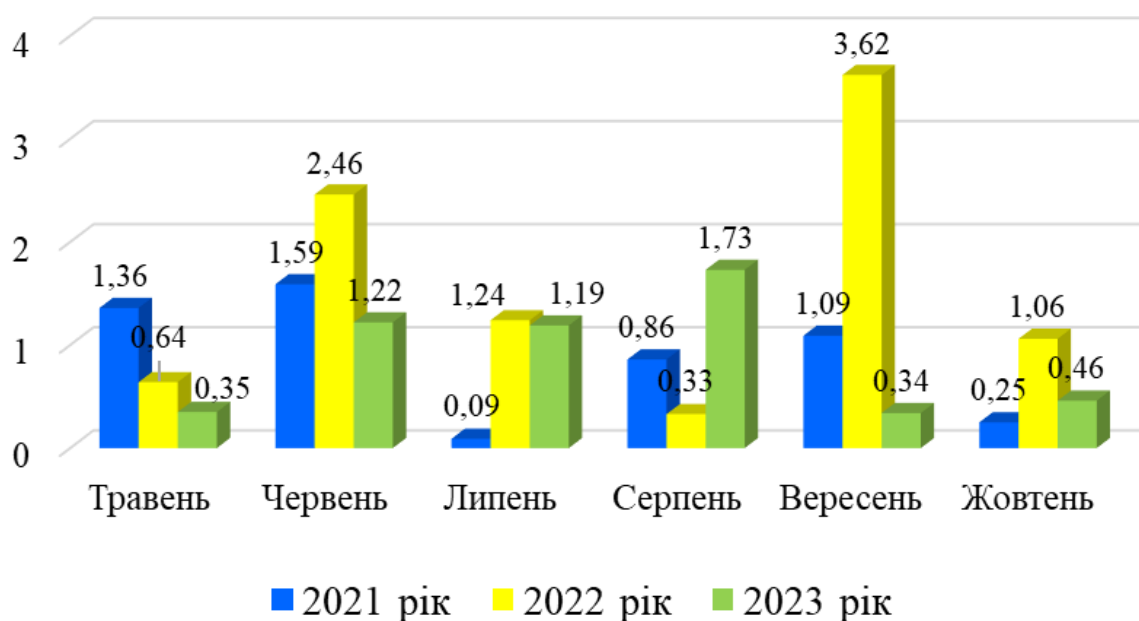


Рис.2.7. Значення гідротермічного коефіцієнта 2021 – 2023 рр.

Згідно з градацією показників значення ГТК у період 2022 року умови червня та вересня характеризувалися як вкрай перезволожені й становили 2,46 і 3,62 відповідно. Умови липня і жовтня були слабо посушливі – 1,24 і 1,06 відповідно. Умови травня за значенням гідротермічного коефіцієнта перебували на межі засухи – 0,64. Найбільш екстремальним був період серпня 2022 року, який можна характеризувати як гостро посушливий ГТК – 0,33.

Червень і липень 2023 року характеризувалися як слабо посушливі – 1,22 і 1,19 відповідно. Підвищені температури та значна кількість опадів у серпні 2023 року обумовили збільшення показника ГТК відповідно на рівні 1,73. Умови вересня й травня 2023 року характеризувалися як гостро посушливі й співвідношення надходження вологи до температурного режиму склало 0,34 і 0,35 відповідно. Згідно з градацією показників значення ГТК жовтень був дуже посушливим – 0,46.

У цілому за комплексом гідротермічних умов роки проведення досліджень були сприятливими для росту, розвитку та формування високого рівня продуктивності рослин сорго зернового.

2.3. Схема та методика проведення досліджень, особливості технології вирощування сорго зернового в досліді

Дослідження проводилися впродовж 2021 – 2023 рр. на дослідному полі кафедри агротехнології та ґрунтознавства на навчально-науковому полігоні Сумського національного аграрного університету. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий глибокосередньо-гумусовий крупнопилувато-середньосуглинковий на лесових породах. Він характеризується середньою кислотністю, добрим забезпеченням основними елементами живлення.

Дослід 1. Оцінювання параметрів вегетативного та генеративного розвитку рослин сортів сорго зернового залежно від норми висіву насіння

Факторіальна формула досліді: $N = LA \times LB \times n = 3 \times 3 \times 3 = 27$ (0,06 га);

Фактор А – сорти та гібриди сорго зернового: Янкі, Дніпровський 39, Самаран 6. Фактор В – норма висіву: 165 тис. шт./га, 330 тис.шт./га, 490 тис.шт./га (табл.2.3.1).

Дослід 2. Оцінювання параметрів вегетативного та генеративного розвитку рослин сортів сорго зернового залежно від норми мінеральних добрив

Факторіальна формула досліді: $N = LA \times LB \times n = 3 \times 4 \times 3 = 36$ (0,07 га);

Фактор А – сорти та гібриди сорго зернового: Янкі, Дніпровський 39, Самаран 6. Фактор В – норма внесення добрив: варіант без внесення добрив (фон), Нітроамофос ($N_{16}P_{16}K_{16}$), ($N_{35}P_{35}K_{35}$) та ($N_{70}P_{70}K_{70}$) д.р. кг/га вносили відповідно до схеми досліді під передпосівну культивуацію (табл. 2.3.1).

Розмір облікової ділянки $1,5 \times 10 = 15,0 \text{ м}^2$. Попередник – пшениця озима.

Було визначено: середні, мінімальні й максимальні значення та коефіцієнти варіації для основних показників вегетативного і генеративного розвитку рослин.

Закладення та проведення дослідів, відбір рослинних зразків, підготовку їх до аналізу проводили відповідно до методичних вказівок та Державних стандартів України. Спостереження та облік урожаю проводили за методиками.

Агротехніка вирощування сорго зернового в польовому досліді була загальноприйнята для зони північно-східного Лісостепу.

**Схема досліду вирощування та вивчення адаптивності та особливостей
формування продуктивності сорго зернового (2021 – 2023 рр.)**

Схема дослідів, 2021 – 2023 рр.			
Дослід 1		Дослід 2	
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву насіння, тис.шт./га	Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д.р. кг/га
Янкі Дніпровський 39 Самаран 6	165 тис.шт./га 330 тис.шт./га 490 тис.шт./га	Янкі Дніпровський 39 Самаран 6	Без добрив (фон) N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅ N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀
Норма внесення добрив – N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅		Норма висіву – 330 тис.шт./га	

Попередником для досліджуваних сортів та гібриду сорго зернового була пшениця озима. Після збирання попередника у ґрунті залишається волога, витратам якої через випаровування можна запобігти своєчасним і якісним луценням стерні. Після збору попередника проводили обробіток дисковими боронами АГ–2,4 на глибину 10 – 12см в з інтервалом 14 діб, що дозволило знищити значну кількість сходів бур'янів, заробити післяжнивні залишки.

Весняний обробіток ґрунту складається з комплексу заходів, спрямованих на підтримання поверхні поля в розпушеному вирівняному стані, збереження накопиченої ґрунтової вологи, контролювання чисельності бур'янів та створення сприятливих умов для проростання насіння зернового сорго і включає ранньовесняне боронування ґрунту та дві культивації комбінованими агрегатами. Основний обробіток ґрунту – зяблева оранка плугом ПЛН 3 – 35. Весняний обробіток

розпочинали за настання фізичної стиглості ґрунту з ранньовесняного боронування на глибину до 5 см в один-два сліди важкими зубовими боронами БЗТС – 1.0. Добрива вносили розкидним способом у передпосівну культивуацію, яку проводили агрегатом КПС – 2.4.

Насіння сорго дрібне і вимагає більш високих температур, ніж інші ярі зернові культури. Тому температура при сівбі не повинна бути нижче 12°C. Ґрунт і насінневе ложе повинні бути ретельно підготовлені. Спосіб сівби – звичайний рядковий з міжряддям 45 см [20]. Для висіву у дослідах використовували районовані сорти та гібриди сорго зернового. Сівбу проводили в першій декаді травня за настання температури ґрунту 10 – 12°C, селекційною сівалкою КЛЕН – 1.5. Глибина сівби – 2 – 4 см з нормами висіву згідно схеми досліду.

Догляд за посівами зернового сорго полягав в підтриманні посівів у чистому від бур'янів стані, а також у створенні сприятливих ґрунтових умов для розвитку рослин. Зернове сорго повільно росте на початку вегетаційного періоду, тому сходи бур'янів, які в цей період ростуть швидше, пригнічують сходи рослин сорго. Тому ми для знищення бур'янів і розпушування ґрунту проводили 2 міжрядні обробітки.

Упродовж вегетаційного періоду в основні фази розвитку сортів і гібридів сорго фенологічні спостереження проводили на постійно виділених площадках у двох несуміжних повтореннях.

Фенологічні спостереження проведені під час основних фаз росту та розвитку рослин згідно «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [56]. За початок фази приймали час її настання у 10%, а за повну фазу – у 75% рослин. Відмічали дату сівби та проходження основних фаз розвитку.

Густоту посівів визначали два рази за вегетацію на одних і тих самих фіксованих ділянках, які виділили після появи сходів. Перший підрахунок проводили у фазу повних сходів, другий – перед збиранням урожаю. За даними першого обліку визначали польову схожість насіння і формували густоту згідно схеми досліду, а другого – збереженість рослин за вегетаційний період.

Проводили морфометричний аналіз рослин сорго за такими параметрами: висота рослин, кількість та маса листків, кількість пагонів, площа листкової поверхні.

Морфометричний аналіз проводили в основні фази росту та розвитку рослин сорго, вибірка становила 20 типових для даного варіанту рослин, у двох несуміжних повтореннях. Висоту рослин вимірювали до фази цвітіння – від поверхні ґрунту до верху самого довгого (витягнутого) листка, після фази викидання волоті – від поверхні ґрунту до верхньої кінцівки волоті.

Площу листків визначали методом «висічок» [77].

В основу метода покладено вимірюванні площі та маси 10 зрізаних листків, а також маси листкової поверхні в усіх зразках у лабораторних умовах. Далі проводили розрахунки за відповідною формулою:

$$S = \frac{P \cdot S_1 \cdot n}{P_1},$$

де S – загальна площа листків, см²;

S₁ – площа однієї висічки, см²;

P – загальна маса листків, г;

P₁ – маса висічок, г;

n – число висічок, шт.;

Вміст хлорофілу у листках встановлювали шляхом приготування спиртового розчину та його подальшого аналізу за допомогою спектрофотометра *ULAB 102*;

Параметри структури врожаю аналізували згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [56].

Визначали:

– масу 1000 насінин встановлювали згідно з ДСТУ 4138-2002 [21];

– довжину та масу волоті, кількість та масу насіння на волоть – згідно «Методичних вказівок для визначення якості насіння» [21].

Результати вимірів, визначень та обліку врожайності піддавали дисперсійному аналізу та статистичній обробці, використовуючи методичні рекомендації по проведенню польових дослідів. Для цього використовували програмний комплекс *Agrostat* та програму *Excel* згідно з «Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології» [43].

Гідротермічний коефіцієнт зволоження (ГТК) – показник зволоженості території. Визначається за формулою:

$$ГТК = \frac{\sum K}{\sum T} \cdot 10$$

де $\sum K$ – суми опадів, мм, за період із середньодобовими температурами повітря вище 10 °С;

$\sum t$ – суми температур, °С, за період із середньодобовими температурами повітря вище 10 °С.

Якщо ГТК: до 0,4 – гостро посушливий; 0,41 – 0,70 – дуже посушливий; 0,71 – 1,00 – посушливий; 1,01 – 1,30 – слабо посушливий; 1,31 – 1,60 – оптимальний; >1,6 – перезволожений;

Збирання врожаю проводили у фазу повної стиглості по варіантах дослідів при настанні вологості зерна менше 20% прямим комбайнуванням комбайном Massey Ferguson.

Економічна ефективність різних варіантів польових дослідів проведена згідно з методиками визначення економічної ефективності [55, 84]. Розрахунки здійснені за фактичними витратами, передбаченими технологіями вирощування сорго в умовах Півночі України за фактичними показниками технологічних карт [4]. Для оцінки економічної ефективності брали основні показники: собівартість, умовний чистий прибуток, рівень рентабельності, продуктивність праці. Вартість одержаної продукції (зерно сорго) та агроресурсів обрані за цінами, що фактично склалась у господарствах південного регіону України на 1 жовтня 2023 р згідно з «Технологія вирощування зернових і технічних культур в умовах Лісостепу України» [76].

2.4. Матеріали для проведення досліджень

Станом на 2024 р. до Державного реєстру сортів рослин України занесено багато сортів і гібридів різних груп соргових культур. Всі вони низькорослі, характеризуються комплексом цінних господарських ознак: високою стійкістю до ураження головними хворобами і пошкодження шкідниками, посухо- і жаростійкі, солевитривалі, крім того, придатні до механізованих технологій вирощування. Перелік та опис сортів та гібридів сорго зернового наведено нижче [22].

Сорт ДНПРОВСЬКИЙ 39 (сорго зернове)

Оригінатори: Синельниківська селекційно-дослідна станція, Інститут сільського господарства степової зони НААН України. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України з 2000 р.

Метод створення: шляхом гібридизації стерильної лінії хлібного сорго Дн 37с із подібними сортозразками з подальшим відбором за вирівняністю посівів і виходом ніжки.

Апробаційні ознаки: на зерно. Висота рослин 95 – 105 см. Зерно має світло-коричневий колір. Маса 1000 насінин 25 – 28 г. Формує 1 – 2 волоті на рослину. Вміст протеїну в зерні 13,4%, крохмалю 75,8%, лізину 3,3%.

Біологічні ознаки: ранньостиглий. Період повні сходи – початок цвітіння 53 – 55діб, повна стиглість настає через 100 – 105 діб. Жаро- та посухостійкий. Слабо пошкоджується злаковими попелицями.

Господарські ознаки: потенційна урожайність – 6,5 – 7,0 т/га.

Агротехнічні вимоги: технологія вирощування – загальноприйнята для зернового сорго. Рекомендується для вирощування на зерно. Добре реагує на зрошення та високий агрофон. Насінництво сорту надійне [22, 86, 87].

Сорт САМАРАН 6 (сорго рисозернове)

Оригіна́тор: Інститут сільського господарства степової зони НААН України. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України з 2006 р. Рекомендовано для вирощування в зоні Степу. Зерно придатне для виготовлення муки, крупи та інших продуктів.

Апробаційні ознаки: зерно світло-рожеве з білим скловидним ендоспермом. Маса 1000 насінин 21 – 26 г. Низькорослий – 110 – 126 см. Вирівняний, не вилягає. Зернівка оранжева, зі спинки округла, в профіль еліптична. Зерно на $\frac{3}{4}$ скловидне. Вміст у зерні протеїну 11%, лізину 3,2%, крохмалю 72,3%, жиру 4,2%.

Біологічні ознаки: Сорт ранньостиглий. Вегетаційний період 105 – 120 діб. Посухостійкий, стійкий до вилягання, хвороб і шкідників. Ураження хворобами: летючою сажкою 5,8%, твердою сажкою 3,7%. Стійкий до осипання, вилягання та посухи. Урожайність зерна 3,5 – 4,8 т/га.

Агротехнічні вимоги: технологія вирощування – загально-прийнята для зернового сорго. Добре реагує на зрошення та високий агрофон. Насінництво сорту надійне [22, 86, 87].

Гібрид ЯНКІ (сорго зернове)

Власник права на поширення сорту: Адванта Сід Інтернешнал.

Метод створення: Гібрид. Країна створення сорту: США.

Апробаційні ознаки: на зерно. Висококрохмальний. Висота рослин 92,3 – 115 см. Зона вирощування – Лісостеп. Зерновий сорт відрізняється червоно-бронзовим кольором. Маса 1000 насіння 30 – 35 г. Формує 2 – 4 волоті на одну рослину. Вміст білка – 13,6 – 13,9%. Вміст крохмалю – 72,7 – 73,2%.

Біологічні ознаки: ранньостиглий. Тривалість періоду вегетації складає 103 – 109 діб. Жаро- та посухостійкий. Стійкість до полягання 8,9 – 9,0 балів. Стійкість до обсіпання 9,0 балів. Стійкість до посухи 7,6 – 9,0 балів. Стійкість до хвороб – 9,0 балів. Стійкість до стеблового метелику 9,0 балів. Гібрид, який славиться високою продуктивністю, ранніми термінами дозрівання.

Господарські ознаки: потенційна урожайність – 36,7 – 64,7 ц/га. Насіння сорго підходить для корму всіх тварин, а також риби [22, 86, 87].

Висновки до розділу 2

1. У Сумській області природно-кліматичні умови сприяють нормальному росту та розвитку культур завдяки таким важливим складовим, як високий рівень родючості ґрунтів, їх задовільна водопроникність та повітропроникність, а також достатня кількість опадів і відповідний температурний режим. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий глибоко середньо-гумусовий крупнопилувато-середньосуглинковий на лесових породах. Цей тип ґрунту характеризується середньою кислотністю, добрим забезпеченням основними елементами живлення.

2. Для проведення досліджень були використані різні сорти та гібриди сорго зернового, які станом на 2024 р. занесені до Державного реєстру сортів рослин України. Всі вони низькорослі, характеризуються комплексом цінних господарських ознак: високою стійкістю до ураження головними хворобами і пошкодження шкідниками, посухо- і жаростійкі, солевитривалі, крім того, придатні до механізованих технологій вирощування.

3. Методики, використані під час проведення досліджень, створили передумови для якісного теоретичного обґрунтування аналізу даних, отриманих за результатами польових та лабораторних дослідів. Закладення та проведення дослідів, відбір ґрунтових і рослинних зразків, підготовку їх до аналізу проводили відповідно до методичних вказівок та Державних стандартів України. Спостереження та облік урожаю проводили за методиками. Агротехніка вирощування сорго зернового в польовому досліді була загальноприйнята для зони північно-східного Лісостепу України.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ НОРМ ВИСІВУ ТА СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА ВРОЖАЙНІСТЬ РОСЛИН СОРГО ЗЕРНОВОГО

Пошук оптимальної норми сівби та щільності рослин в агроценозі є основою отримання оптимального стеблестою, досягнення високої врожайності та максимального прибутку [277]. Для реалізації максимального потенціалу врожайності необхідна збалансована чисельність особин в популяції рослин тобто певний рівень густоти посіву. Надмірна кількість рослин може бути згубною для виробництва, призвести до надмірного вилягання та загальної втрати врожаю [277]. При загущенні посіву набуває значення конкуренція між рослинами за світло, воду та поживні речовини, що може призвести до зниження врожайності [123, 132, 192]. Надто низька кількість особин в популяції спричиняє посилення конкуренції з бур'янами знижує можливості реалізації потенціалу врожайності.

Зміна чисельності популяції рослин та їх розташування (зокрема за рахунок ширини міжрядь) має різні, але взаємодоповнюючі впливи щодо використання доступних ресурсів, і зрештою визначатиме врожайність. Чисельність особин в популяції обумовлює ефективність розподілу ресурсів, у той час як розташування рослин контролює споживання цих ресурсів [176].

Встановлено, що оптимальна щільність рослин в ценозі залежить від особливостей культури [126]. Норма висіву насіння та ширина міжрядь є важливими факторами при вирощуванні культури сорго, які впливають на густоту стеблестою та параметри врожайності. Разом з тим, вплив ширини міжрядь та структури популяції рослин на врожайність зерна сорго змінюється залежно від низки абіотичних факторів, зокрема сумарної температури, наявності початкової ґрунтової вологи, загальної кількості опадів і особливо – вологості ґрунту під час цвітіння та наливання зерна.

Хоча оптимальна норма сівби та щільність рослин для сорго відрізняються залежно від регіону, дослідження показали, що врожайність насіння загалом зростає зі збільшенням чисельності рослин в популяції. Проте при нижчій, за рекомендовану,

густоті рослин, кількість волотей зернового сорго на рослину або кількість насіння на волоть також збільшується.

Майерс і Фоул (1981) дійшли висновку про відсутність постійного зв'язку між чисельністю популяції рослин і врожайністю, що ймовірно, пов'язане з компенсаторною здатністю рослин до куцїння [213]. Доведено, що оптимальний діапазон щільності для врожайності зерна є досить широким для культур із термінальними суцвіттями та потужною здатністю до утворення бічних пагонів за нормальної густоти посіву. Така особливість притаманна, зокрема, культурі сорго. Збільшення чисельності популяції рослин призводить до зменшення кількості бічних пагонів, висоти рослини та діаметра стебла, але при цьому врожайність зерна з одиниці площі зростає [132].

Ширина міжрядь впливає на здатність рослин реалізувати потенціал врожайності. Зменшення відстані між рядами покращує боротьбу з бур'янами за рахунок збільшення конкуренції і зменшення надходження світла [108]. Зміна ширини міжрядь впливає на перехоплення світла та використання вологи в ґрунті [123]. Реакція рослин на ширину міжряддя залежить від наявності води та часом цвітіння в посушливих регіонах [249, 265].

В досліджах показано, що популяція рослин сорго в посушливих районах має складати приблизно 50 – 80 тис.рослин/га. Разом з тим повідомляється, що популяція рослин для зрошеного сорго повинна складати до 250 тис.рослин/га та близько 50 тис.рослин/га в посушливих умовах [98].

Експеримент з вивчення впливу норми висіву (5; 7,5; 10; 12,5 і 15 кг/га) і ширини міжрядь (30, 45 і 60 см) на основні характеристики рослин сорго показали, що ширина міжрядь не мала істотного впливу на діаметр стебла, кількість волотей на рослину та масу 1000 насіння. Висота рослин зростала зі збільшенням норми висіву насіння в усіх варіантах ширини міжрядь. Вузкі міжряддя (30 см) і низька норма висіву (5 кг/га) забезпечили стабільно максимальний урожай зерна. Нижча врожайність була зареєстрована в варіантах із більшою шириною міжрядь (60 см) і вищими нормами висіву (7,5; 10; 12,5 і 15 кг/ га).

В умовах Лівобережної Лісостепової зони України (ширина міжрядь: 35, 50 та 70 см) максимальний урожай для всіх гібридів був сформований за ширини міжрядь 50 см [33].

Оптимальна ширина міжрядь та норма висіву насіння сортів сорго зернового становила 45 см та нормою висіву 200 тис.шт./га. в умовах Правобережного Лісостепу України, саме такі варіанти забезпечили найінтенсивніший ріст і розвиток рослин. Зменшення ширини міжрядь до 15 см і збільшення до 70 см призводило до зниження основних параметрів росту й розвитку сорго [66, 67].

На сьогодні проведено недостатню кількість переконливих досліджень для розуміння ефективності вирощування сучасних удосконалених сортів сорго щодо їх реагування на густоту стеблестою рослин для інтенсифікації виробництва зерна цієї культури.

З цією метою в 2021 – 2023 рр. у Сумському НАУ було закладено досліди з вивчення впливу сортових особливостей та оптимальних норм висіву на ріст та розвиток рослин сорго зернового в умовах північно-східного Лісостепу України.

3.1. Лабораторна та польова схожість насіння сорго зернового

Домінантою сучасних агротехнологій є використання методик насіннезнавства, пов'язаних з визначенням якості насіннєвого матеріалу, перевірки здатності до проростання. Для виробників важливим є визначення якісних показників насіння до початку проведення сівби в польових умовах. Насіння, яке перевірене на енергію проростання та схожість в лабораторних умовах зазвичай не буде відповідати очікуваним показникам в умовах поля через наявність неконтрольованих стресогенних факторів довкілля, що впливають на насіння та проростки у відкритому ґрунті.

Численні експерименти доводять високий рівень кореляції врожайних параметрів насіння та його посівних й фізіолого-біохімічних якостей. Характер прояву цих властивостей в різних сортів сорго проявляється в зміні низки показників,

насамперед, енергії проростання, силі росту насіння, його лабораторної та польової схожості.

Насіння, з високими показниками енергії проростання та лабораторної схожості, тобто з високими оцінкам стандартних тестів, часто погано «працює» в польових умовах. Діапазон кореляції між лабораторними тестами та польовою схожістю насіння варіює в досить широких межах і обумовлюється рівнем та потужністю дії стресогенних екзогенних факторів в польових умовах. Проте тестування насіння в лабораторних умовах є інформативним параметром щодо життєздатності насіння, енергії проростання, відповідності стандартам схожості та регламентоване ДСТУ [21].

Показники схожості насіння сорго в лабораторних умовах можуть бути обумовлені різноманітними причинами: особливостями формування насіння на материнській рослині, тривалістю періоду спокою, особливостями генотипу, розмірами та виповненістю насіння, цілісністю насінневих покривів тощо.

Під час проростання в насінні відбуваються складні та різноманітні фізіологічні й біохімічні процеси: гідроліз запасних поживних речовин (крохмалю, білків, жирів), надходження кінцевих продуктів катаболізму до активних мітотичних локацій тощо. Ріст, асиміляційна активність, утворення нових структур – вимагають витрат великої кількості енергії, що синтезується в насінні за рахунок дихання, тобто процесу окислювання запасних сполук. Інтенсивність цього процесу в насінні різко зростає при проростанні, особливо на його початкових етапах.

Для лабораторної оцінки енергії проростання насіння можуть бути використані цитологічні підходи, зокрема аналіз стану мітохондрій. Ці органоїди є носіями спадкових ознак материнського організму й чутливі до стресів в польових умовах. Насіння сорго з високою енергією проростання має велику кількість неушкоджених мітохондрій, в яких після початку сорбції та бубнявіння активно починаються процеси окислювального фосфорилування та синтезу енергії, необхідної для проростання насіння.

Для визначення енергії проростання та лабораторної схожості насіння сорго та енергії проростання було використано насіння категорії ЕН. Пророщування

проводили на фільтрувальному папері (НФ, температура 25°C) згідно вимог ДСТУ 4138-2002. Енергію проростання визначали на 4, а схожість на 10 добу [21].

Результати дослідів представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.1

Енергія проростання насіння різних сортів сорго, % (2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Рік			Середнє
	2021	2022	2023	
Янкі	95,3	94,8	95,0	95,0
Дніпровський 39	93,6	94,5	94,1	94,1
Самаран 6	91,1	92,3	92,6	92,0
НІР ₀₅				0,03

Проведений аналіз даних енергії проростання насіння сорго показав, що середні показники цього параметру були досить високими й становили 95,0% (Янкі), 94,1% (Дніпровський 39) та 92,0% (Самаран 6), що відповідає вимогам ДСТУ. Коливання цього показника в 2021 – 2023 рр. становили в середньому від 0,5% (Янкі) до 1,5% (Самаран 6) та мало залежали від сортових особливостей.

Численними дослідженнями доведено, що насіння, яке проростає інтенсивно в перші 3 – 4 дні після початку тестування, формує врожай вищий на 30 – 38%, а насіння, яке починає проростати після сьомого дня – знижує врожай на 28%. В багатьох випадках вважається, що енергія проростання насіння може ототожнюватися з його високими якісними показниками.

Якщо розглядати енергію проростання як параметр, що відображує здатність насіння до проростання та ступінь активності цього процесу, то результати дослідів свідчать про високі якісні показники насінневого матеріалу сорго.

Параметром, інформативним щодо оцінки біологічної повноцінності насіння є сила росту. Цей показник не регламентований ДСТУ 4138-2002, проте він часто використовується для аналізу якості насіння. Сила росту відображує здатність

проростка долати опір субстрату (грунту) певної товщини. Також він може бути встановлений на підставі аналізу вегетативної маси проростків.

Для визначення сили росту насіння сорго пророщували протягом 10 діб (на світлі). Силу росту визначали за двома показниками: відсотком здорових проростків та їх масою (в перерахунку на 100 штук, у грамах) [21]. (Табл. 3.1.2).

Дружність проростання насіння в лабораторних умовах корелює з рівномірною появою сходів в польових умовах. Дружність проростання визначається кількістю днів від початку до кінця строку появи сходів: чим коротший цей період, тим більш висока дружність проростання. Цей показник є інформативним у відношенні як до росту рослин, так і їх розвитку.

Перевагою методики визначення показника є отримання додаткової інформації щодо швидкості та дружності проростання насіння. Високий ступінь інформативності цього параметру проростання насіння відмічено багатьма дослідниками. Зокрема повідомляється, що врожайні властивості насіння залежать від сили росту навіть більше, ніж від енергії проростання та лабораторної схожості.

Таблиця 3.1.2

**Інтенсивність проростання та сила росту насіння сорго зернового
(2021 – 2023 рр.)**

Інтенсивність проростання та сила росту насіння сорго			
Показники	Фактор А – сорт/гібрид		
	Янкі	Дніпровський 39	Самаран 6
Швидкість проростання, діб	2,9	2,5	2,1
Дружність проростання, %	37,8	36,2	35,4
Сила росту: маса паростків в перерахунку на 100 шт., г	17,3	16,4	15,5
Сила росту: кількість сильних паростків, %	88	86	82

Доведено, що між силою росту та рівнем продуктивності існує тісний кореляційний зв'язок [31].

З наведених в таблиці 3.1.2 даних видно, що швидкість проростання була найвищою в насіння гібриду Янкі (2,9/доба), а найнижчою – в сорту Самаран 6 (2,1/доба).

Дружність появи сходів в польових умовах формує сприятливі умови для проведення післясходового догляду за посівом, та створення вирівняного стеблостою, виконання збиральних робіт в оптимально стислі строки, запобігає втратам насіння. Відмінність в продуктивності рослин, сходи яких з'явилися першими та рослинами, які з'явилися на 4 – 5 днів пізніше, може становити до 30 – 50%.

В нашому досліді коливання в дружності проростання між сортми становило 2,4%. Найбільш наочною була відмінність за кількістю здорових проростків – 6% (88% – Янкі, 82% – Самаран 6).

У досліді було використано насіння 2020 – 2022 рр. Виявилось, що цей фактор суттєво не впливав на параметри сили росту: на насінні з різних років урожаю було отримано задовільні результати. Загалом, насіння всіх сортів мало позитивні характеристики щодо початкових етапів проростання в лабораторних умовах.

Лабораторна схожість є параметром, регламентованим Державним стандартом. Цей показник характеризує якість насіннєвого матеріалу; у оригінального та елітного насіння значення лабораторної схожості повинні бути не нижче 92%, а у репродукційного насіння – 87%.

Мета визначення лабораторної схожості – встановлення кількості насіння, яке здатне утворювати нормально розвинені проростки.

Визначення лабораторної схожості проводили разом з тестом на енергію проростання відповідно до вимог ДСТУ 4138-2002 на 10 добу. Результати представлено в табл. 3.1.3.

Таблиця 3.1.3

Лабораторна схожість насіння сорго зернового, % (2021 – 2023 рр.)

Лабораторна схожість, %				
Фактор А – сорт/гібрид	Рік			Середнє
	2021	2022	2023	
Янкі	96,3	97,8	100,0	98,0
Дніпровський 39	93,5	96,0	96,2	95,2
Самаран 6	95,1	94,2	95,3	94,8
НІР ₀₅				0,09

У всіх досліджуваних нами сортів та гібриду сорго зернового лабораторна схожість була високою, що свідчить про задовільні якісні показники насінневого матеріалу. Найвищим цей параметр був в гібриду Янкі – 98%, найнижчим – 94,8% – у сорту Самаран 6. По рокам було відмічено коливання показника від 1,1% (Самаран 6) до 3,7% (Янкі).

Параметри, що були визначені в лабораторних умовах, тобто енергія проростання насіння та лабораторна схожість – корелюють зі строками появи сходів в умовах відкритого ґрунту. Вища енергія проростання та лабораторна схожість насіння обумовлюють й вищу польову схожість. Тобто, лабораторна схожість насіння відповідає його здатності та інтенсивності проростання в польових умовах. Польова схожість є базовим показником якості насіння, який тісно корелює з проростанням насіння в лабораторних умовах.

Незважаючи на існування кореляції між адаптації насіння до умов довкілля та його лабораторною схожістю, в межах одного сорту ступінь виживання проростків з різних партій насіння, що мають однакову лабораторну схожість, часто може відрізнятися. Тому ведуться пошуки методів визначення схожості насіння, які б забезпечували прогнозування фактичного виживання сіянців в польових умовах та коректно оцінювали б здатність різних партій насіння до проростання.

Оптимальне виробництво сорго зернового залежить від ряду екологічних, технологічних, генетичних факторів. Швидке та рівномірне формування посіву базується на використанні сильного насіння, здатного до енергійного проростання в польових умовах. Польова схожість насіння та потенційна щільність посіву є одним із найбільш ефективних агрономічних факторів для формування врожайності, на яку впливають як генотипи сортів так і кліматичні умови, а також системи виробництва [289].

Рівномірність розташування окремих рослин посіву, їх площі живлення корелюють, насамперед, з польовою схожістю насіння. Низькі значення цього параметра ведуть до значних відмінностей між нормою висіву та кількістю рослин на час збирання врожаю. Незважаючи на необхідність та важливість оцінки польової схожості насіння цей показник може бути непрогнозованим через мінливість погодних умов. Варіативність значень польової схожості також обумовлена агротехнологічними та ґрунтовими чинниками.

Польова схожість – це кількість сходів, виражена у відсотках до числа висіяного насіння. Цей показник визначають після появи проростків на поверхні ґрунту. Зазвичай в польових умовах більш швидко та рівномірно проростає насіння з високою лабораторною схожістю. Польова схожість може суттєво відрізнитися від лабораторної в випадках, коли здатність насіння до проростання є низькою в лабораторних умовах. Високоякісне насіння, за виключенням випадків перебування в стані спокою, повинно проростати швидко. Проте інколи умови насінневого ложа можуть стримувати проростання безпосередньо після сівби.

На проростання насіння та рівномірність сходів в польових умовах впливає багато факторів. Деякі з цих факторів було вивчено та визначено, але інші досі залишаються невідомими. Факторами, які загалом впливають на енергію проростання насіння, є генетичні характеристики материнської рослини, збирання врожаю, зберігання, фізико-хімічні параметри насіння (розмір насіння, вага, співвідношення білок/крохмаль тощо), а також умови навколишнього середовища (переважно вологість і температура). Менш значними факторами є комахи та хвороби, які, як

правило, шкідливі для подальшого росту рослини, якщо насіння не було оброблено інсектицидами та фунгіцидами.

Важливе значення для процесу проростання має волога, достатня кількість якої визначає інтенсивність та рівномірність росту й розвитку проростків. Серед погодних факторів значний вплив на процес проростання насіння має повітря, адже проростання насіння пов'язане з великою потребою в кисні, який забезпечує нормальне дихання насіння та інтенсивність метаболічних процесів під час проростання.

Разом із тим, у сприятливих умовах швидкість проростання не завжди є характерним показником сили росту насіння чи паростка. Наприклад, добре виповнене й фізіологічно сформоване насіння може бубнявіти й проростати більш повільно. Причина цього явища може полягати в присутності патогенної мікрофлори на поверхні насіння. Сорбція спочатку відбувається через природні отвори оболонки насіння.

Відомо також, що насіння багатьох видів, зокрема сорго зернове, чутливе до низьких температур. Тому будь-які зміни градієнта концентрації розчиненої речовини в поєднанні з низькими температурами можуть призвести до витоку цих речовин під час раннього періоду реорганізації мембрани. Мембрани органел клітини мають важливе значення для багатьох метаболічних подій, включаючи дихання, які забезпечують насіння енергією, необхідною для подальшого росту.

Процес проростання насіння може бути уповільненим через його часткове перебування в стані спокою. Тому деякі дослідники вважають, що термін «енергія проростання» не відображає потенційних можливостей насіння щодо проростання в польових умовах.

Затримка проростання і більше варіювання строків проростання окремих насінин є ознакою погіршення якості насіннєвого матеріалу, яке досить легко визначити. Встановлено, що швидкість проростання насіння знижується значно раніше, ніж схожість.

В наших досліджах температурні умови травня-червня 2021 року відрізнялися від середніх багаторічних показників у бік підвищення на 5,8 – 6,3°C, а кількість опадів була меншою на 16 – 39 мм.

В травні 2022 року температура була нижчою на 2°C за середньобагаторічну, а кількість опадів – на 28 мм менше. Аналогічна закономірність спостерігалася і в травні 2023 року (строки проростання насіння сорго). Загалом найбільш сприятливим роком для проростання насіння сорго та формування високопродуктивного посіву був вегетаційний період 2022 року.

Результати досліджень польової схожості сорго, проведених у 2021 – 2023 рр. представлено в табл. 3.1.4.

Таблиця 3.1.4

Польова схожість сорго зернового залежно від норм висіву та сортових особливостей, % (2021 – 2023 рр.)

Польова схожість, %					
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	Рік			Середнє
		2021	2022	2023	
Янкі	165	85,2	92,0	89,2	88,9
	330	71,8	75,8	73,9	73,9
	490	77,6	78,4	74,5	76,9
Дніпровський 39	165	81,2	85,5	80,1	82,3
	330	66,6	72,3	69,0	69,3
	490	72,8	78,7	75,5	75,7
Самаран 6	165	83,0	83,4	81,3	82,6
	330	73,5	81,8	73,9	76,3
	490	69,6	76,8	71,9	72,7
НІР ₀₅	2,90				

З даних таблиці 3.1.4 видно, що польова схожість залежала як від генотипу, так і від норми висіву. Найвищі значення показника за роки досліджень відмічено на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га у гібриду Янкі (88,9%), у сортів Самаран 6 та Дніпровський 39 на 6,3 – 6,6% нижче. Відмінності між сортами і гібридом є статистично достовірними з рівнем $HP_{05} = 2,90$.

Зі збільшенням норми висіву спостерігалася тенденція до зниження польової схожості у всіх сортів та гібриду: Янкі – до 15%, Дніпровський 39 – до 13%, Самаран 6 – до 9,9%. Тобто гібрид Янкі виявився найбільш чутливим до підвищення норми висіву на етапі проростання насіння. Найбільш сприятливі умови для проростання насіння склалися в 2021 р.: значення ГТК в травні-червні становило 0,65 – 2,46, польова схожість гібрида Янкі перевищувала середні значення на 1,5 – 3,1%, сорту Дніпровський 39 – до 3 – 3,2%, сорту Самаран 6 – 0,8 – 4,1%. Таким чином, польова схожість насіння сорго була обумовлена в досліді, насамперед, впливом норми висіву (що підтверджують дані статистичної обробки).

Про вплив норм висіву на схожість сорго повідомляють Мулярчук О. І. зі співавторами, Сторожик Л. І., Рожков А. О. [59]. Проте одностайної думки щодо впливу цього фактору немає: одні вважають, що вплив є незначним, основна дія – за погодними умовами року, інші повідомляють, що зі збільшенням кількості висіяного насіння на одиниці площі спостерігається скорочення польової схожості на 2,0 – 8,0% незалежно від генотипу рослин [59].

Результати аналізу впливу окремих факторів на польову схожість сорго представлено на рис. 3.1.

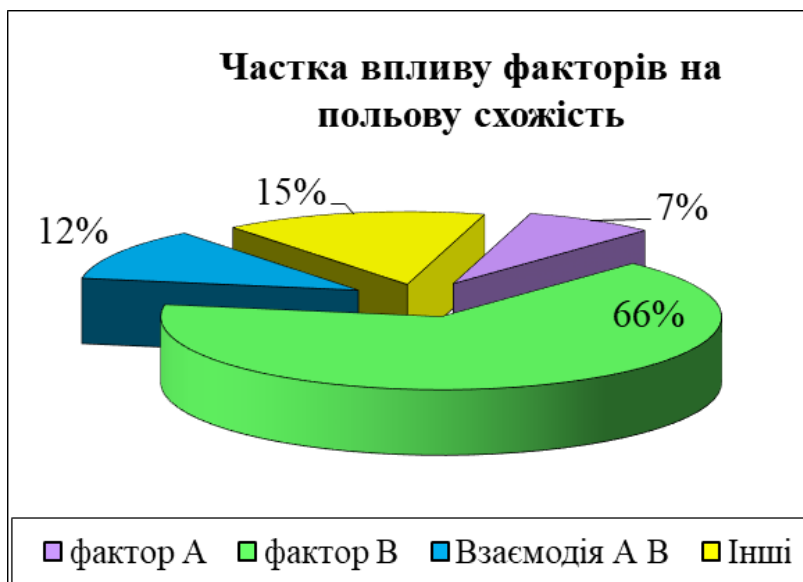


Рис. 3.1. Вплив сортових особливостей та норми висіву на польову схожість сорго зернового: фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма висіву

Серед агротехнічних факторів, що вивчалися, найбільший вплив на польову схожість мала норма висіву насіння – 66%, тоді як генетичні особливості сортів та гібриду склали 7%. Вплив взаємодії двох факторів становив – 12%, частка впливу інших факторів була 15%.

Оптимальна густина рослин істотно змінюється залежно від умов зони вирощування та особливостей ґрунтового покриття. Площа живлення рослин є важливим фактором для підвищення продуктивності та дає особинам ценозу однакові можливості для виживання та найкращого використання ресурсів (води, світла, поживних речовин тощо [271]).

В польових умовах важливим показником ефективності застосування елементів технології вирощування є виживаність рослин. Цей параметр відображує адаптаційні можливості генотипу як до кліматичних умов зони вирощування, так і до особливостей технології. Звичайно, найбільший вплив норм висіву, які обумовлюють площу живлення особин в ценозі, буде позначатися на виживаності рослин та кінцевій густоті посіву, адже на початкових етапах росту рослин конкуренція між ними практично відсутня. Разом з тим, з поступовим проходженням фаз онтогенетичного

розвитку, конкурентний вплив посилюється, що веде до випадіння рослин та зрідження посіву, особливо при його загущенні.

Проведені дослідження показали, що відмінності між значенням показника виживаності рослин як результат впливу норм висіву були значно вищими, ніж за параметром польової схожості насіння. Варіабельність виживаності рослин сортотразків сорго зернового залежала від впливу норми висіву насіння (табл. 3.1.5).

Таблиця 3.1.5

Вплив норм висіву на виживаність та передзбиральну густоту посіву сорго зернового (середнє, 2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис. шт./га	% кінцевої густоти посіву до норми висіву	зрідження сходів,%	Передзбиральна густота посіву, тис/га		
				для варіанту	для фактору А	для фактору В
Янкi	165	77,8	14,2	125,86	199,33	120,26
	330	60,2	22,6	188,76		190,21
	490	61,6	24,8	289,36		283,76
Дніпровський 39	165	74,3	10,7	121,26	198,81	
	330	58,3	18,9	185,47		
	490	62,1	21,9	286,70		
Самаран 6	165	70,8	16,6	113,67	196,10	
	330	62,6	22,0	196,40		
	490	59,7	21,6	278,22		
НІР ₀₅	3,04					

Виживаність рослин була найвищою на варіантах з найменшою нормою висіву в досліді – 165 тис.шт./га. й становила 70,8 – 77,8% залежно від сорту.

З подальшим підвищенням норми висіву до 490 тис.шт./га спостерігали тенденцію до зниження виживаності рослин: у гібрида Янкі на 16,2%, сортів Дніпровський 39 – на 12%, Самаран 6 – на 11,1%.

Зрідження посівів також відбувалося при збільшенні норми висіву: з 5,5% (Самаран 6) до 11,9% (Дніпровський 39). Найбільший відсоток зрідження фіксували на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га у гібрида Янкі: 24,8%.

Передзбиральна густина посіву залежала від норми висіву й була максимальною у всіх сортів та гібриду сорго на варіанті з нормою 490 тис.шт./га – 278,22 – 289,36 тис.шт./га (Самаран 6 та Янкі відповідно). В середньому по цьому фактору (фактор В) максимальні значення були 283,76 тис.шт./га, тоді як на варіанті з найнижчою нормою висіву в досліді – 120,26 тис.шт./га.

Норма висіву насіння може бути визначальним фактором, який обумовлює утворення продуктивних рослин сорго (табл. 3.1.6). Інформативним показником стану посіву може бути поправковий коефіцієнт, який визначає кількість рослин посіву перед збиранням. Спираючись на кінцеву густоту рослин в посіві було розраховано поправковий коефіцієнт для сортів та норм висіву.

Максимальні значення коефіцієнта були притаманні посівам з мінімальною нормою висіву в досліді: 0,76; 0,73; 0,69 (Янкі, Дніпровський 39 та Самаран 6 відповідно). Зі збільшенням норми висіву відбувалося зниження значень поправкового коефіцієнта.

Біологічною особливістю росли сорго є здатність до утворення бічних пагонів, активного галуження. Число продуктивних стебел, сформованих рослиною, може характеризувати потенційну врожайність генотипу. Виявлено, що частка продуктивних рослин до норми висіву знижувалася зі збільшенням щільності посіву з 76,28 до 57,83% (гібрид Янкі), з 73,49 до 59,12% (сорт Дніпровський 39), з 68,89 до 56,78% (сорт Самаран 6). Всі сорти та гібрид реагували на фактор норми висіву однотипово. Чіткої різниці між сортами виявлено не було.

Таблиця 3.1.6.

**Залежність між нормою висіву та кінцевою густрою посівів сорго
зернового (2021 – 2023 рр.)**

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	Поправковий коефіцієнт	Частка продуктивних рослин до норми висіву, %		
			для варіанту	для фактору А	для фактору В
Янкі	165	0,76	76,28	63,77	72,89
	330	0,57	57,2		57,64
	490	0,58	57,813		57,91
Дніпровський 39	165	0,73	73,49	62,94	
	330	0,56	56,2		
	490	0,59	59,12		
Самаран 6	165	0,69	68,89	61,73	
	330	0,60	59,52		
	490	0,57	56,78		

Таким чином, в наших дослідках польова схожість сорго була обумовлена погодними умовами року та нормою висіву: найвищі значення цього параметру спостерігали за норми висіву 165 тис.шт./га, найбільш сприятливі погодні умови фіксували в 2021 р. Підвищення норми висіву насіння зменшувало польову схожість та призводило до зрідження сходів. Разом з тим, передзбиральна густина посіву залежала від норми висіву й була максимальною у всіх сортозразків сорго на варіанті з нормою 490 тис.шт./га. Підвищення норми висіву призводило до зрідження посіву та зниження виживаності рослин. Збільшення норми висіву негативно впливало на частку продуктивних стебел рослин.

3.2. Особливості вегетаційного періоду сорго зернового залежно від норм висіву

Дослідами багатьох науковців доведено, що процес формування врожаю та його динаміка залежать від особливостей етапів онтогенетичного розвитку рослин, тривалості та строків окремих фенологічних фаз. Параметри та особливості реалізації генетичних характеристик окремих сортозразків пов'язані з тривалістю періоду вегетації. Вивчення інтенсивності росту та онтогенетичного розвитку рослин залежно від окремих елементів агротехнологій дає можливість встановити особливості реалізації генетичної програми рослин під впливом цих факторів.

Фази органогенезу рослин сорго обумовлені, насамперед, інтенсивністю та спрямованістю (катаболізм-анаболізм) метаболічних процесів в організмі. Візуальними ознаками різноманітних ендогенних процесів та змін є перехід рослин до послідовних етапів розвитку, формування нових морфологічних характеристик [69, 232].

Реалізація генетичної програми формування врожаю залежить від елементів агротехнологій, особливостей впливу абіотичних факторів (температура, вологість, ґрунтові умови тощо). Мінливість погодних умов в фазу утворення та наливання насіння, неоднакова тривалість фенологічних етапів розвитку рослин можуть суттєво впливати на якісні показники кінцевої продукції.

Дослідження особливостей проходження етапів органогенезу рослин сорго дає можливість встановити ефективність впливу певних факторів умов вирощування та можливі критичні періоди росту й розвитку рослин сорго. Тривалість фенологічних фаз розвитку рослин та швидкість їх проходження можливо корегувати шляхом зміни окремих елементів агротехнології [5].

Дослідження зв'язків між тривалістю окремих фаз росту й розвитку рослин, залежно від впливу окремих агротехнічних елементів вирощування сприяє накопиченню необхідної інформації для управління продукційним процесом посівів. На підставі оцінки термінів початку фенологічної фази розвитку можна проводити біологічний контроль за ростом і розвитком рослин. Елементи технології

вирощування можуть мати різний характер впливу на інтенсивність проходження фенологічних фаз росту й розвитку рослин сорго.

Низкою досліджень встановлено, що формування врожаю сорго залежить саме від особливостей проходження етапів органогенезу та тривалості фенологічних фаз розвитку рослин [34, 38]. Зазначається, що з особливостями вегетаційного періоду пов'язані морфологічні та фізіологічні параметри рослин, особливості реалізації генетичного потенціалу продуктивності сорту чи гібриду. Біологічною особливістю сорго зернового є уповільнений ріст надземних органів рослин на початку вегетації (30 – 40 діб від сходів). У цей період відбувається інтенсивний розвиток кореневої системи. Проведення оцінки особливостей фенології рослин дає змогу здійснювати біологічний контроль за їх ростом та розвитком. Корируючи густоту та рівномірність розподілу рослин по площі живлення, можна значною мірою регулювати швидкість проходження окремих фенологічних фаз росту й розвитку рослин, особливості їх кушіння, синхронність розвитку особин в агроценозі, формування елементів врожаю.

Фенологічні спостереження за рослинами сорго в досліді показали, що суттєвої різниці росту та розвитку рослин на перших етапах онтогенезу, залежно від норми висіву, не спостерігається. (табл.3.2.1)

За результатами досліджень, у гібриду Янкі фаза «сівба – сходи» тривала на всіх досліджуваних варіантах однаково 16 днів. Фаза «сходи – цвітіння» на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га тривала 57 днів, а із збільшенням норми висіву до 330 та 490 тис.шт./га тривалість фази зменшилась на 2 та 5 днів, і тривала 55 та 52 днів відповідно. Фаза «цвітіння – стиглість» на варіанті з найменшою нормою висіву (165 тис.шт./га) тривала 37 днів, що на 6 днів довше ніж на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га (31 день). Загалом у гібриду Янкі тривалість вегетації скоротилася зі збільшенням норми висіву на 11 днів, і становила 110 днів на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га та 99 днів на варіанті з нормою 490 тис.шт./га.

У сортів Дніпровський 39 та Самаран 6 спостерігалася аналогічна ситуація з гібридом Янкі. Тривалість фази «сівба – сходи» була однаковою на досліджуваних варіантах з різною нормою висіву. Фаза «сходи – цвітіння» при збільшенні норми висіву до 490 тис.шт./га починалася раніше на 3 дні як у сорту Дніпровський 39 так і

в сорту Самаран 6. Фаза «цвітіння – стиглість» при збільшенні норми висіву до 490 тис.шт./га зменшувалася на 2 дні (сорт Дніпровський 39) і на 4 дні (сорт Самаран 6).

Таблиця 3.2.1

Тривалість фаз розвитку рослин сорго зернового залежно від сортових особливостей та норми висіву, днів (2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Фази розвитку	Фактор В – норма висіву, тис. шт./га		
		165	330	490
Янкі	Сівба-сходи, днів	16	16	16
	Сходи-цвітіння, днів	57	55	52
	Цвітіння-стиглість, днів	37	36	31
	Тривалість вегетації, днів	110	107	99
Дніпровський 39	Сівба-сходи, днів	16	16	16
	Сходи-цвітіння, днів	60	58	57
	Цвітіння-стиглість, днів	39	38	37
	Тривалість вегетації, днів	115	112	110
Самаран 6	Сівба-сходи, днів	17	17	17
	Сходи-цвітіння, днів	62	60	59
	Цвітіння-стиглість, днів	43	40	39
	Тривалість вегетації, днів	122	117	115

Загалом тривалість вегетаційного періоду скорочувалася при загущенні посіву до 490 тис.шт./га: від 5 днів (сорт Дніпровський 39) до 7 днів (сорт Самаран 6).

Помітний вплив норм висіву на окремі етапи органогенезу почали відмічати від фази кушіння рослин. Ця фаза має важливе значення в формуванні продуктивності окремих рослин та посіву в цілому (табл. 3.2.2).

Таблиця 3.2.2

Тривалість окремих фенологічних фаз розвитку рослин сорго залежно від сортових особливостей та норм висіву, днів (середнє 2021 – 2023 рр.)

Тривалість фенологічних фаз, днів				
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	Тривалість фази кушіння	Тривалість фази виходу в трубку	Тривалість періоду формування і досягання зернівки
Янкі	165	21	18	39
	330	18	18	37
	490	17	20	35
Дніпровський 39	165	23	19	41
	330	21	20	39
	490	20	21	38
Самаран 6	165	22	18	42
	330	21	19	41
	490	20	20	40

В наших дослідженнях норми висіву мали суттєвий вплив на тривалість фази кушіння. Діапазон варіабельності між варіантами становив від 2 днів (сорт Самаран 6) до 4 днів (гібрид Янкі). Скорочення фази кушіння було найбільш помітним при збільшенні норми висіву з 165 до 330 тис.шт./га (2 – 3 дні). Тривалість цієї фази є важливою для реалізації продуктивного потенціалу посіву: більша тривалість фази кушіння є кращою основою для формування врожайності рослин. Тому саме норма висіву 165 тис.шт./га забезпечить перевагу рослинам агроценозу для формування високого рівня врожайності.

Разом з тим, тривалість фази виходу в трубку мала виразну тенденцію до скорочення зі збільшенням площі живлення рослин та зменшення конкурентного навантаження. Проте під час проходження рослинами цієї фази відбуваються процеси

росту, пов'язані з подальшим утворенням органів вегетативної сфери рослин і рівень потенційної продуктивності рослин мало залежить від її тривалості. У всіх сортозразків сорго було відмічено подовження цієї фази онтогенезу на 2 дні.

При збільшенні норми висіву у всіх сортозразків спостерігали скорочення фази формування та дозрівання зернівки. Найбільшим вплив фактору норми висіву був у гібриду Янкі (4 дні).

Таким чином, ефект впливу норм висіву насіння впливав на тривалість окремих фаз онтогенезу рослин сорго і починав проявлятися з фази кушіння, посилення ценотичної конкуренції скорочувало цю фазу та фазу формування зернівки і в той же час та подовжувало фазу виходу в трубку.

3.3. Вплив норм висіву та сортових особливостей на морфопараметри рослин сорго зернового

Висота рослин є важливим морфологічним параметром сорго. Відомо, що затінення збільшує висоту рослин сорго та довжину міжвузлів стебла [182].

Висота рослин залежить від густоти стеблестою та сортових особливостей. Низькорослі генотипи показують кращі результати при високій щільності стояння, а високорослі генотипи кращі при нижчій щільності стояння.

Проведені дослідження показали, що висота рослин варіювала залежно від сорту та норм висіву (табл. 3.3.1).

Установлено, що найвищими рослини були за густоти стояння 330 тис.шт./га: у гібриду Янкі – 103 см та у сортів Дніпровський 39 і Самаран 6 – 140 і 121 см відповідно. Зі збільшенням густоти стояння до 490 тис.шт./га висота рослин зменшується в гібриду у середньому на 3 см, у сортів – на 1 – 6 см.

Це пояснюється тим, що зі збільшенням густоти стояння рослин зменшується кількість вологи та поживних речовин у розрахунку на одну рослину.

Таблиця 3.3.1

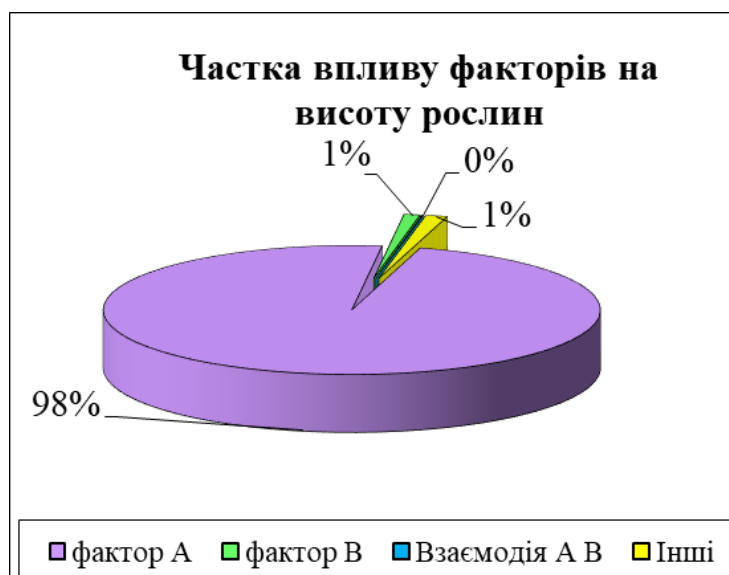
Висота рослин сорго зернового залежно від сортових особливостей та норми висіву (2021 – 2023 рр.), см

Висота рослин, см					
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	Рік			
		2021	2022	2023	Середнє
Янкі	165	100	98	103	100
	330	103	103	103	103
	490	97	101	102	100
Дніпровський 39	165	136	136	134	135
	330	142	140	138	140
	490	133	136	134	134
Самаран 6	165	118	117	121	119
	330	121	120	122	121
	490	123	118	120	120
НІР ₀₅ 3,40					

У разі оптимальної густоти стояння рослин забезпечуються ліпші умови освітленості, а волога та поживні речовини є більш доступними. Відмінності між сортами та гібридом є статистично достовірними з рівнем НІР₀₅ = 3,40.

Аналіз впливу окремих факторів на висоту рослин сортів та гібриду сорго зображено на рисунку 3.2.

Досліди показали, що найбільше вплинули на висоту рослин сортові особливості сорго зернового, які склали 98%, а от вплив норми висіву становив лише 1%.



**Рис. 3.2. Частка впливу факторів на висоту рослин сорго зернового:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма висіву**

Аналіз наведених даних дає можливість зробити висновок, що всі досліджувані сорти й гібрид сорго зернового належать до компактної групи, а через це мало різняться між собою за таким параметром, як висота.

Листки є основними еко-фізіологічними органами рослини, продуцентами асимілянтів (вуглеводів). Майже 90% біомаси рослини виробляється листками. Оскільки листки є провідними органами фотосинтетичної активності та місцем створення основної частини біомаси, такий показник, як кількість листків також впливатиме на врожайність.

Результати дослідження показника кількості листків на одній рослині сортів сорго зернового в залежності від особливостей генотипу, густоти стояння рослин представлено в таблиці 3.3.2.

Аналіз наведених даних дозволяє зробити висновок, що зі збільшенням густоти стояння рослин кількість листків на одну особину істотно зменшується у всіх генотипів, що підтверджується результатами статистичної обробки.

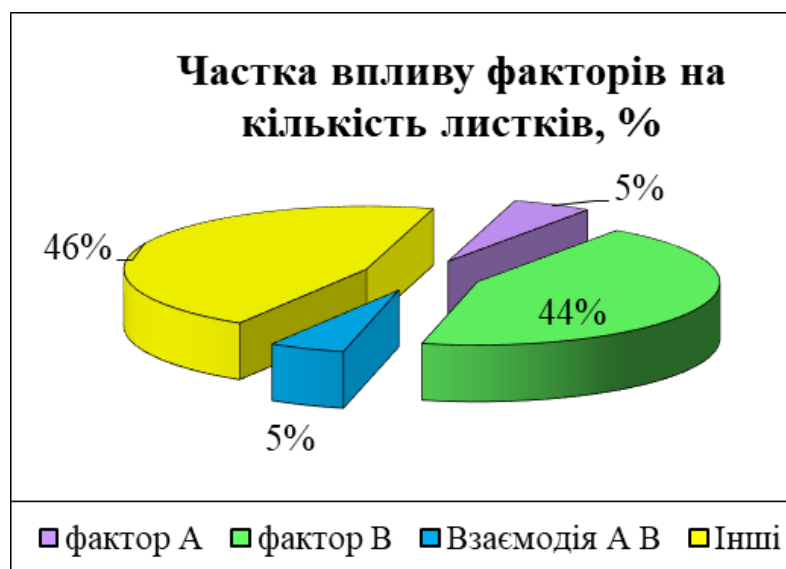
Максимальні показники кількості листків у рослин спостерігали в усіх досліджуваних сортів та гібрида за густоти стояння рослин 165 тис.шт./га і становили: у гібриду Янкі – 20 шт./рослину, у сорту Дніпровський 39 – 22 шт., у сорту Самаран 6 – 20 шт./рослину.

Таблиця 3.3.2

Кількість листків у рослин сорго зернового залежно від норми висіву та сортових особливостей, штук (2021 – 2023 рр.)

Кількість листків, шт.					
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	Рік			Середнє
		2021	2022	2023	
Янкі	165	20	19	21	20
	330	22	17	19	19
	490	12	16	17	15
Дніпровський 39	165	22	22	22	22
	330	20	19	20	20
	490	13	16	17	15
Самаран 6	165	19	20	20	20
	330	17	18	18	18
	490	18	17	17	17
НІР ₀₅	2,97				

За густоти стояння 330 тис.шт./га. кількість листків у рослин дещо знижується і становить у гібриду Янкі 19 шт./рослину, у сорту Дніпровський 39 – 20 шт./рослину і у сорту Самаран 6 – 18 шт. на одній рослині. Облиственість сортів та гібриду сорго за густоти стояння рослин 490 тис.шт./га була найменшою і становила у гібриду Янкі – 15 шт./рослину, а у сортів Дніпровський 39 і Самаран 6 – 15 і 17 шт./рослину відповідно. Відмінності між сортами і гібридом є статистично достовірними з рівнем $НІР_{05} = 2,97$.



**Рис. 3.3. Впливу факторів на кількість листків рослин сорго:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма висіву**

Як показують результати дослідів, густина стояння рослин в агроценозі, як результат норми висіву, не істотно впливає на облиственість сорго. З представленої діаграми видно, що частка впливу сортових особливостей склала 5%, що не є істотним. Що стосується фактору В – норми висіву – вплив його на показник кількості листків був істотним і складав 44%. Взаємодія двох факторів склала 5%. На 46 відсотків вплинули інші фактори.

3.4. Формування асиміляційного апарату рослин сорго зернового залежно від норм висіву та сортових особливостей

Площа листків є ключовою ознакою, яка використовується в дослідженнях, характеризує співвідношення цього параметру культури та рівня врожайності. Зростання площі листків визначає здатність культури перехоплювати світло й часто використовується для оцінки росту рослин.

Чим ближче відстань між культурами, тим меншою буде загальна площа листової поверхні посіву, оскільки листки затінюють один одного, через що нижнім листкам бракує світла. Відомо, що розмір асиміляційного апарату рослини відіграє важливу роль у процесах утворення органічної речовини, тому в процесі досліджень

було вивчено та проаналізовано площу листкової поверхні рослин сортів та гібриду сорго зернового залежно від густоти стояння. З нормою висіву й щільністю окремих рослин в посіві пов'язані такі важливі прояви життєдіяльності, як живлення, транспірація, асиміляційна діяльність, водопоглинання тощо. Найважливішим є те, що фотосинтетична активність рослин (тобто площа листкової поверхні) обумовлює потенційну продуктивність та рівень врожайності культури.

Максимальна площа листкової поверхні сприяє більш інтенсивним асиміляційним процесам. В цілому, параметри, пов'язані з фотосинтетичною активністю рослин залежать від багатьох факторів, провідними з яких є способи сівби та густота стояння рослин. Оптимальні значення цих факторів покращують продуктивність фотосинтезу агроценозів культури.

Результати досліджень показали, що площа листкової поверхні різнилася на всіх варіантах залежно від сортових особливостей та норм висіву (рис. 3.4.).

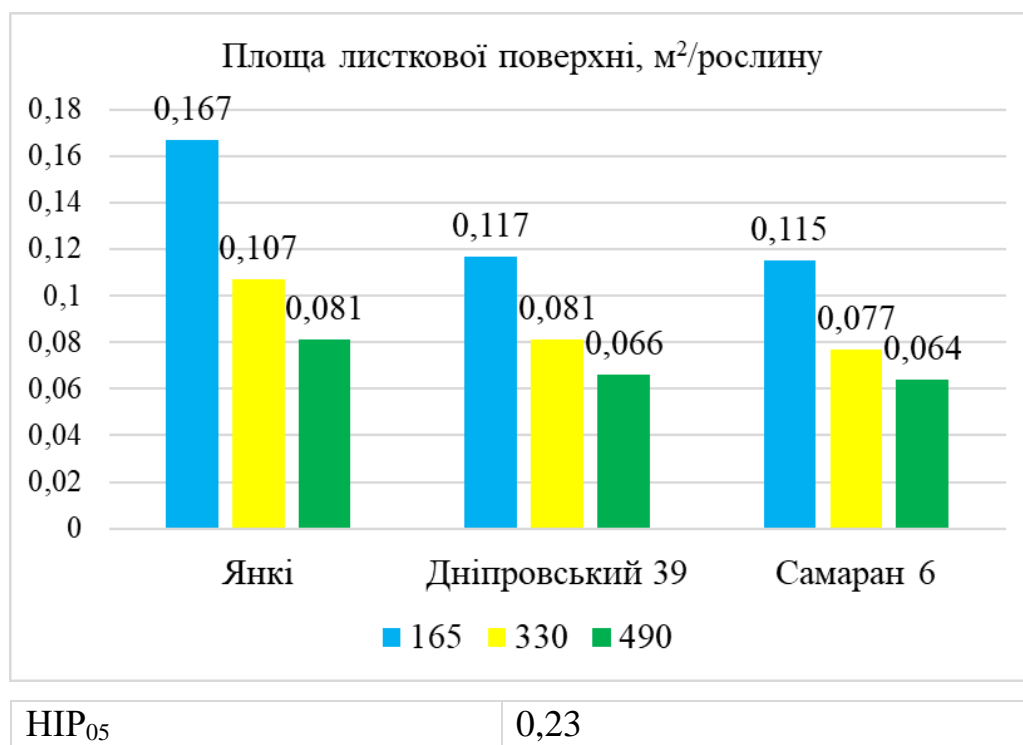


Рис.3.4. Вплив норми висіву та сортових особливостей на площу асиміляційної поверхні рослин сорго, м²/рослину (2021 – 2023 рр.)

Вивчення особливостей формування асиміляційного апарату посівів сорго зернового виявило таку закономірність: зі збільшенням норми висіву асиміляційна поверхня однієї рослини знижується: у гібриду Янкі – на $0,086 \text{ м}^2$, Дніпровський 39 – $0,051 \text{ м}^2$, Самаран 6 – на $0,051 \text{ м}^2$ на рослину (рис.3.4).

Максимальна площа листкової поверхні у гібриду Янкі була відмічена на варіанті з нормою висіву 165 і 330 тис.шт./га і становила $0,167 - 0,107 \text{ м}^2$ відповідно, а найменший показник був на варіанті з нормою 490 тис.шт./га – $0,081 \text{ м}^2$. У сортів Дніпровський 39 і Самаран 6 найбільший показник площі листкової поверхні відмічався на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га і становив $0,117 - 0,115 \text{ м}^2$ відповідно. Найменше значення листкової площі у сортів Дніпровський 39 та Самаран 6 відмічено з нормою висіву 490 тис.шт./га яке склало $0,066$ та $0,064 \text{ м}^2$ відповідно.

Важливим інформативним показником є індекс площі листків (LAI) або коефіцієнт листкової поверхні: це відношення площі листків до одиниці площі ґрунтового покриву. Площа листків, зазвичай, збільшується після появи сходів до максимальних значень, а потім зменшується. Для максимального виробництва сухої речовини більшості культур зазвичай необхідний LAI від 3 до 5. Вищі значення LAI потрібні для тих культур, де метою є загальна біомаса, а не економічна врожайність (фуражні культури). LAI та його сезонний розподіл значно відрізняються залежно від виду рослин. Значення цього показника, необхідні для максимального виробництва продукції, збільшуються зі зростанням рівня сонячної радіації.

На відміну від площі асиміляційної поверхні, визначення коефіцієнта площі листкової поверхні показало іншу закономірність: з загущенням посіву, тобто зі збільшенням кількості рослин на одиницю площі, відбувалося збільшення й загальної площі листків. (рис.3.5.)

Найбільші зафіксовані показники склали $2,44 \text{ м}^2/\text{м}^2$ для гібриду Янкі, $2,01 \text{ м}^2/\text{м}^2$ для сорту Дніпровський 39 та $1,87 \text{ м}^2/\text{м}^2$ для сорту Самаран 6.

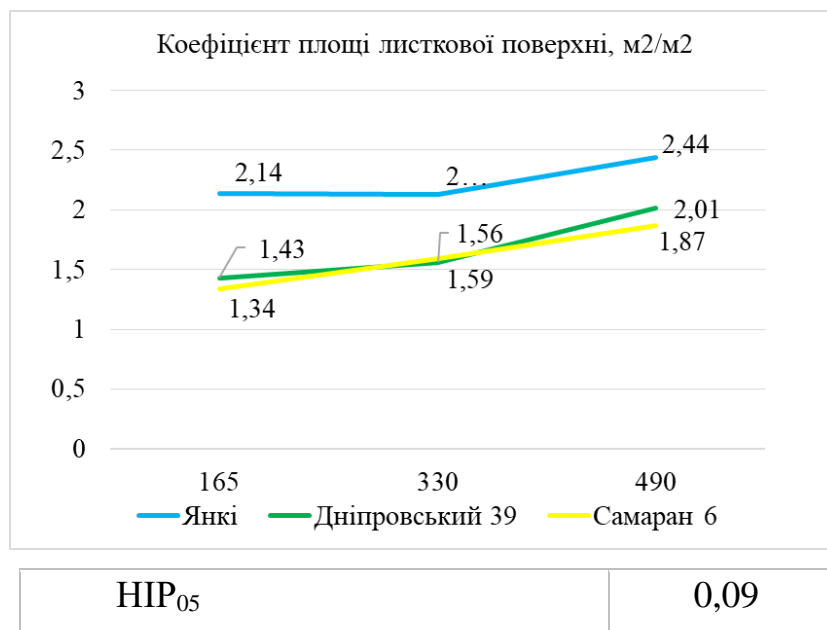


Рис. 3.5. Вплив норми висіву на індекс площі листків посіву сорго зернового, м²/м² (2021 – 2023 рр.)

При визначення площі листків у рослин сорго встановлено, що зі збільшенням щільності агроценозу відбувається зменшення площі листків однієї рослини, тому зростання загальної площі листкової поверхні відбувається за рахунок збільшення кількості рослин на площі. Вплив досліджуваних факторів на площу листкової поверхні рослин сорго зернового представлений на рис.3.6.

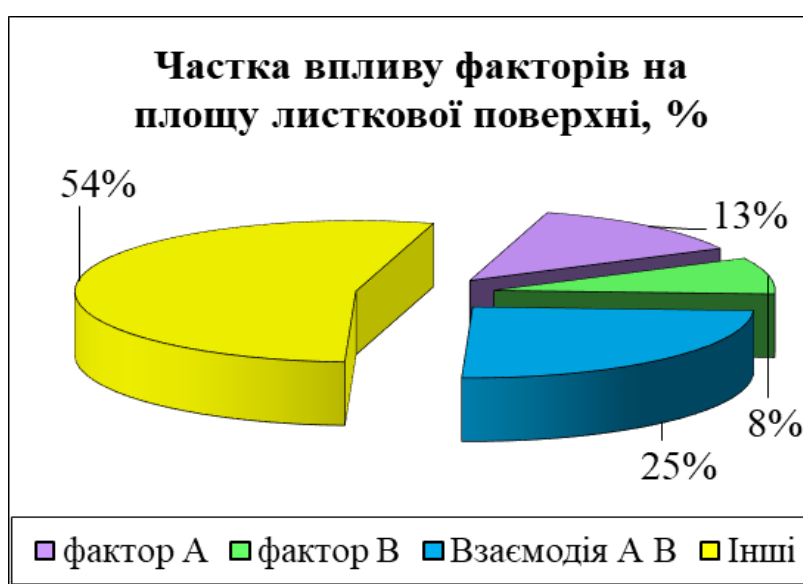


Рис. 3.6. Вплив факторів на площу листкової поверхні рослин сорго: фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма висіву

З діаграми видно, що суттєвий вплив на формування площі листової поверхні мали різні ґрунтово-кліматичні умови вирощування, а саме: вологозабезпеченість, температурний режим та інші елементи технології вирощування сорго зернового і становили 54%. Вплив сортових особливостей та норм висіву становили 13 і 18% відповідно. На взаємодію цих факторів припадає 25%.

Проведеними дослідженнями науковців щодо впливу норм висіву на площу листової поверхні виявлено, що за густоти стояння 200 тис. рослин на гектар, створюються оптимальні умови для формування максимальних показників площі листової поверхні рослин сорго [52, 74].

Як рослина С4 типу, сорго має високу фотосинтетичну ефективність, а також високу ефективність синтезу вуглеводів порівняно з рослинами С3. Хлорофіл є ключовим пігментом хлоропластів рослинної клітини, від концентрації якого залежить продуктивність фотосинтезу. Хлорофіл, як основний компонент пігментної системи листків, є важливим інформативним показником загального стану рослини та їх асиміляційної активності. Вміст хлорофілу – важлива ознака, пов'язана зі здатністю до фотосинтезу та стадіями розвитку культури. Кількісні показники та мінливість вмісту цього пігменту в листках визначають як продуктивність фотосинтезу, так і рівень врожайності.

Визначення вмісту фотосинтетичних пігментів в листках доцільно використовувати для дослідження біологічного та фізіологічного статусу рослин. Як зазначено вище, існує потужний зв'язок між вмістом хлорофілу й продуктивністю рослин. Основна роль при цьому належить хлорофілу «а». Саме вміст цього пігменту вважається цінною інформаційною характеристикою, його кількісне значення, як і співвідношення інших пігментів в листках, може бути використане для прогнозування продуктивності рослин.

Хлорофіл «а» – це форма пігменту, яка найбільш активно задіяна в процесі фотосинтезу та здатна поглинати фіолетово-блакитну та червону частини сонячного спектру. Хлорофіл «а» відзначається активною здатністю віддавати збуджені електрони до електронно-транспортної системи. Поряд з провідним пігментом – хлорофілом «а» – до складу фотосинтетичної системи входить і хлорофіл «b». Вміст

цього пігменту (хлорофілу b), нижчий, у культурних рослин становить близько третини вмісту хлорофілу «а». Зазвичай, хлорофіл «b» зростає в результаті адаптації рослин до низького освітлення та збільшення світлової антени фотосистеми II. Разом з тим, адаптація рослин до нестачі освітлення розширює діапазон хвиль сонячного спектру, які можуть поглинатися хлоропластами, адаптованими до таких умов [58].

Коливання вмісту хлорофілу пов'язано з дією несприятливих факторів навколишнього середовища. Як правило, зі збільшенням рівня дії стресогенних факторів будь-якої природи вміст хлорофілу має тенденцію до зниження. Тому дослідження вмісту хлорофілу та його ролі в формуванні врожайності та виробництві сорго є вкрай важливим.

Для вивчення вмісту хлорофілу в листках сортозразків сорго аналіз проводили в фазу викидання волоті. Показники вмісту хлорофілу в листках сорго залежно від норми висіву наведено в таблиці 3.4.1.

З підвищенням норми висіву насіння з 165 до 490 тис.шт./га відбувається збільшення вмісту хлорофілу «b» у всіх сортів та гібриду сорго (на 0,9 мг/г – сорт Самаран 6, на 0,10 – сорт Дніпровський 39, на 0,14 – гібрид Янкі).

Посилення затінення листків нижніх ярусів рослин як наслідок загущення посіву через збільшення норми висіву веде до зростання саме тіньового хлорофілу «b». Через нестачу освітлення рослини сорго активно перебудовують власний фотосинтетичний апарат для забезпечення максимальної ефективності використання сонячної енергії та асиміляційних процесів.

При проведенні аналізу вмісту пігментів в листках сорго було виявлено, що найбільший вміст хлорофілів «a + b» в гібриду Янкі і становив 2,30 мг/г на варіанті з нормою висіву 490 тис. шт./га, а найменший – на варіанті з нормою 165 тис. шт./га – 2,03 мг/г.

У сорту Дніпровський 39 показник вмісту хлорофілу «a+b» становить: найбільший – 2,09 мг/г на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га, а найменший – 1,79 мг/г на варіанті з нормою висіву 165 тис. шт./га.

Таблиця 3.4.1

Вміст хлорофілу в рослин сорго зернового залежно від норми висіву та сортових особливостей (2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	Хлорофіл "а", мг/г	Хлорофіл "b" , мг/г	Вміст хлорофілів "а" + "b", мг/г
Янкі	165	1,28	0,75	2,03
	330	1,34	0,81	2,15
	490	1,41	0,89	2,30
Дніпровський 39	165	1,15	0,64	1,79
	330	1,26	0,70	1,96
	490	1,35	0,74	2,09
Самаран 6	165	1,15	0,61	1,76
	330	1,24	0,65	1,89
	490	1,31	0,70	2,01
НІР ₀₅		0,2	0,2	0,1

Під час наших досліджень у сорту Самаран 6 була виявлена така ж закономірність: найбільший показник вмісту хлорофілів «а+b» був на варіанті з нормою висіву 490 тис. шт./га і становив 2,01 мг/г, а найменший – 1,76 мг/г на варіанті з нормою висіву 165 тис. шт./га.

Отже, можна зробити висновки, що з загущенням посіву та посиленням конкуренції рослин в ценозі відбувається підвищення вмісту «адаптаційного» пігменту – хлорофілу «b» у всіх досліджуваних сортів та гібриду сорго зернового. Разом з тим підвищується й кількість хлорофілу «а». Вміст в листках рослин достатньої кількості фотосинтезуючих пігментів лише створює передумови для посилення процесів створення та накопичення рослинами органічної речовини.

3.5. Параметри структури врожаю сорго залежно від норм висіву

Параметри структури врожаю відображають взаємодію генотипу рослини з довкіллям в процесі реалізації продуктивного потенціалу і також залежить від впливу окремих елементів технології вирощування.

У всіх сортів та гібриду сорго визначення коефіцієнту продуктивного кушіння показало, що найбільше бічних пагонів було сформовано рослинами за мінімальної густоти рослин у досліді (165 тис.шт./га схожого насіння), а саме: 1,52 – 1,42 (залежно від генотипу) (табл.3.5.1).

Таблиця 3.5.1

Коефіцієнт продуктивного кушіння та кількість волотей в посівах сорго зернового залежно від норми висіву та сортових особливостей (2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	КПК	Кількість волотей, шт/м ²		
			для варіанту	для фактору А	для фактору В
Янкі	165	1,52	19,13	23,62	17,74
	330	1,21	22,84		23,81
	490	1,02	28,90		29,68
Дніпровський 39	165	1,48	17,95	23,13	
	330	1,18	21,89		
	490	1,02	29,55		
Самаран 6	165	1,42	16,14	24,48	
	330	1,36	26,71		
	490	1,10	30,60		
НІР ₀₅		0,09	8,4		

Зі збільшенням загущення посіву до 490 тис.шт./га цей показник знижувався до 1,02 – 1,10. Разом з тим, кількість волотей рослин на одиницю площі збільшувалася у всіх сортів як відповідь рослин на загущення.

У гібриду Янкі найвищий коефіцієнт продуктивного кушіння спостерігався на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га – 1,52, найнижчим – 1,02, був на варіанті з нормою 490 тис.шт./га. Найвищий показник кількості волотей на м² був на варіанті з максимальною нормою висіву – 28,90 шт./м².

Дослідження показали, що у сорту Дніпровський 39 спостерігалася така ж тенденція, що й в гібриду Янкі. Зі збільшенням норми висіву, коефіцієнт продуктивного кушіння знижувався, а кількість волотей збільшувалася. На варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га коефіцієнт продуктивного кушіння становив 1,48, а кількість волотей – 17,95 шт./м². На варіанті з нормою 490 тис.шт./га КПК дорівнював 1,02, а кількість волотей – 29,55 шт./м².

Найбільш виразною була реакція рослин сорту Самаран 6: різниця між варіантами становила 14,2 шт./м², середні значення показника у цього сорту також були найвищими серед сортів та гібриду – 24,48 шт./м². Значення параметра у інших сортів було приблизно однаковим. (23,62 – 23,13 шт./м²).

Зі збільшенням норми висіву зменшувалося значення такого параметру, як кількість насіння на волоть у всіх сортів та гібриду сорго (табл.3.5.2).

Максимальна кількість насіння (604,03 – 671,00 – 856,55 шт./волоть, залежно від сорту чи гібриду) були в рослин в варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га схожого насіння (найнижча в досліді). В перерахунку кількості насіння тис.шт./м² було зафіксовано аналогічну залежність у гібриду Янкі та сорту Самаран 6: з загущенням посіву кількість насіння зменшувалася на 2,65 та 2,22 тис.шт./м² відповідно. Що стосується сорту Дніпровський 39 – такої залежності не було виявлено.

Не менш важливою морфологічною ознакою того чи іншого гібрида або сорту є вихід зерна з волоті. Волоть сорго має різноманітну форму й щільність, властиву певному виду й сорту. Розміри волоті можуть змінюватися залежно від густоти стояння рослин.

Таблиця 3.5.2

Параметри продуктивності сорго зернового залежно від норм висіву та сортових особливостей (середнє, 2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	К-ть насіння		Середнє для варіанту			
		шт./волоть	тис. шт./м ²	шт. /волоть		тис. шт/м ²	
				А	В	А	В
Янкі	165	856,55	15,96	706,22	703,87	15,67	12,35
	330	789,10	17,75		515,26		13,03
	490	473,00	13,31		474,43		11,19
Дніпровський 39	165	604,03	10,55	534,21		11,64	
	330	584,06	12,44				
	490	414,53	11,93				
Самаран 6	165	671,00	10,55	430,81		9,26	
	330	342,15	8,91				
	490	279,29	8,33				
НІР ₀₅		22,8	0,642				

Важливим показником продуктивності рослини є маса насіння з волоті. Продуктивність рослин сорго зернового залежно від сортових особливостей та норми висіву представлена в таблиці 3.5.3.

З таблиці видно, що в усіх досліджуваних сортів і гібриду на варіантах з мінімальною нормою висіву (165 тис.шт./га) маса насіння була найбільшою і становила у гібриду Янкі – 22,87 г на волоть, у сортів Дніпровський 39 і Самаран 6 – 20,09 і 17,05 г на волоть відповідно.

Зі збільшенням норми висіву насіння до 330 тис.шт./га маса насіння з волоті знижувалася на 8,4% у гібриду Янкі, на 8,3% у сорту Дніпровський 39 і на 45,4% у сорту Самаран 6.

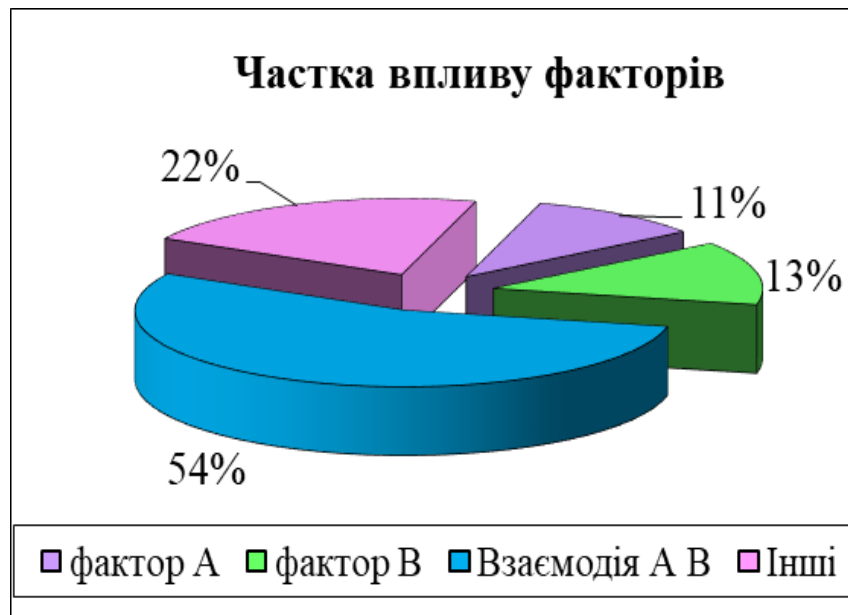
Таблиця 3.5.3

Продуктивність волоті та рослин сорго зернового залежно від норми висіву та сортових особливостей (2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	Маса насіння з волоті, г	Продуктивність, г/рослину		
			для варіанту	для фактору А	для фактору В
Янкі	165	22,87	34,76	23,21	29,57
	330	19,29	23,34		17,87
	490	11,30	11,53		9,56
Дніпровський 39	165	20,09	29,73	19,90	
	330	16,71	19,72		
	490	10,04	10,24		
Самаран 6	165	17,05	24,21	13,89	
	330	7,76	10,55		
	490	6,27	6,9		
НІР ₀₅		1,56			

Найменша маса насіння з волоті була на варіанті з нормою висіву 490 тис. шт./га в усіх досліджуваних сортів та гібриду. Зі збільшенням густоти рослин маса насіння істотно знижувалася. У гібриду Янкі маса насіння становила 11,30 г, що на 49,4% менше від максимального показника, у сортів Дніпровський 39 і Самаран 6 маса насіння становить 10,04 і 6,27 г відповідно, що на 49,9 та 36,8% менше від максимального показника маси насіння.

На діаграмі показано, що на масу насіння з волоті впливають як сортові особливості, так і норма висіву насіння. Частка впливу фактору А, а саме сортових особливостей становить 11%, а фактору В – 13%. (рис.3.7)



**Рис. 3.7. Частка впливу факторів на масу насіння з волоті:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма висіву**

Взаємодія двох факторів досить сильна і сягає 54%. Разом з тим, суттєвим є вплив інших факторів – 22%. Загалом, проведеними дослідженнями встановлено, що зі збільшенням норми висіву відбувається зменшення маси насіння на волоть.

Одним з найважливіших факторів якості посівного матеріалу є маса 1000 насінин, адже добре виповнене насіння має більшу енергію проростання, більший відсоток схожості та, відповідно, вже від початку дає гарний старт рослинам. Маса 1000 насінин є одним із основних господарських показників. Її розраховують з метою правильного визначення норми висіву зерна. Адже якщо не брати до уваги показників посівної придатності та маси 1000 насінин, неможливим виявиться встановлення норми висіву та визначення його схожості в польових умовах.

Результати досліджень впливу досліджуваних факторів на масу 1000 насінин рослин сорго зернового представлений в таблиці 3.5.4.

На масу насіння впливає багато чинників навколишнього середовища. Насамперед, важливими є метеорологічні умови дозрівання зерна, а також антропогенні фактори. Наприклад, у періоди посухи та при недостатньому зволоженні ґрунту насіння на рослинах розвивається слабким, неповним, а вага зазвичай низька.

Таблиця 3.5.4

Маса 1000 насінин сорго зернового залежно від норми висіву та сортових особливостей, г (2021 – 2023 рр.)

Маса 1000 насінин, г					
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	Рік			Середнє
		2021	2022	2023	
Янкі	165	23,3	26,2	29,7	26,4
	330	22,6	26,8	29,4	26,3
	490	25,9	26,8	30,3	27,7
Дніпровський 39	165	31,8	39,5	27,9	33,1
	330	34,6	39,1	28,3	34,0
	490	31,4	38,4	26,7	32,2
Самаран 6	165	24,3	24,5	24,7	24,5
	330	22,5	23,9	25,4	23,9
	490	22,4	23,5	24,7	23,5
НІР ₀₅	6,22				

Для того, щоб підвищити масу зерна, необхідно забезпечувати рослини достатньою кількістю вологи та поживних речовин.

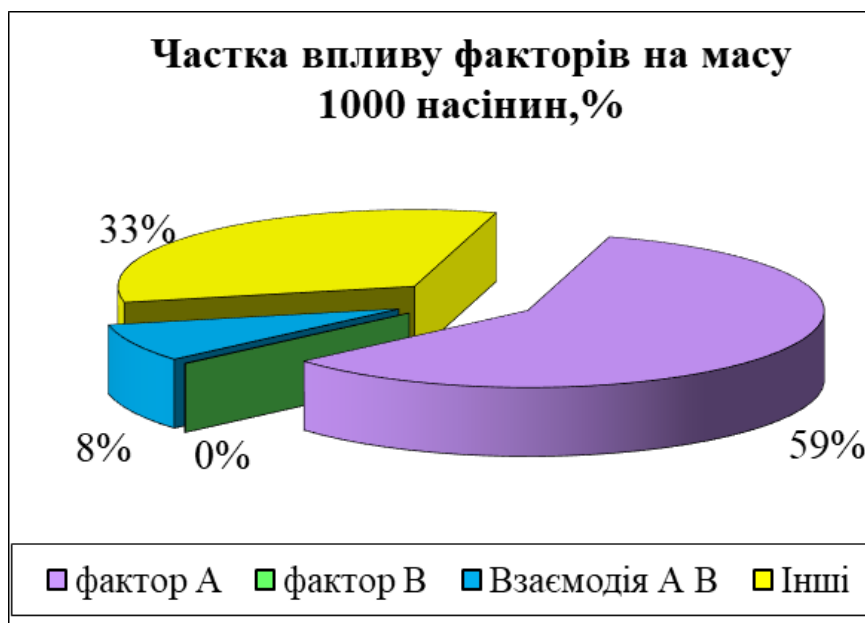
На основі проведених досліджень встановлено, що в гібриду Янкі найбільша маса 1000 насінин була у варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га і становила 27,7 г. У варіантах з нормою висіву 165 і 330 тис.шт./га маса склала 26,4 і 26,3 г відповідно, що на 5 % менше від максимального показника. (табл. 3.5.4).

Одержані дані свідчать, що у сорту Дніпровський 39 маса 1000 насінин була найбільшою на варіанті з нормою висіву 330 тис.шт./га – 34 г, що на 5% більше від найменшого показника який становить 32,2 г на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га.

За результатами досліджень, визначили, несуттєву різницю між показниками маси 1000 насінин у сорту Самаран 6, які становлять: – 24,5 г на варіанті з нормою

165 тис. шт./га, 23,9 г на варіанті з нормою висіву 330 тис.шт./га і найменшим показником який складає 23,5 г на варіанті з нормою висіву 490 тис. шт./га. Відмінності між сортами та гібридом є статистично достовірними з рівнем $HP_{05} = 6,22$.

Досліджувані фактори, а саме фактор А – сортові особливості, і фактор В – норми висіву насіння, виявили певний вплив на показник маси 1000 насінин сорго зернового. (рис. 3.8)



**Рис. 3.8. Частка впливу факторів на масу 1000 насіння:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма висіву**

Проведений аналіз впливу цих факторів дозволяє зробити висновок, що основна частка впливу фактору А, а саме вплив сортових особливостей, становить 59 %, а норма висіву насіння (фактор В) – майже не впливає на масу 1000 насінин.

Взаємодія сортових особливостей з нормою висіву складає 8%. Як бачимо з діаграми, на 33 % на масу зерна впливають інші фактори, а саме, багато чинників навколишнього середовища, таких як метеорологічні умови дозрівання зерна, а також антропогенні фактори.

3.6. Вплив норм висіву насіння та сортових особливостей сорго зернового на формування врожаю

Врожайність товарної кондиційної продукції, як вважають переважна більшість науковців, є підсумковим показником, за яким слід проводити об'єктивний аналіз ефективності та доцільності застосування тієї чи іншої агротехнології. У випадку сорго зернового, зважаючи на певні агробіологічні особливості (такі як проведення комбайнового збирання в осінній період, і, як наслідок, високу ймовірність надходження до зерносховищ зернової маси із підвищеною вологістю та засміченістю зерновими та незерновими домішками), облік врожаю слід проводити лише в перерахунку на кондиційне зерно (за 14% вологості та 100% чистоти), що дозволить більш об'єктивно оцінити ефективність впливу на продуктивність культури того чи іншого фактору, що досліджувався.

На основі аналізу врожайних даних та елементів структури врожаю можна зробити висновок, що максимальна врожайність гібриду Янкi була відмічена за густоти стояння 330 тис.шт./га і склала 4,29 т/га, а найменша – 3,18 т/га на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га (табл.3.6.1).

На ділянках, де вирощувався сорт Дніпровський 39, кращою визнана густина рослин 330 тис.шт./га, що зумовила одержання 3,56 т/га кондиційного насіння, а найгіршою була густина 490 тис.шт./га, де отримали врожайність 2,89 т/га.

Дослідження показали, що у сорту Самаран 6 найбільша врожайність була при нормі висіву 165 тис. шт./га і становила 2,68 т/га, за норми 330 тис. шт./га отримали на 25% менше – 2,02 т/га, а за норми 490 тис. шт./га отримали на 30% меншу врожайність, яка становила 1,87 т/га.

В середньому за роки досліджень високий врожай забезпечили норми висіву 165 – 330 тис./га схожого насіння – у гібрида Янкi 4,26 – 4,29 т/га; у сорту Дніпровський 39 – 3,51 – 3,56 т/га, у сорту Самаран 6 – 2,68 – 2,02 т/га. Достовірність отриманих результатів була статистично суттєвою ($HP_{0,05} = 0,80$). В розрізі сортів та гібриду найвищою була врожайність у гібриду Янкi – 4,29 т/га, а найнижчою – у сорту Самаран 6 – 1,87 т/га.

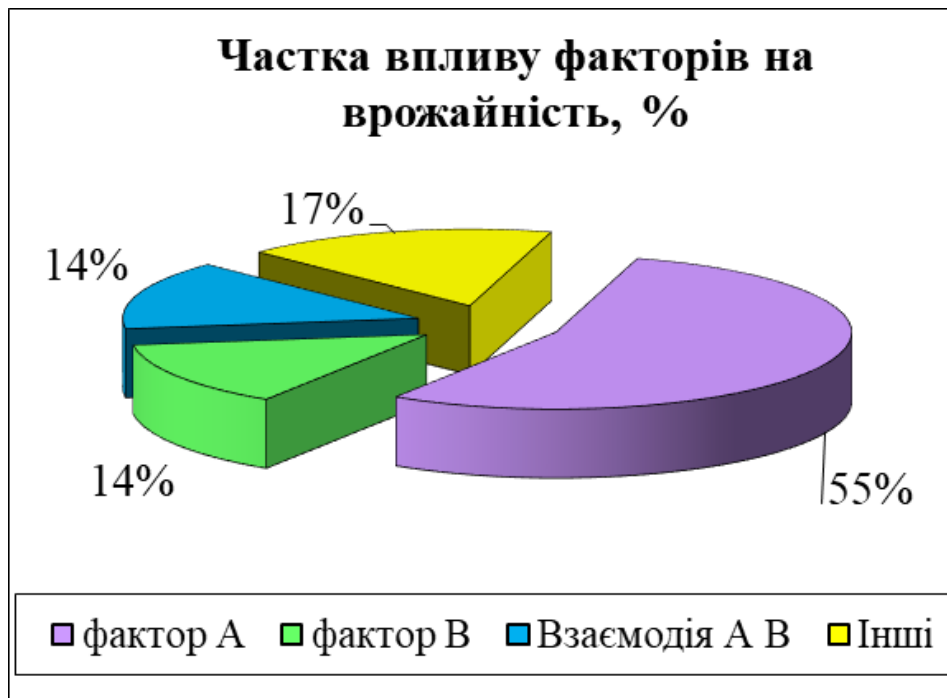
Таблиця 3.6.1

Врожайність сорго зернового залежно від норми висіву та сортових особливостей, т/га (2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	Урожайність, т/га				Середнє для варіанту	
		2021	2022	2023	Х ср	А	В
Янкі	165	3,45	4,44	4,89	4,26	3,91	3,48
	330	3,56	4,19	5,12	4,29		3,29
	490	3,21	2,26	4,07	3,18		2,65
Дніпровський 39	165	2,98	3,63	3,92	3,51	3,32	
	330	3,12	3,3	4,26	3,56		
	490	2,54	2,92	3,21	2,89		
Самаран 6	165	2,24	2,91	2,89	2,68	2,19	
	330	2,32	1,2	2,54	2,02		
	490	2,18	1,4	2,03	1,87		
Х рік		2,84	2,92	3,66	3,14		
НІР ₀₅ = 0,80							

Таким чином, після проведення аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що оптимальною густиною стояння рослин гібриду Янкі і сорту Дніпровський 39 є 330 тис.шт./га, а для сорту Самаран 6 – 165 тис.шт./га. У всіх сортів і гібриду найгірший показник врожайності був на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га.

Частка впливу досліджуваних факторів виявили істотний вплив на врожайність сортів та гібриду сорго (рис. 3.9).



**Рис. 3.9. Частка впливу факторів на врожайність сорго зернового:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма висіву**

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що найбільше на врожайність вплинув фактору А, а саме: сортові особливості – 55%, норма висіву (фактор В) вплинув на 14%. Вплив інших факторів складав 17%. Частка взаємодії двох факторів склала 14%.

Реалізація продуктивного потенціалу сорту залежать від генотипових властивостей та екзогенних факторів. Здатність рослини до активного росту й розвитку, накопичення потужної вегетативної маси створює передумови для формування генеративних органів. (табл. 3.6.2).

Така здатність була найбільш виразною в рослин гібриду Янкi зі значенням надземної фітомаси 1154,36 г/м² (вдвічі вищою, ніж у сорту Самаран 6 – 588,04 г/м²). Коефіцієнт врожайності, який визначає частку господарського врожаю в надземній фітомасі посіву, був максимальним на варіанті з найнижчою нормою висіву в досліді (165 тис.шт./га) – 39,30%.

У сорту Дніпровський 39 на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га була найбільша надземна маса посіву – 1117,83 г/м² і наменший коефіцієнт урожайності посіву – 26,5%. Найвищий показник коефіцієнту врожайності був на варіантах з

нормами висіву 165 та 330 тис.шт./га і становив 33,2 та 33,4% відповідно. Найнижча надземна маса посіву була на варіанті з найнижчою нормою висіву.

Таблиця 3.6.2

Реалізація генеративного потенціалу сорго зернового залежно від норми висіву та сортових особливостей (2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	Надземна маса посіву, г/м ²	Коефіцієнт урожайності посіву, %			LAR, см ² /г		
			для фактору			для фактору		
			варіанту	А	В	варіанту	А	В
Янкі	165	1154,36	37,9	32,90	39,30	48,04	54,72	44,96
	330	1251,60	35,2		34,94	45,84		53,29
	490	1275,80	25,6		28,33	70,28		75,84
Дніпровський 39	165	1086,01	33,2	31,05		39,35	48,29	
	330	1094,91	33,4		41,08			
	490	1117,83	26,5		64,45			
Самаран 6	165	588,04	46,8	38,62		47,50	71,08	
	330	572,41	36,2		72,96			
	490	584,13	32,8		92,79			
НІР ₀₅		0,09				8,4		

Проте у сорту Самаран 6 значення коефіцієнта урожайності посіву були найвищими серед всіх досліджуваних сортів та гібриду – 38,62%, що свідчить про нижчу здатність до формування потужних вегетативних органів (стебла, пагонів) і відповідно вищу частку насіння в загальній фітомасі.

Виробництво насіння рослиною обумовлено значною мірою різницею в здатності листків синтезувати шляхом фотосинтезу вуглеводи, які використовуються для формування фітомаси та генеративних органів. Саме листки є основним органом асиміляції і розподіл вуглеводів з листків до інших органів визначає процеси росту та рослини в онтогенезі. Атракцію вуглеводів генеративними органами рослин (насінням) можна розглядати як феномен вкладення рослини у продуктивну частину рослин. Тому важливо з'ясувати причину відмінностей в врожайності (насіннєвій продуктивності) між сортами (як наслідок генотипової складової чи впливу факторів технології) через аналіз виробництва рослинами фітомаси та утворення площі листкової поверхні.

Параметром, який характеризує ступінь підтримки процесу насіннеутворення листковою поверхнею рослин є LAR: це співвідношення площі листкової поверхні до фітомаси рослин ($LAR = A/W$), $\text{см}^2/\text{г}$ та є додатковим показником ефективності листкової поверхні в утворення сухої речовини.

Максимальні значення цього показника в досліді були притаманні сорту Самаран 6 – $71,08 \text{ см}^2/\text{г}$, що свідчить про високу частку площі листків по відношенню до загальної фітомаси. У гібрида Янкі та сорту Дніпровський 39 значення цього параметра були $54,72$ та $48,29$, $\text{см}^2/\text{г}$ відповідно. Рослини цих сортозразків відзначалися збалансованим розвитком органів вегетативної та генеративної сфери.

Щодо норми висіву, то значення LAR зростали з її збільшенням і сягали максимальних значень на варіанті 490 тис.шт./га: $75,84 \text{ см}^2/\text{г}$, що на 59% вище, ніж на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га.

3.7. Економічна ефективність вирощування сорго зернового залежно від сортових особливостей рослин та застосування різних норм висіву

Виклики сьогодення, з якими доводиться стикатися аграріям під час вирощування та реалізації продукції рослинництва, спонукають економічно оцінювати кожен елемент удосконалення технологій вирощування. Адже забезпечення мінімальних матеріальних витрат є одним із пріоритетних завдань, так само як і отримання максимального виходу продукції з посівної площі [55].

Економічна оцінка елементів технології вирощування сорго зернового проведена з використанням таких показників, як: урожайність і собівартість зерна та його ціна, вартість вирощеної продукції, умовно чистий дохід, рівень рентабельності виробництва.

Оцінити економічну ефективність вирощування сорго зернового дозволяють основні показники: рентабельність та сума прибутку. Оскільки саме вони сприяють формуванню правильного уявлення про вигідність виробництва сільськогосподарської продукції в умовах господарства, тому що застосування певних елементів технології вирощування призведе до підвищення собівартості і, як наслідок, – збитків.

Розрахунок показників економічної ефективності вирощування сортів сорго зернового в умовах північно-східного Лісостепу України проводили на основі складених технологічних карт вирощування згідно з актуальними цінами на реалізацію зерна сорго зернового на 31 грудня 2023 року.

Показники умовно чистого прибутку з одиниці площі за вирощування досліджуваних сортів сорго зернового залежно від різних норм висіву наведені в таблиці 3.7.1.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що виробничі витрати на 1 га та собівартість 1 т зерна, а відповідно й рівень рентабельності були різними. В даному досліді рівень економічної ефективності значною мірою визначався сортовими особливостями рослин сорго та щільністю посіву.

Таблиця 3.7.1

Економічна ефективність вирощування сортів та гібридів сорго зернового залежно від норми висіву в умовах північно-східного Лісостепу України (2021-2023 рр.)

Варіант досліджу	Фактор А – сорт/гібрид	Янкі			Дніпровський 39			Самаран 6		
	Фактор В – норма висіву, тис.шт./га	165	330	490	165	330	490	165	330	490
Урожайність, т/га		4,26	4,29	3,18	3,51	3,56	2,89	2,68	2,02	1,87
Усього затрат, грн./га		17886	18944	19902	17788	18871	19916	17695	18685	19653
у т.ч.:										
добрива		4905	4905	4905	4905	4905	4905	4905	4905	4905
насіння		1081	2139	3197	1083	2166	3211	990	1980	2948
Ціна реалізації, грн/т		5500	5500	5500	5500	5500	5500	6500	6500	6500
Дохід, грн/га		23430	23595	17490	19305	19580	15895	17420	13130	12155
Собівартість 1 т, грн		4198,6	4415,9	6258,5	5067,8	5300,8	6891,3	6602,6	9250	10510
Прибуток, грн/га		5544	4651	-2412	1517	709	-4021	-275	-5555	-7498
Рентабельність, %		31	24,6	-12,1	8,5	3,8	-20,2	-1,6	-29,7	-38,2

Виробничі витрати на вирощування гібриду Янкі склали 17886 – 19902 грн, сорту Дніпровський 39 – 1778 – 19916 грн, сорту Самаран 6 – 17695 – 19653 грн, залежно від умов вирощування. Собівартість виробництва 1 т зерна становила у гібриду Янкі – 4198,6 – 6258,5 грн, в сорту Дніпровський 39 – 5067,8 – 6891,3 грн, в сорту Самаран 6 – 6602,6 – 10510 грн. Чистий дохід, отриманий від вирощування сорго на зерно склав у сорту Самаран 6 17420 – 12155 грн, сорту Дніпровський 39 – 19305 – 15895 грн, а гібриду Янкі – 23430 – 17490 грн (табл. 3.7.1).

Наступним економічним показником є рівень рентабельності, який відображує процентне відношення прибутку до собівартості та характеризує економічну ефективність виробництва, за якої підприємство за рахунок грошової виручки від реалізації продукції (робіт, послуг) повністю відшкодовує витрати на її виробництво й одержує прибуток як головне джерело розширеного відтворення.

Найвищий рівень рентабельності, а саме 31 і 24,6% був у гібриду Янкі на варіантах з нормою висіву 165 та 330 тис.шт./га. Прибуток на цих варіантах склав 5544 та 4651 грн/га відповідно. На варіанті з нормою 490 тис.шт./га рівень рентабельності і прибуток були від’ємними.

У сорту Дніпровський 39 найвищий рівень рентабельності був на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га – 8,5%, прибуток склав – 1517 грн/га. Збільшення норми висіву до 330 тис.шт./га призвело до зниження прибутку та рентабельності – 709 грн/га та 3,8% відповідно. На варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га, як і у гібриду Янкі рівень рентабельності та прибуток були від’ємними.

Щодо сорту Самаран 6, то жоден із варіантів дослідів не забезпечував позитивних показників рентабельності.

Можемо зробити висновок, що за комплексом показників економічної ефективності більша норма висіву сорго зернового значно поступалася меншій в перерізі всіх варіантів сортів та гібриду. Аналізуючи дані, бачимо, що найкращі показники рентабельності та прибутку отримали на варіантах з нормою висіву 165 та 330 тис.шт./га.

Висновки до розділу 3

1. Визначено, що польова схожість сорго в досліді була обумовлена нормою висіву, погодними умовами року, особливостями генотипів: найвищі значення показника фіксували за норми висіву 165 тис.шт./га, найбільш сприятливі погодні умови були в 2021 р. Найвищі значення польової схожості за роки досліджень відмічено на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га в гібриду Янкі (88,9%), у сортів Самаран 6 та Дніпровський 39 на 6,3 – 6,6% нижче. Зі збільшенням норми висіву спостерігали тенденцію до зниження польової схожості у всіх сортів та гібриду сорго, а саме: Янкі – до 15%, Дніпровський 39 – до 13%, Самаран 3 – до 9,9%. Серед агротехнічних факторів, що вивчалися, найбільший вплив на польову схожість мала норма висіву насіння – 66%, генетичні особливості сортів та гібриду складала 15%.

2. Вживаність рослин сортів та гібриду сорго зернового залежала від впливу норми висіву насіння, була найвищою на варіантах з найменшою нормою висіву в досліді – 165 тис.шт./га. й становила 70,8 – 77,8% залежно від сорту.

3. Передзбиральна густина посіву була максимальною в досліді в варіанті з найвищою нормою висіву – 490 тис.шт./га для всіх досліджуваних сортів та гібриду і становила в середньому 299,43 тис.шт. рослин/га.

4. Фенологічні спостереження за рослинами сорго виявили, що суттєвої різниці росту та розвитку рослин на перших етапах онтогенезу, залежно від норми висіву, не спостерігається. Фаза цвітіння починалася раніше при збільшенні норми висіву: від 2 днів (Самаран 6) до 5 днів (гібрид Янкі). Загалом підвищення норм висіву з 165 тис.шт./га до 490 тис.шт./га призводить до скорочення тривалості вегетаційного періоду від 5 (сорт Дніпровський 39) до 11 днів (гібрид Янкі).

5. Загущення посіву позначається на площі фотосинтетичного апарату рослин: площа листків однієї рослини знижується, проте загальна листкова поверхня на 1 м² зростає за рахунок збільшення кількості рослин. Аналіз вмісту пігментів в листках сорго показав, що посилення затінення листків нижніх ярусів рослин як наслідок загущення посіву через збільшення норми висіву веде до зростання вмісту тіньового хлорофілу «b» у всіх сортозразків сорго (на 0,9 – 0,14 мг/г). Було виявлено, що

найбільший вміст хлорофілів «a + b» в гібриду Янкі і становив 2,30 мг/г на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га, а найменший – на варіанті з нормою 165 тис.шт./га – 2,03 мг/г. Вміст в листках рослин достатньої кількості фотосинтезуючих пігментів створює передумови для посилення процесів створення та накопичення рослинами органічної речовини.

6. Збільшення норм висіву до 490 тис.шт./га схожого насіння негативно впливає на формування параметрів врожаю, знижує коефіцієнт продуктивної куцистості на 0,4 – 0,5, зменшується кількість та маса насіння на волоть у всіх досліджуваних сортів та гібриду сорго. Максимальна кількість насіння (581,61 – 635,37 – 817,5 шт./волоть) та його маса були в рослин на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га (найнижча в досліді). Зі збільшенням густоти рослин маса насіння істотно знижувалася: у гібриду Янкі – на 23% менше від максимального показника, у сортів Дніпровський 39 і Самаран 6 маса насіння знизилася на 32 і 23% менше від максимального показника маси насіння.

7. Норми висіву, як і сортові особливості, впливали на рівень продуктивності сортів та гібриду сорго зернового. Врожайність варіювала від 1,87 т/га (норма висіву – 490 тис.шт./га схожого насіння, Самаран 6) до 4,29 т/га (норма висіву – 330 тис.шт./га схожого насіння, гібрид Янкі). Для формування високого рівня врожайності оптимальною густотою стояння рослин гібриду Янкі й сорту Дніпровський 39 є 330 тис.шт./га, а для сорту Самаран 6 – 165 тис.шт./га. У всіх досліджуваних сортів та гібриду найгірший показник врожайності був на варіанті з нормою висіву 490 тис.шт./га.

8. Найвищий рівень рентабельності відмічено в гібриду Янкі на варіантах з нормою висіву 165 та 330 тис.шт./га. (31 і 24,6 %). Прибуток на цих варіантах склав 5544 та 4651 грн/га відповідно. У сорту Дніпровський 39 найвище значення рентабельності було на варіанті з нормою висіву 165 тис.шт./га – 8,5%, прибуток – 1517 грн/га. Підвищення норми висіву до 330 тис.шт./га призводило до зниження прибутку та рентабельності – 709 грн/га та 3,8% відповідно. Щодо сорту Самаран 6, то жоден із варіантів досліді не забезпечував позитивних показників рентабельності.

РОЗДІЛ 4

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ, РОЗВИТКУ ТА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ТА СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ

Будь-яка сучасна технологія, орієнтована на отримання високого рівня врожайності неможлива без застосування добрив: на їх частку може припадати до 40% підвищення продуктивності рослин [187, 208]. Для сталого виробництва культур в певній зоні та певному агроценозі конкретні види добрив та норми їх застосування є вирішальними, оскільки виробництво будь-яких культур залежить, на додаток до генетичних факторів, від наявності та стану поживних речовин у ґрунті. Переважна більшість ґрунтів тих регіонів, де висівають сорго, можуть забезпечити не більше половини необхідних елементів живлення. Іншу кількість необхідно поповнювати за рахунок внесення добрив [36, 101, 116, 130, 274].

Незважаючи на цінні господарські та біологічні характеристики, технологія вирощування сорго зернового наразі не адаптована до умов північно-східного Лісостепу. Зокрема відсутня інформація про вплив таких чинників як норми добрив на процеси розвитку та формування врожайності культури. Кожна агрокліматична зона характеризується своєрідними абіотичними умовами, тому індикатором екологічної відповідності сорту цим умовам є вивчення параметрів структури врожаю культури.

4.1. Вплив мінеральних добрив та сортових особливостей на польову схожість та онтогенетичний розвиток рослин сорго

Швидке та рівномірне формування посіву базується на використанні сильного насіння, здатного до енергійного проростання в польових умовах. Польова схожість насіння та потенційна щільність посіву є одним із найбільш ефективних агрономічних факторів для формування врожайності, на яку впливають як генотипи сортів, так і кліматичні умови, а також системи виробництва. На проростання насіння та

рівномірність сходів в польових умовах впливає безліч різних факторів, деякі з них було вивчено та визначено, але інші до цього часу залишаються невивченими.

Рівень польової схожості в наших дослідях практично не залежав від сорту та норми добрив (табл. 4.1.1).

Таблиця 4.1.1

Польова схожість та кінцева густина посіву залежно від удобрення та сортових особливостей сорго зернового (2021 – 2023 рр.)

Фактори		Польова схожість, %	Зрідженість, %	Кінцева густина, тис/га			
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га			Для варіанту		Середнє для фактору	
				Х	± до контролю	А	В
Дніпровський 39	Без добрив (фон)	70,3	21,9	181,18	-	185,81	189,12
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	68,7	16,6	189,08	7,89		190,41
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	69,4	18,9	185,47	4,29		190,21
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	69,3	18	187,53	6,34		193,65
Янкі	Без добрив (фон)	74,6	22,3	191,28	-	189,73	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	73,5	22,9	187,01	-4,28		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	73,9	22,6	188,76	-2,53		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	73,6	21	191,88	0,59		
Самаран 6	Без добрив (фон)	77,5	23,8	194,88	-	196,99	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	77,4	23,6	195,14	0,26		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	76,3	22	196,40	1,51		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	77,9	21,6	201,54	6,66		
Середнє		73,53	21,27	190,84			

З даних таблиці видно, що в сорту Дніпровський 39 найвища польова схожість була на контрольному варіанті і становила 70,3% та на варіанті з нормою добрив

$N_{35}P_{35}K_{35}$ – 69,4%. Аналогічна ситуація була і у гібриду Янкі, де максимальне значення польової схожості якого було на варіанті без внесення добрив – 74,6% і з нормою $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 73,9%. У сорту Самаран 6 значення показника польової схожості було майже однаковий на всіх варіантах. Найбільше значення схожості було на варіанті з нормою $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 77,9%.

Основним фактором, що визначав кінцеву густоту була зрідженість сходів. З підвищенням норми добрив рівень виживаності рослин зростає, що призводить до збільшення кінцевої густоти. Динаміка формування кінцевої густоти залежно від сортових особливостей та норми мінеральних добрив наведена в таблиці 4.1.1.

Зрідженість посівів у сорту Дніпровський 39 була найнижчою на варіанті з нормою добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ – 16,6%, а найбільшою на контролі без удобрення – 21,9%.

У гібриду Янкі зрідженість посіву була майже однакова на всіх варіантах, незначною мірою була менша на варіанті з нормою $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 21%.

У сорту Самаран 6 зрідженість посівів була мінімальною на варіанті з нормою удобрення $N_{70}P_{70}K_{70}$ і становила 21,6%.

Найбільш виразна динаміка формування кінцевої густоти спостерігалася на варіантах з внесенням добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ у сорту Самаран 6 та гібриду Янкі і становила 201,54 і 191,88 тис./га відповідно та у сорту Дніпровський 39 на варіанті з нормою удобрення $N_{16}P_{16}K_{16}$ – 189,08 тис./га.

Найбільший показник кінцевої густоти рослин по фактору А виявлено в сорту Самаран 6 який становить 196,99 тис./га. Якщо аналізувати кінцеву густоту по фактору В, тобто впливу удобрення, – то найбільші значення було відмічено на варіанті з внесенням $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 193,65 тис./га.

Онтогенетичний розвиток сорго зернового обумовлений метаболічними процесами в рослинному організмі. Ознаками, які візуально показують внутрішні процеси є перехід особин до певних етапів розвитку, зміна їх морфологічних характеристик [69,232]. На реалізацію генетичної програми щодо утворення врожаю впливають елементи агротехнологій, особливості дії абіотичних факторів (температура, вологість, едафічні умови).

Вивчення особливостей проходження етапів органогенезу рослин дає можливість визначити ефективність впливу певних факторів умов вирощування та можливі критичні періоди росту й розвитку рослин сорго. Тривалість фенологічних фаз розвитку рослин та швидкість їх проходження можливо корегувати зміною окремих елементів агротехнології [5].

Було визначено особливості онтогенетичного розвитку рослин сорго зернового залежно від удобрення та сортових особливостей (табл. 4.1.2).

Таблиця 4.1.2

Тривалість фаз розвитку сорго зернового залежно від удобрення та сортових особливостей, днів (2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га	Фази розвитку, днів			
		Сівба-сходи	Сходи-цвітіння	Цвітіння-стиглість	Тривалість вегетації
Дніпровський 39	Без добрив	13	53	65	131
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	13	53	67	133
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	14	55	68	137
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	14	58	69	141
Янкі	Без добрив	10	45	55	110
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	10	45	56	111
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	10	45	59	114
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	11	53	63	127
Самаран 6	Без добрив	15	57	60	132
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	15	57	63	135
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	16	58	66	140
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	16	62	69	147

Збільшення норми мінеральних добрив супроводжувалося подовженням тривалості вегетації. За винятком сорту Самаран 6 всі інші сорти та гібрид належали

до ранньостиглої групи. Проте їх реакція на рівень мінерального живлення була подібною.

Загальна тривалість вегетації збільшувалася порівняно до вирощування на природному фоні: у гібриду Янкі на 17 днів, у сорту Дніпровський 39 – на 10 днів, у сорту Самаран 6 – на 15 днів.

У процесі досліджень встановлено, що фон мінерального живлення не позначався на термінах появи сходів. Під впливом мінеральних добрив, починаючи від фази «сходи-цвітіння» змінювалася тривалість міжфазних періодів. Фаза «сходи-цвітіння» подовжувалася при застосуванні добрив від 5 днів у сортів Самаран 6 та Дніпровський 39 і до 8 днів у гібриду Янкі.

Найбільш чутливою до впливу добрив виявилася фаза розвитку «цвітіння-стиглість». Дозрівання рослин при застосуванні норми добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ наставало на 4 дні пізніше у сорту Дніпровський 39, у гібриду Янкі на 8 днів пізніше і у сорту Самаран 6 на 9 днів пізніше.

Варто відмітити специфічність сортової реакції в досліді: у сорту Дніпровський 39 відмічено найменше подовження тривалості вегетації при застосуванні мінеральних добрив у нормі $N_{70}P_{70}K_{70}$ – на 10 днів, а у сорту Самаран 6 спостерігалось найбільше подовження вегетації – до 15 днів порівняно з варіантом без застосування добрив.

4.2. Формування вегетативних органів рослин сорго залежно від сортових особливостей та норм добрив

Висота рослини, є одним із основних морфологічно-фізіологічних показників, що визначає ярусність посіву, зумовлює домінуючу здатність агрофітоценозу та конкурентоспроможність культурних рослин по відношенню до бур'янів.

Від зазначеного показника архітекtonіки рослини сорго напряду залежить освітленість рослин, аерація посівів та інші складові ефективності асиміляційних процесів. Підвищення рівня мінерального живлення майже не впливало на посилення

процесів лінійного росту рослин сорго. Результати наших досліджень представлені в таблиці 4.2.1.

Таблиця 4.2.1

Висота рослин сорго зернового залежно від норм добрив та сортових особливостей, см (2021 – 2023 рр.)

Висота рослин, см					
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га	Рік			Середнє
		2021	2022	2023	
Дніпровський 39	Без внесення	137	137	108	127
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	125	169	106	133
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	130	170	105	135
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	124	170	104	133
Янкi	Без внесення	100	101	103	101
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	93	112	99	101
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	94	112	100	102
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	93	111	101	101
Самаран 6	Без внесення	119	120	120	120
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	114	140	120	124
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	115	139	121	125
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	112	141	119	124
НІР ₀₅	24,09				

Аналізуючи дані таблиці, можна зазначити, що у всіх досліджуваних сортів та гібриду найбільша висота рослин спостерігалася на варіантах з внесенням дози добрив N₃₅P₃₅K₃₅. Висота рослин сорту Дніпровський 39 у фазі повної стиглості на контролі без використання добрив становила 127 см. Внесення мінеральних добрив (N₁₆P₁₆K₁₆ та N₇₀P₇₀K₇₀) сприяло збільшенню висоти рослин відповідно до 133 см.

Найбільший приріст, а саме – на 8 см, спостерігався на варіанті з нормою $N_{35}P_{35}K_{35}$, де висота рослин в середньому становила 135 см. Внесення мінеральних добрив збільшило приріст висоти рослин сорту Дніпровський 39 відносно контролю лише на 8 і 6 см відповідно.

Проведені дослідження показали, що використання мінеральних добрив жодним чином не вплинуло на висоту рослин гібриду Янкi. Як на контролі, так і на ділянках з використання мінеральних добрив середня висота рослин гібриду становила 101 см. Тільки на варіанті з внесенням добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ була незначна відмінність (у 1 см), і висота рослин там сягала 102 см.

Рослини сорту Самаран 6 були дещо нижчі, порівняно з сортом Дніпровський 39. Їх висота на контролі становила 120 см. Мінеральні добрива ($N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$) сприяли збільшенню висоти рослин до 124 см. Внесення мінеральних добрив збільшило приріст висоти рослин сорту Самаран 6 відносно контролю лише на 4 см. Найвищі рослини цього сорту – 125 см – були на варіанті з внесенням $N_{35}P_{35}K_{35}$.

Відмінності між сортами та гібридом є статистично достовірними з рівнем $HP_{05} = 24,09$. Результати дослідження висоти рослин сорго зернового залежно від сортових особливостей та норм добрив показали, що найбільша частка впливу належала сортовим особливостям і становила 41 % (рис.4.1.).

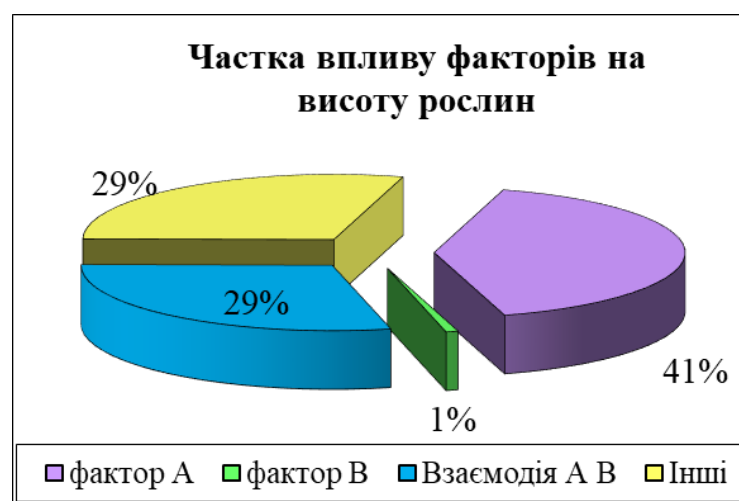


Рис. 4.1. Частка впливу факторів на висоту рослин: фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма добрив

Взаємодія факторів А і В, а саме: сорту і норми добрива становила 29%. Також можемо зазначити, що інші фактори теж суттєво по впливали на висоту рослин, а саме на 29 %. Частка впливу добрив без інших факторів була лише 1 %.

Листки виконують багато важливих функцій і їх значення в житті рослин полягає саме в виконанні та здійсненні різноманітних фізіологічних та метаболічних процесів. Листки допомагають рослині випаровувати зайву воду й підтримувати сталу температуру. Листки забезпечують газообмін між рослиною й повітрям. В клітинах мезофілу листа міститься велика кількість хлоропластів, які відповідають за процес фотосинтезу – утворення органічних речовин, що живлять саму рослину. Листки – провідні органи фотосинтетичної активності, тому ї кількість безумовно буде впливати на врожайність.

Результати дослідження показника кількості листків на одній рослині сорго зернового залежно від особливостей сортів та гібриду й удобрення рослин наведено в таблиці 4.2.2.

За результатами досліджень, облиственість сорту Дніпровський 39 на контролі без використання добрив становила 19 шт./рослину. Внесення мінеральних добрив нормою $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ сприяло збільшенню кількості листків на 3 – 5 шт./рослину порівняно до контролю (до 22 і 24 шт./рослину). На варіанті з внесенням $N_{70}P_{70}K_{70}$ середня кількість листків сягала 25 шт./рослину, що на 6 шт./рослину більше відносно контролю.

Кількість листків у гібриду Янкі на контролі без використання добрив становила 18 шт./рослину. Внесення мінеральних добрив нормою $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ сприяло збільшенню кількості листків відповідно до 19 і 27 шт./рослину. На варіанті з нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ кількість листків рослин гібриду Янкі зростала відносно контролю на 9 шт./рослину (до 27 шт./рослину).

Середня кількість листків на досліджуваних варіантах з рослинами сорту Самаран 6 на контролі становила 18 шт./рослину. Мінеральні добрива ($N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$) сприяли збільшенню кількості листків на 7 – 8 шт./рослину до 25 і 26 шт./рослину. Найбільші значення показника фіксували на варіанті з нормою добрив

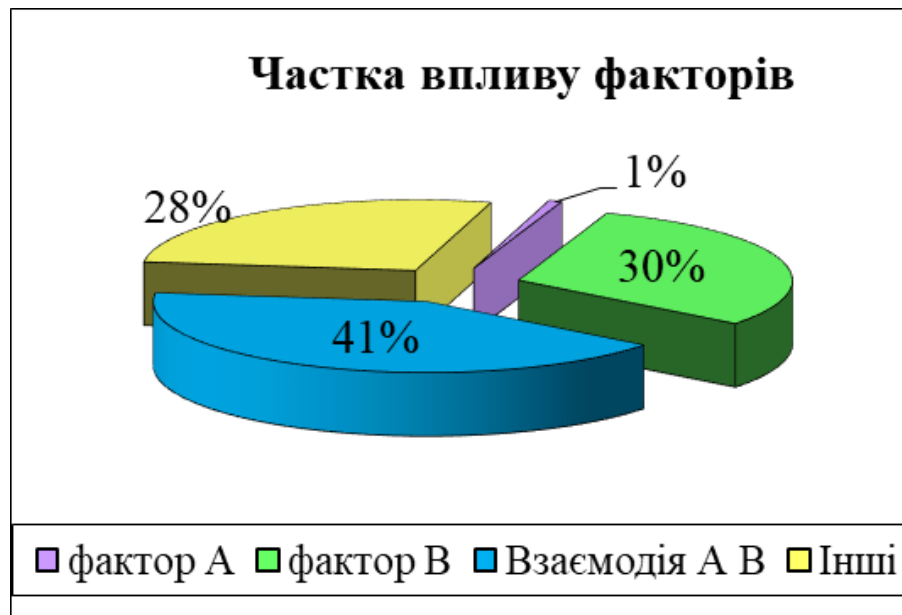
$N_{70}P_{70}K_{70}$: кількість листків збільшувалася відносно контролю на 9 шт./рослину і становила 27 шт./рослину.

Таблиця 4.2.2

Кількість листків у рослин сорго зернового залежно від норм добрив та сортових особливостей, штук/рослину (2021 – 2023 рр.)

Кількість листків, шт./рослину					
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га	Рік			Середнє
		2021	2022	2023	
Дніпровський 39	Без внесення	19	19	20	19
	$N_{16}P_{16}K_{16}$	18	28	21	22
	$N_{35}P_{35}K_{35}$	18	31	22	24
	$N_{70}P_{70}K_{70}$	19	32	23	25
Янкі	Без внесення	17	17	19	18
	$N_{16}P_{16}K_{16}$	18	19	21	19
	$N_{35}P_{35}K_{35}$	19	37	21	26
	$N_{70}P_{70}K_{70}$	24	33	25	27
Самаран 6	Без внесення	17	18	18	18
	$N_{16}P_{16}K_{16}$	20	32	22	25
	$N_{35}P_{35}K_{35}$	21	33	23	26
	$N_{70}P_{70}K_{70}$	23	34	24	27
HP_{05}	6,74				

Аналіз наведених вище даних вказує, що з застосуванням добрив кількість листків на одній рослині збільшувалася за всіма варіантами як у сортів, так і у гібриду. Спостерігали таку залежність: зі збільшенням норми добрив, зростала й кількість листків (рис.4.2).



**Рис. 4.2. Частка впливу факторів на кількість листків:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма добрив**

Як бачимо з представленого рисунку, частка впливу фактору А (сортів особливостей) зовсім незначна і дорівнює 1 %, тобто майже не впливає на кількість листків на рослині, чого не можна зазначити у відношенні фактору В (норма добрив), який становить 30%, і є суттєвою часткою впливу на облиственість рослин сорго. Також істотною складовою впливу є взаємодія фактору А і В, яка становить 41%. Як бачимо з діаграми вагомий вплив на формування листків мали й інші абіотичні фактори – 28%.

Таким чином, внесення мінеральних добрив впливає на формування листків у рослин сорго зернового. Всі варіанти норм добрив, застосовані в досліді, сприяли збільшення їх кількості.

Як відомо, основними фізіологічними показниками, що визначають продуктивність рослин, є площа асиміляційного апарату, котра, в свою чергу, зумовлюються кількістю листків на одній рослині та їх масою, що є похідною від вмісту мезофілу в листковій пластинці.

Для досягнення високого врожаю сільськогосподарських культур необхідно керувати продукційним процесом агроценозу. Регулюючи фактори та умови зовнішнього середовища, можна досягти оптимальних параметрів всіх основних

фотосинтетичних показників: розміру листкового апарату, фотосинтетичного потенціалу й чистої продуктивності фотосинтезу. Фотосинтез – головний процес накопичення біомаси посіву й має велике значення в процесі життєдіяльності рослин. Відмічено, що 90 – 95% всього врожаю утворюється в листках в процесі фотосинтезу. Площа листків є ключовою ознакою, яка використовується в дослідженнях, характеризує співвідношення між культурою та рівнем врожайності. Зростання площі листків визначає здатність культури перехоплювати світло і часто використовується для оцінки ростових процесів рослинного організму.

Інтенсивність фотосинтезу залежить від розмірів листкової поверхні та потужності асиміляційної паренхіми, а також режиму живлення і тривалості активної роботи листків. Ці показники є вирішальними факторами продуктивності фотосинтезу, що визначає в подальшому кількісні та якісні показники врожаю.

Результати дослідження площі листкової поверхні рослин сорго зернового залежно від особливостей сортів та удобрення рослин наведені в таблиці 4.2.3.

Встановлено, що із застосуванням добрив площа листкового апарату на одній рослині збільшувалася у всіх сортів і гібриду за всіма варіантами.

Площа листкової поверхні рослин сорту Дніпровський 39 на контролі без використання добрив становила 0,075 м²/рослину, цей показник на 31,8 % був меншим за максимальне значення площі листків на варіанті з внесенням добрив (N₇₀P₇₀K₇₀), який становить 0,110 м²/рослину. На варіанті з внесенням добрив нормою N₃₅P₃₅K₃₅ фіксували досить велику площу листкової поверхні – 0,081 м²/рослину.

Визначення коефіцієнту листкової поверхні посіву виявило максимальні значення на варіанті з нормою N₇₀P₇₀K₇₀ – 2,06 м²/м², що на 0,70 більше від контрольного варіанту, а також на варіанті з нормою N₃₅P₃₅K₃₅ і становило 1,50 м²/м².

Площа листкової поверхні у гібриду Янкі на контролі досягала 0,098 м²/рослину, що на 45 % менше за максимальний показник на варіанті з внесенням мінеральних добрив (N₇₀P₇₀K₇₀) який дорівнює 0,142 м²/рослину. Внесення добрив у нормі (N₇₀P₇₀K₇₀) збільшило також коефіцієнт листкової поверхні посіву гібриду Янкі відносно контролю на 0,85 м²/м², і максимальний показник становив 2,72 м²/м².

Таблиця 4.2.3

Площа листкової поверхні рослин сорго зернового залежно від удобрення та сортових особливостей (2021 – 2023 рр.)

Фактори		Площа листків, м ² /рослину	КЛПП, м ² /м ²			
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га		Середнє для варіанту		Середнє для фактору	
			X	± до контролю	A	B
Дніпровський 39	Без добрив (фон)	0,075	1,36	-	1,60	1,56
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	0,077	1,46	0,10		1,60
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	0,081	1,50	0,14		1,68
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	0,110	2,06	0,70		2,21
Янкі	Без добрив (фон)	0,098	1,87	-	2,13	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	0,101	1,89	0,02		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	0,107	2,02	0,15		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	0,142	2,72	0,85		
Самаран 6	Без добрив (фон)	0,074	1,44	-	1,56	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	0,074	1,44	0,00		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	0,077	1,51	0,07		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	0,092	1,85	0,41		
Середнє		0,09	1,76			

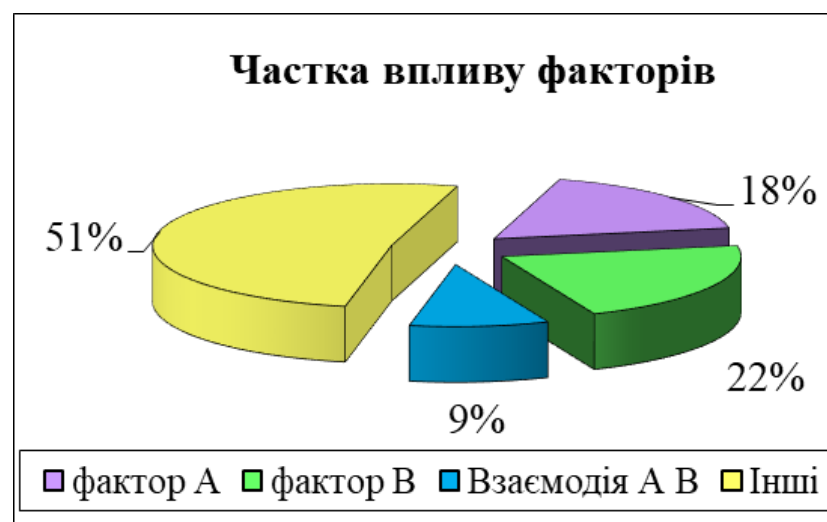
Високі значення показника коефіцієнту листкової поверхні посіву були на варіанті з нормою внесення добрив N₃₅P₃₅K₃₅ – 2,02 м²/м², що на 0,15 м²/м² більше за контроль.

Середня площа листків сорту Самаран 6 на контролі становила 0,074 м²/рослину. Мінеральні добрива (N₇₀P₇₀K₇₀) сприяли збільшенню площі листків до

0,092 м²/рослину, що на 24% вище від контролю. Внесення мінеральних добрив (N₇₀P₇₀K₇₀) збільшило коефіцієнт листової поверхні посіву відносно контролю на 28% і становило 1,85 м²/м².

Аналізуючи вплив факторів на коефіцієнт листової поверхні посіву, можна констатувати, що по фактору А найвищі значення показника були в гібриду Янкі (2,13 м²/м²) та сорту Дніпровський 39 (1,60 м²/м²). По фактору В на значення коефіцієнту листової поверхні найбільше вплинуло внесення добрив з нормою N₇₀P₇₀K₇₀ – 2,21 м²/м² та N₃₅P₃₅K₃₅ – 1,68 м²/м².

Аналіз впливу факторів на площу листків у рослин сорго показав, що частка впливу сортових особливостей (фактор А) і частка впливу внесення добрив є суттєвою і дорівнює 18 і 22 % відповідно (рис.4.3).



**Рис. 4.3. Частка впливу факторів на площу листової поверхні:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма добрив**

Як бачимо з рисунку, найбільшою часткою впливу є інші фактори, а саме, фактори та умови зовнішнього середовища – 51 %. Взаємодія сортових особливостей та норм удобрення становила 9 %.

Таким чином, внесення мінеральних добрив а також сортові особливості впливають на площу листової поверхні у рослин сорго зернового. Як показали результати досліджень, на всіх варіантах із внесенням добрив спостерігалось збільшення площі листової поверхні.

4.3. Елементи структури врожаю та їх залежність від дії удобрення та сортових особливостей

Реалізація біологічного потенціалу рослин щодо формування продуктивності пов'язана з особливостями утворення генеративних органів та окремими елементами структури врожаю. У рослин сорго це, зокрема, кількість волотей на рослину, довжина волоті, маса та кількість насіння з волоті, маса 1000 насінин [162, 208, 253]. Показовим з точки зору об'єктивної агробіологічної оцінки сучасного сортового асортименту зернового сорго є дослідження показників структури врожайності культури.

Аналіз параметрів генеративних органів рослин, проведений за роки досліджень, дозволяє зробити висновок, що кількість волотей у рослин сорго залежала від генетичних особливостей сорту і гібриду, внесення добрив, а також від абіотичних умов (табл. 4.3.1).

Найбільший показник кількості волотей у сорту Дніпровський 39 був на варіанті з внесенням добрив ($N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$) – 219,33 та 241,91 тис./га відповідно, на 14,59 та 37,17 тис./га більше в порівнянні з контролем без внесення добрив показник якого склав 204,74 тис./га.

Зі збільшенням норми внесення мінеральних добрив середня кількість волотей на рослину також збільшувалася у рослин сорту Янкі. Максимальна кількість суцвіть була на варіанті з внесенням норм мінеральних добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ (228,39 та 243,68 тис./га), що на 10,33 та 25,62 тис./га відповідно більше від кількості волотей на контролі (218,06 тис./га). Найменша кількість волотей була характерна для рослин варіанту з нормою добрива $N_{16}P_{16}K_{16}$ – 216,93 тис./га, що на 0,5% менше від контролю.

У сорту Самаран 6 найменша кількість волотей була зафіксована на контролі – 231,91 тис./га. Максимальна кількість суцвіть була на варіантах з внесенням мінеральних добрив ($N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$) – 267,10 та 282,16 тис./га відповідно, що на 35,19 та 50,25 тис./га більше від кількості волотей на контролі.

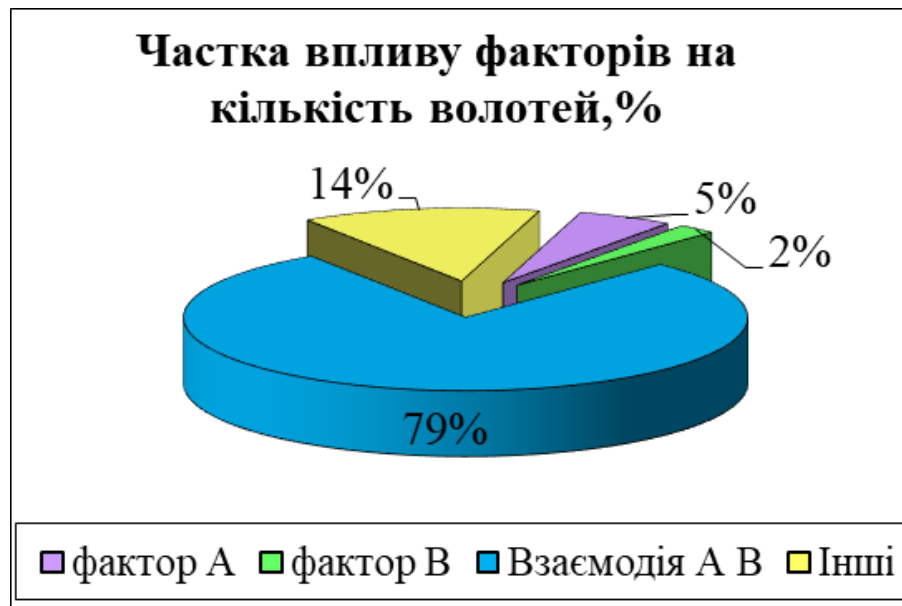
Таблиця 4.3.1

**Кількість волотей залежно від сортових особливостей та удобрення
(2021 – 2023 рр.)**

Фактори		КПК	Кількість волотей, тис/га			
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га		Для варіанту		Середнє для фактору	
			Х	±до контролю	А	В
Дніпровський 39	Без добрив (фон)	1,13	204,74	-	221,21	218,24
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	1,16	219,33	14,59		224,78
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	1,18	218,85	14,11		238,11
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	1,29	241,91	37,17		255,92
Янкі	Без добрив (фон)	1,14	218,06	-	226,77	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	1,16	216,93	-1,13		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	1,21	228,39	10,33		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	1,27	243,68	25,62		
Самаран 6	Без добрив (фон)	1,19	231,91	-	254,81	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	1,22	238,07	6,16		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	1,36	267,10	35,19		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	1,40	282,16	50,25		
Середнє		1,23	234,26			

Аналізуючи дані таблиці по окремим факторам, можемо зазначити, що найбільша кількість волотей була у гібриду Янкі – 226,77 тис./га та у сорту Самаран 6 – 254,81 тис./га. Якщо аналізувати фактор В (вплив мінерального удобрення), то найбільша кількість суцвіть була на варіантах з внесенням добрив в нормі N₃₅P₃₅K₃₅ та N₇₀P₇₀K₇₀ і становила 238,11 і 255,92 тис./га.

Встановлено, що найбільшою часткою впливу були взаємодія сортових особливостей (фактор А) та впливу мінеральних добрив (фактор В) – 79% (рис.4.4).



**Рис. 4.4. Частка впливу факторів на продуктивність волоті:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма добрив**

Як бачимо з діаграми, частка впливу фактору А (сортових особливостей) є незначною і дорівнює 5%, тобто майже не впливає на продуктивність волоті. Подібний результат можна констатувати і у відношенні фактору В (норма добрив), частка впливу якого становить 2%, і не є суттєвою стосовно формування продуктивності рослин сорго. Вплив інших абіотичних факторів на формування листків рослин сорго становив 14%.

Значення показника довжини волоті рослин сорго залежав від усіх факторів: генетичних особливостей сортів, застосування мінеральних добрив, умов навколишнього середовища.

Всі сорти та гібрид, які вивчалися в досліді, неоднозначно реагували на внесення норм мінеральних добрив. Результати представлено в таблиці 4.3.2.

Встановлено, що в сорту Дніпровський 39 була відмічена незначна різниця між варіантами. Так, на контролі без підживлення добривами довжина волоті становила 22,3 см, на варіантах із внесенням добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ і $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 22,5 см. Найбільший показник відзначено на варіанті з $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 22,8 см.

Довжина волоті рослин сорго зернового залежно від удобрення та сортових особливостей, см (2021 – 2023 рр.)

Довжина волоті, см					
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га	Рік			Середнє
		2021	2022	2023	
Дніпровський 39	Без внесення	20,3	22,3	24,4	22,3
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	20,6	23,8	23,2	22,5
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	21,3	22,9	23,4	22,5
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	20,9	24,1	23,5	22,8
Янкі	Без внесення	24,1	28,0	26,0	26,0
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	23,7	27,7	25,9	25,7
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	24,3	23,8	24,8	24,3
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	23,9	28,9	25,5	26,1
Самаран 6	Без внесення	29,0	30,4	28,7	29,3
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	27,0	30,3	25,9	27,7
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	28,2	30,0	27,5	28,6
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	24,8	31,3	26,6	27,6
НІР ₀₅	2,15				

У гібриду Янкі спостерігалася незначна різниця значень цього показника по варіантах. Максимальна довжина суцвіття була на контролі – 26,0 см і на варіанті із застосуванням мінеральних добрив нормою N₇₀P₇₀K₇₀ – 26,1 см. На варіанті із внесенням добрив нормою N₃₅P₃₅K₃₅ довжина волоті була найменшою і становила 24,3 см, що на 6 % менше від контролю.

У рослин сорту Самаран 6 було відмічено, що найбільша довжина волоті була на контрольному варіанті без підживлення – 29,3 см, та на варіанті з нормою добрив

$N_{35}P_{35}K_{35}$ – 28,6 см. На варіантах із внесенням норм добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ і $N_{70}P_{70}K_{70}$ спостерігали тенденцію до зменшення розміру волоті, значення показника були 27,7 та 27,6 см відповідно, що на 1,6 – 1,7 см менше порівняно до контролю. Відмінності між сортами та гібридом є статистично достовірними з рівнем $HP_{05} = 2,15$.

Частка впливу факторів на довжину волоті наведена на рис.4.5. Як свідчать наведені вище дані, частка впливу застосування добрив (фактор В) склала 1 %.

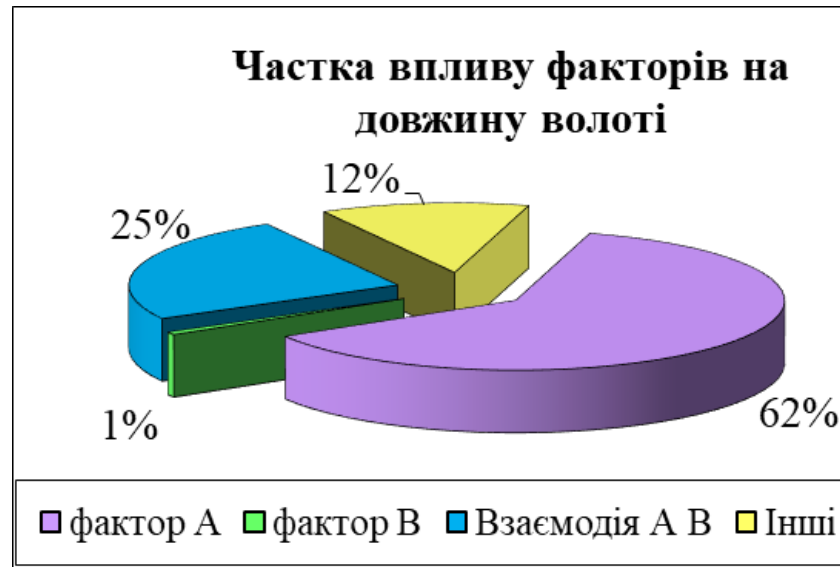


Рис. 4.5. Частка впливу факторів на довжину волоті: фактор А – сорт/гібрид; фактор В – норма добрив

Найбільший вплив має фактор сорту (фактор А), який становить 62%, а також взаємодія двох факторів (сорт, добрива) – 25%.

Таким чином, в нашому досліді норми внесення мінеральних добрив не мали значного впливу на зміну лінійних параметрів суцвіття рослин сорго зернового.

Кількість насіння є одним із показників структури врожайності культури – певного індикатору відповідності того чи іншого сорту чи гібриду культури екологічним (насамперед, абіотичним) умовам, якими характеризується зона вирощування.

На підставі аналізу елементів структури врожаю, проведеного за роки досліджень встановлено, що кількість насіння з волоті у рослин сорго залежала від генетичних особливостей сорту чи гібриду, внесення добрив, а також від впливу

факторів довкілля. Виявлено, що зі збільшенням внесення норм мінеральних добрив середня кількість насіння на рослину також збільшувалася (табл. 4.3.3).

Таблиця 4.3.3

**Кількість насіння рослин сорго зернового на волоть залежно від
удобрення та сортових особливостей, штук/волоть (2021 – 2023 рр.)**

Фактори		Кількість насіння, шт./волоть			
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га	Для варіанту		Середнє для фактору	
		Х	± до контролю	А	В
Дніпровський 39	Без добрив (фон)	432,51	-	518,98	489,36
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	413,87	-18,64		488,95
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	584,20	151,69		575,11
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	645,33	212,82		666,85
Янкі	Без добрив (фон)	752,50	-	831,72	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	774,05	21,55		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	798,51	46,01		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	1001,83	249,33		
Самаран 6	Без добрив (фон)	283,06	-	314,51	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	278,94	-4,12		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	342,62	59,56		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	353,40	70,34		
Середнє		555,07			

Аналізуючи отримані результати, можемо зазначити, що найвищий показник кількості насіння на рослину в рослин сорту Дніпровський 39 був на варіантах з внесенням добрив N₃₅P₃₅K₃₅ та N₇₀P₇₀K₇₀ – 584,20 і 645,33 шт./волоть, що на 152 і 213 шт./волоть більше в порівнянні до контролю. Найменша кількість насіння була на

варіанті з нормою $N_{16}P_{16}K_{16} - 413,87$ шт./волоть, що на 19 шт./волоть менше за контроль.

У гібриду Янкi максимальна кількість насіння зафіксована на варіантах з внесенням мінеральних добрив нормами $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70} - 798,51$ та 1002 шт./волоть, що на 46,01 та 249,33 шт. більше від кількості на контролі без внесення, і становить $752,50$ шт./волоть та є найнижчим показником.

У сорту Самаран 6 найменше значення параметра було характерно для варіанту з нормою добрив $N_{16}P_{16}K_{16} - 278,94$ шт./волоть, що на 4 шт. менше за контроль. Максимальний показник кількості насіння в суцвітті був на варіантах з нормами мінеральних добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70} - 342,62$ та $353,40$ шт./волоть.

Таким чином, по фактору А найбільша кількість насіння була в гібриду Янкi, яка склала $831,72$ шт./волоть, та в сорту Дніпровський 39 – $518,98$ шт./волоть. По фактору В, а саме: внесення різних норм мінеральних добрив, найкращий показник був при застосуванні норм $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70} - 575,11$ та $666,85$ шт./волоть відповідно.

Насіння є головним елементом структури врожаю. Одним із найважливіших показників структури врожайності є маса насіння. Процес формування й особливо дозрівання зернівки проходить повільно, це період, від якого багато в чому залежать якості насіння зернового сорго. З його тривалістю тісно пов'язані такі показники, як маса 1000 насіння, вміст білку, крохмалю й незамінних амінокислот.

Нижче наведено результати досліджень показника маси насіння, сформованого в одному суцвітті сорго зернового залежно від сортових особливостей та застосування різних норм мінеральних добрив (табл. 4.3.4).

Під час проведення дослідження спостерігали тенденцію збільшення маси насіння зі збільшенням доз добрив на варіантах досліді.

У сорту Дніпровський 39 фіксували незначну різницю між варіантами. Найвищі значення параметра відмічено на варіанті з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{70}P_{70}K_{70} - 24,77$ г/рослину, що на 46 % більша від варіанту без внесення добрив, а також на варіанті з нормою $N_{35}P_{35}K_{35} - 19,72$ г/рослину. Найвищий показник маси

насіння з волоті складає 19,2 г на варіанті з внесенням мінеральних добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$, а також з нормою $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 16,71 г, що на 7,56 і 5,07 г відповідно вище за контроль.

Таблиця 4.3.4

Маса насіння рослин сорго зернового на волоть залежно від сортових особливостей та удобрення, г/рослину (2021 – 2023 рр.)

Фактори		Продуктивність, г/рослину	Маса насіння з волоті, г			
Фактор А – Сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га		Для варіанту		Середнє для фактору	
			Х	± до контролю	А	В
Дніпровський 39	Без добрив (фон)	13,15	11,64	-	14,68	12,01
	$N_{16}P_{16}K_{16}$	12,93	11,15	-0,49		12,04
	$N_{35}P_{35}K_{35}$	19,72	16,71	5,07		14,59
	$N_{70}P_{70}K_{70}$	24,77	19,20	7,56		18,08
Янкі	Без добрив (фон)	20,52	18,00	-	20,65	
	$N_{16}P_{16}K_{16}$	21,65	18,66	0,66		
	$N_{35}P_{35}K_{35}$	23,35	19,30	1,30		
	$N_{70}P_{70}K_{70}$	33,85	26,65	8,65		
Самаран 6	Без добрив (фон)	7,59	6,38	-	7,21	
	$N_{16}P_{16}K_{16}$	7,69	6,30	-0,08		
	$N_{35}P_{35}K_{35}$	10,57	7,77	1,39		
	$N_{70}P_{70}K_{70}$	11,73	8,38	2,00		
Середнє		17,29	14,18			

Найкращий показник за три роки досліджень насінневої продуктивності однієї волоті має гібрид сорго зернового Янкі за норми внесення добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 33,85 г/рослину, що на 40% більше від контролю без підживлення який становить 20,52 г/рослину, а також на варіанті з нормою $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 23,35 г/рослину. Маса насіння з волоті була найбільшою за удобрення з нормою $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 26,65 г, а також на варіанті з нормою добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 19,30 г, що на 8,65 і 1,30 г більша за контрольний варіант.

У сорту Самаран 6 відмічали подібну тенденцію. На варіанті з нормами $N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ продуктивність становила – 11,73 та 10,57 г/рослину відповідно, що на 35% більша ніж на контролі без підживлення – 7,59 г/рослину. Маса насіння з волоті була найбільшою на варіанті з нормою мінеральних добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$: 8,38 г, що на 2 г більше від фонового варіанту.

Проаналізувавши середні значення показника, можна зробити висновок, що по фактору А найбільша маса насіння була у гібриду Янкі – 20,65 г та у сорту Дніпровський 39 – 14,68 г. По фактору В найбільша маса насіння була на варіантах з нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 18,08 та 14,59 г відповідно.

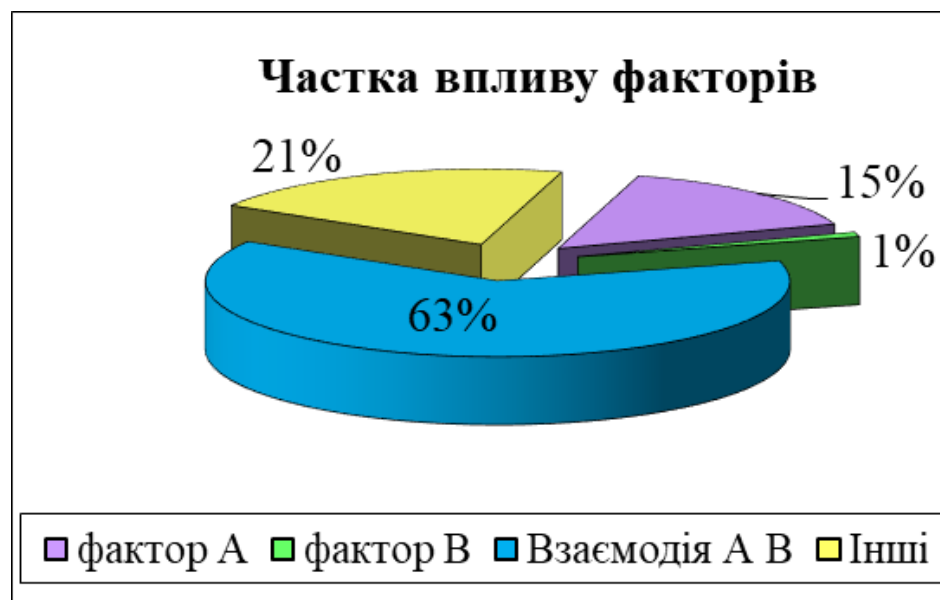


Рис. 4.6. Частка впливу факторів на масу насіння на волоть:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма добрив

Таким чином, виявлено, що найбільша частка впливу, а саме 63%, припадає на взаємодію сортових особливостей (фактор А) і підживлення мінеральними

добривами (фактор В). 15% становить частка впливу фактору А, і лише на 1% впливає окремо фактор В. На 21% впливають на формування насіння у волоті інші фактори.

Розміри та виповненість насіння в сорго має велике значення, оскільки ця ознака робить значний внесок у формування врожайності рослин.

Маса 1000 насінин характеризує кінцевий результат взаємодії генотипу і середовища в процесі онтогенетичного формування продуктивності. Ознака варіює в різні за кліматичними умовами роки, досягаючи свого максимального значення в вегетаційні періоди зі значною кількістю вологи і тепла.

Велике насіння має більший вихід сухої речовини, містить більше білка і крохмалю. Розмір насінини тісно пов'язаний зі схожістю, стійкістю до високих температур та вилягання. Маса 1000 насінин є також хорошим показником якості насіннєвого матеріалу. Велике насіння забезпечує розвиток більш потужних і продуктивних рослин. Маса окремих насінин однієї і тієї ж культури коливається в великих межах залежно від сорту, року врожаю, району вирощування тощо.

Серед ярих зернових культур (кукурудза, ярий ячмінь,) сорго має найдрібніше насіння, а його гібриди й сорти значно різняться за масою 1000 насінин. Враховуючи здатність сорго до інтенсивного кущіння, слід користуватися не ваговою нормою висіву, а бажаною густиною стояння рослин на одиницю площі.

Нижче наведені результати дослідження показника маси 1000 насінин (таблиця 4.3.5).

За результатами досліджень спостерігалася неістотна різниця маси 1000 насінин між досліджуваними варіантами. Це свідчить про вплив не тільки внесення мінеральних добрив, але й інших агротехнологічних факторів на значення показника, котрий, в свою чергу, зумовлює як посівні якості, так і, відповідно, комплекс толерантних властивостей культури відносно несприятливих абіотичних і біотичних факторів агрофітоценозу (можливість засвоювати лімітовані запаси вологи на момент проростання, скоростиглість, здатність витримувати повітряну та ґрунтову посуху, конкурентна здатність до бур'янів, патогенів та фітофагів).

Таблиця 4.3.5

Маса 1000 насінин сорго зернового залежно від удобрення та сортових особливостей, г (2021 – 2023 рр.)

Фактори		Маса 1000 насінин, г			
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га	Для варіанту		Середнє для фактору	
		Х	± до контролю	А	В
Дніпровський 39	Без добрив (фон)	26,92	-	28,06	24,46
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	26,94	0,02		24,55
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	28,61	1,69		25,15
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	29,75	2,83		26,68
Янкі	Без добрив (фон)	23,92	-	24,70	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	24,11	0,19		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	24,17	0,25		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	26,60	2,68		
Самаран 6	Без добрив (фон)	22,54	-	22,88	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	22,59	0,05		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	22,68	0,14		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	23,70	1,16		
Середнє		25,21			

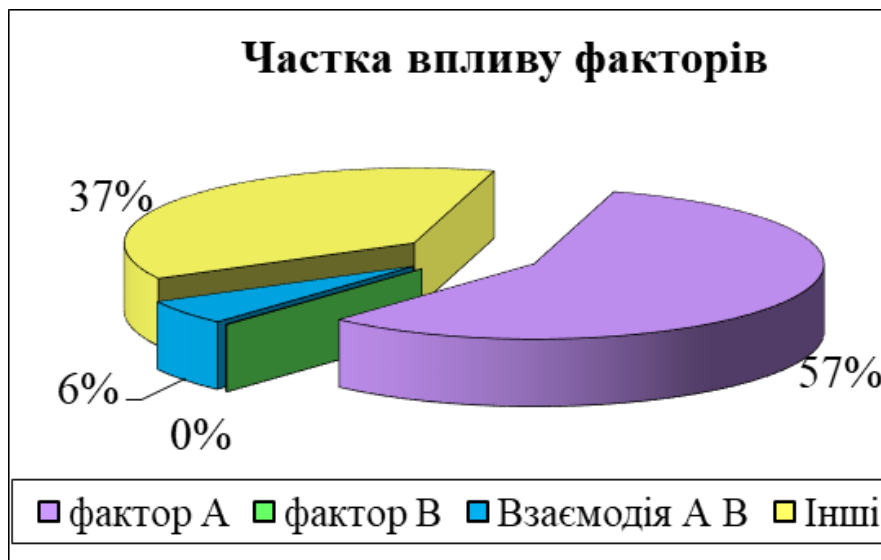
Якщо говорити окремо по варіантам, то у сорту Дніпровський 39 не відмічалось суттєвої різниці по варіантам за значенням показника. Найменші показники маси 1000 насінин були на контролі – 26,92 г, на 2,83 г нижче від найбільшого значення на варіанті з нормою N₇₀P₇₀K₇₀ – 29,75 г.

У гібриду Янкі спостерігалася незначна різниця між варіантами. Найвища маса 1000 насінин відмічена на варіанті з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 26,6 г, на 2,68 г більша від варіанту без внесення добрив, а також на варіанті з нормою $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 24,17 г, що на 0,25 г більше за контроль.

У сорту Самаран 6 відмічалася така ж тенденція: на варіанті з нормами $N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ маса 1000 насіння становила – 23,70 та 22,68 г відповідно, що на 1,16 та 0,14 г більше, ніж на контролі без удобрення, де маса 1000 насіння становила 22,54 г.

Аналізуючи середні дані для факторів по масі 1000 насіння, можна зазначити, що по фактору А найбільша маса була у сорту Дніпровський 39, яка склала 28,06 г, та в гібриду Янкі – 24,70 г. По фактору В, найкращий показник був при внесенні добрив у нормі $N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 26,68 та 25,15 г відповідно.

Наведені дані свідчать, що найбільшою часткою впливу при дослідженні маси 1000 насіння був фактор сортових особливостей рослин сорго зернового (фактор А), який дорівнює 57 % (рис.4.7).



**Рис. 4.7. Частка впливу факторів на масу 1000 насінин:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма добрив**

Фактор впливу застосування мінеральних добрив (фактор В) мінімальний і дорівнює майже 0 %. Істотний вплив мали інші фактори – 37 %. Взаємодія фактору А і фактору В вплинули лише на 6 %.

Таким чином, спостерігалася несуттєва різниця між досліджуваними варіантами маси 1000 насіння.

Це свідчить про вплив не тільки внесення мінеральних добрив, але й інших агротехнологічних факторів на значення показника, котрий, в свою чергу, зумовлює посівні якості насіння.

4.4. Врожайність сорго зернового залежно від удобрення та сортових особливостей

Урожайність – результативний економічний показник, в якому відображається вплив природно-економічних умов і рівня організаційної діяльності. Урожайність – це середній розмір тієї чи іншої продукції рослинництва, одержаної з одиниці площі.

Під час проведення досліджень спостерігали, що у всіх досліджуваних сортів та гібриду зі збільшенням норм добрив зростає і рівень врожайності на варіантах досліду (табл.4.4.1).

На ділянках, де вирощували сорт Дніпровський 39, кращим був варіант з нормою внесення добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$, що зумовило одержання 4,52 т/га насіння за середньої урожайності 3,02 т/га, а також варіант з нормою добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$, який забезпечив отримання врожайності 3,56 т/га. Найнижчий рівень врожайності було отримано на контролі – 2,32 т/га.

Максимальна врожайність гібриду Янки була відмічена за норм внесення добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ і склала 6,32 і 4,29 т/га відповідно при середній врожайності на 2023 рік по Сумській області у 3,02 т/га. Найменша врожайність була на контрольному варіанті без удобрення – 3,82 т/га.

Сорт Самаран 6, формував максимальну врожайність зерна у досліді за умови внесення добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 2,30 т/га, а також на варіанті з нормою удобрення $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 2,02 т/га. Найменша врожайність була на варіанті без підживлення – 1,44 т/га.

Таким чином, для отримання високого рівня врожайності, оптимальними нормами внесення добрив є $N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$. Найкращими сортами для зони

були гібрид Янкi, який забезпечив максимальну врожайність та сорт Дніпровський 39.

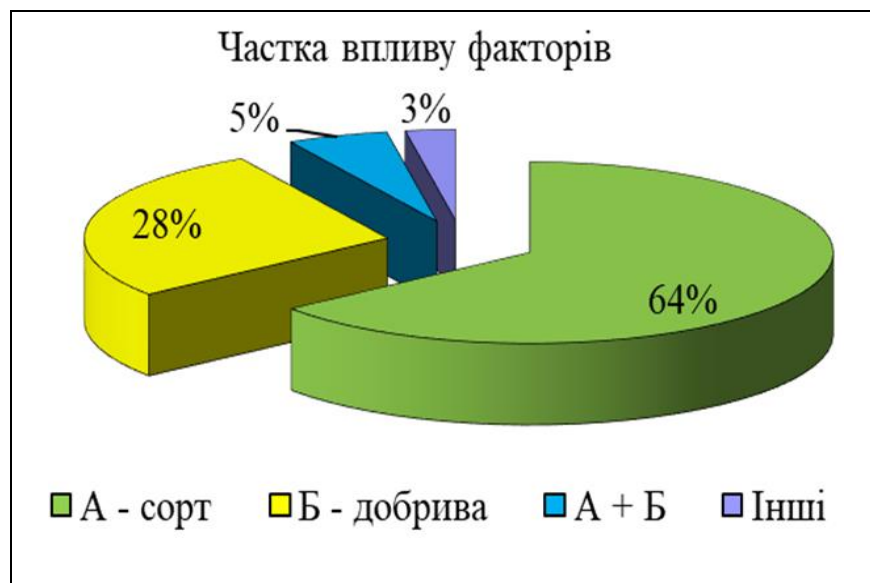
Таблиця 4.4.1

**Врожайність сорго зернового залежно від сортових особливостей та
удобрення, т/га (2021 – 2023 рр.)**

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га	Урожайність, т/га						Середнє для варіанту, т/га		Середнє для фактору, т/га	
		2021		2022		2023		Х	± до к	А	В
		Х	± до к	Х	± до к	Х	± до к				
Дніпровський 39	Без добрив (фон)	2,08		2,32		2,56		2,32		3,20	2,53
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	2,07	-0,01	2,34	0,02	2,73	0,17	2,38	0,06		2,59
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	3,12	1,04	3,30	0,98	4,26	1,70	3,56	1,24		3,29
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	3,98	1,90	4,62	2,30	4,96	2,40	4,52	2,20		4,38
Янкi	Без добрив (фон)	3,41		3,36		4,69		3,82		4,59	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	3,52	0,11	3,59	0,23	4,71	0,02	3,94	0,12		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	3,56	0,15	4,19	0,83	5,12	0,43	4,29	0,47		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	5,71	2,30	6,47	3,11	6,78	2,09	6,32	2,50		
Самаран 6	Без добрив (фон)	1,40		1,06		1,86		1,44		1,81	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	1,39	-0,01	1,07	0,01	1,92	0,06	1,46	0,02		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	2,32	0,92	1,20	0,14	2,54	0,68	2,02	0,58		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	2,39	0,99	1,53	0,47	2,98	1,12	2,30	0,86		
Середнє		2,91		2,92		3,76		3,20			
НІР ₀₅ 0,4											

Відмінності між сортами та гібридом стосовно врожайності є статистично достовірними з рівнем $HP_{05} = 0,4$.

Аналіз наведених вище даних показує, що на формування врожайності найбільше вплинув фактор сортових особливостей рослин сорго зернового (фактор А) на 64%. Також вагомою часткою впливу було внесення добрив (фактор В) – 28% (рис. 4.8). Взаємодія двох факторів була на рівні 5%, 3% впливу забезпечили інші фактори.



**Рис. 4.8. Частка впливу факторів на врожай:
фактор А – сорт, гібрид; фактор В – норма добрив**

Отже, для отримання високих врожаїв потрібно обгрунтовано підходити до вибору сорту чи гібриду, адже майже на 60 % врожайності залежить саме від цього фактору. Обов'язковим компонентом досягнення високого рівня врожайності є внесення мінеральних добрив.

Під час проведення досліджень встановлено, що у всіх досліджуваних сортів і гібриду зі збільшенням норм добрив підвищувався й коефіцієнт урожайності і маса посіву на варіантах. Результати проведених досліджень наведені в таблиці 4.4.2.

На варіантах, де вирощувався сорт Дніпровський 39, кращою визнана норма внесення добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$, що зумовило одержання маси посіву $1091,91 \text{ г/м}^2$, а також $N_{70}P_{70}K_{70}$, де маса посіву становила $1330,74 \text{ г/м}^2$. Найвищий коефіцієнт врожайності

фіксували на варіантах з нормою внесення мінеральних добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 33,5 і 34,9 % відповідно, що на 8 і 6 % вище за контроль.

Таблиця 4.4.2

Динаміка накопичення фітомаси та коефіцієнт урожайності посівів сорго зернового залежно від норми добрив (2021 – 2023 рр.)

Фактори		Маса посіву, г/м ²	Коефіцієнт урожайності, %			
Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га		Середнє для варіанту		Середнє для фактору	
			Х	± до контролю	А	В
Дніпровський 39	Без добрив (фон)	873,19	27,3	-	30,38	29,87
	$N_{16}P_{16}K_{16}$	947,85	25,8	-1,50		28,97
	$N_{35}P_{35}K_{35}$	1091,91	33,5	6,20		34,97
	$N_{70}P_{70}K_{70}$	1330,74	34,9	7,60		36,87
Янкі	Без добрив (фон)	1291,13	30,4	-	33,93	
	$N_{16}P_{16}K_{16}$	1305,92	31,0	0,60		
	$N_{35}P_{35}K_{35}$	1255,83	35,1	4,70		
	$N_{70}P_{70}K_{70}$	1656,58	39,2	8,80		
Самаран 6	Без добрив (фон)	463,82	31,9	-	33,70	
	$N_{16}P_{16}K_{16}$	498,39	30,1	-1,80		
	$N_{35}P_{35}K_{35}$	571,78	36,3	4,40		
	$N_{70}P_{70}K_{70}$	647,47	36,5	4,60		
Середнє		994,55	32,7			

Максимальний показник маси посіву гібриду Янкі було відмічено за норми внесення добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$: 1305,92 та 1656,58 г/м² відповідно. Коефіцієнт врожайності був найвищим на варіантах з нормами внесення $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ і становив 35,1 та 39,2 % відповідно, що на 5 і 9 % вище за значення на контролі.

Сорт Самаран 6, формував максимальну масу посіву у досліді за умови внесення добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 647,47 г/м², а також на варіанті з нормою $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 571,78 г/м². Максимальний коефіцієнт урожайності був на варіантах з удобренням $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ і складає 36,3 та 36,5%, що на 5 % менше за контрольний варіант.

Таким чином, можна зробити висновок, що для маси посіву, по фактору А у якості альтернативного варіанту слід розглядати гібрид Янкі і сорт Самаран 6, з максимальним коефіцієнтом урожайності. По фактору В оптимальною нормою добрив є $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ з середнім значенням 35 – 37%.

Додатковим параметром, що характеризує реакцію сортів на норм добрив є прибавка врожаю у розрахунку на кілограм діючої речовини. Результати наших досліджень наведені в таблиці 4.4.3.

У сорту Дніпровський 39 максимальний рівень прибавки врожаю, а саме – 11,8 та 10,48 кг зерна на 1 кг д.р. відмічено на ділянках із внесенням норм добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$. Найменша прибавка спостерігалася на варіанті з нормою $N_{16}P_{16}K_{16}$ – 1,25 кг/кг д. р.

У гібриду Янкі такий же показник – 11,90 кг зерна на 1 кг д.р. відмічено на ділянках із максимальною нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$. На варіанті з нормою $N_{35}P_{35}K_{35}$ отримали прибавку 4,48 кг/кг д. р. Найменшою була прибавка врожаю на варіанті з нормою $N_{16}P_{16}K_{16}$ і становила 2,50 кг зерна на 1 кг д.р.

У сорту Самаран 6 максимальний рівень, а саме: 5,52 та 4,09 кг зерна на 1 кг д.р. відмічено на ділянках із внесенням норм добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$. Найменша прибавка спостерігалася на варіанті з нормою добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ – 0,42 кг/кг д. р.

Максимальний показник прибавки врожаю від мінеральних добрив по фактору А показав сорт Дніпровський 39 – 7,85 кг/кг д. р. та гібрид Янкі – 6,29 кг/кг д. р. Найнижча прибавка врожаю була у сорту Самаран 6 – 3,35 кг/кг д. р.

Таблиця 4.4.3

Динаміка забезпеченості мінеральними добривами додаткового урожаю сортів та гібриду сорго зернового, кг/кг д. р. (2021 – 2023 рр.)

Фактор А – сорт/гібрид	Фактор В – норма добрив, д. р. кг/га	Прибавка урожаю від мінеральних добрив, кг/кг д. р.		
		для варіанту	середнє для фактору	
		Х	А	В
Дніпровський 39	Без добрив (фон)	-	7,85	-
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	1,25		1,39
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	11,81		7,27
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	10,48		8,83
Янкі	Без добрив (фон)	-	6,29	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	2,50		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	4,48		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	11,90		
Самаран 6	Без добрив (фон)	-	3,35	
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	0,42		
	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	5,52		
	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	4,09		

При деякій різниці між окремими сортами показник характеризує поетапне збільшення ефективності саме доз добрив N₃₅P₃₅K₃₅ та вище. Якщо аналізувати фактор впливу внесення мінеральних добрив, то максимальний показник прибавки врожаю був на варіанті з нормою добрив N₇₀P₇₀K₇₀ – 8,83 кг/кг д. р.

4.5. Аналіз економічної ефективності вирощування сорго зернового залежно від впливу сортових особливостей та норм внесення добрив

Сучасний стан розвитку аграрного виробництва характеризується умовами поглиблення ринкових механізмів господарювання та вимагає розробки і впровадження більш досконалих елементів систем ведення виробництва, застосування екологічно та економічно обґрунтованих заходів інтенсифікації вирощування продукції рослинництва. Враховуючи ці вимоги, доцільно провести аналіз елементів технології вирощування сорго зернового і розкрити потенційні резерви підвищення економічної ефективності його виробництва, починаючи зі встановлення оптимальних режимів мінерального живлення.

Основним завданням економічної ефективності є визначення меж використання сільськогосподарських добрив у зоні економічної вигоди. Економічний ефект від виробництва характеризується збільшенням обсягів для одержання високоякісної продукції при зниженні питомих витрат праці та капіталу. Як свідчать літературні джерела, найбільший вплив на підвищення врожайності сільського господарства мають добрива. Вважається, що економічно доцільно збільшувати дози добрив до межі, поки остання одиниця не підвищить урожай, хоча це не приносить прибутку, але витрати на внесення добрив компенсують збільшення врожаю. Результати аналізу ефективності родючості ґрунту мають бути спрямовані на пошук шляхів визначення пріоритетності їх використання, підтвердження оптимальних доз та економічної ефективності.

Нині, складність розрахунку економічної ефективності використання добрив зумовлена різницею та нестабільністю цін на сільськогосподарську та промислову продукцію (мінеральні добрива, засоби внесення, паливо-мастильні матеріали тощо). Високі ціни на придбання мінеральних добрив, а також значні витрати на їх використання вимагають нових підходів до методів оптимізації удобрення з метою економії ресурсів та отримання прибутків. Економічна ефективність вирощування сортів та гібриду сорго зернового за різних норм внесення мінеральних добрив наведена в таблиці 4.5.1.

Таблиця 4.5.1

Економічна ефективність вирощування сортів та гібриду сорго зернового за різних норм внесення мінеральних добрив (2021-2023 рр.)

Варіанти дослідів	Фактор А – сорт/гібрид	Дніпровський 39				Янкі				Самаран 6			
	Фактор В - норма, д.р. кг/га	Без добрив (фон)	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	Без добрив (фон)	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	Без добрив (фон)	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	N ₃₅ P ₃₅ K ₃₅	N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀
Урожайність, т/га		2,32	2,38	3,56	4,42	3,82	3,94	4,29	6,32	1,44	1,46	2,02	2,3
Усього затрат, грн./га		13966	16216	18871	23899	13939	16239	19053	24190	13780	16080	18794	23831
у т.ч.													
добрива		0	2250	4905	9832,5	0	2300	5014	10051	0	2300	5014	10051
насіння		2166	2166	2166	2166	2139	2139	2139	2139	1980	1980	1980	1980
Ціна реалізації, грн/т		5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500	6500	6500	6500	6500
Дохід, грн/га		12760	13090	19580	24310	21010	21670	23595	34760	9360	9490	13130	14950
Собівартість 1 т, грн		6019,8	6813,4	5300,8	5406,9	3649	4121,6	4441,3	3827,5	9569,4	11014	9304	10361
Прибуток, грн/га		-1206	-3126	709	411,5	7071	5431	4542	10570	-4420	-6590	-5664	-8881
Рентабельність, %		-8,6	-19,3	3,8	1,7	50,7	33,4	23,8	43,7	-32,1	-41	-30,1	-37,3

Результати розрахунку економічної ефективності показують, що застосування добрив впливає на виробничі витрати, прибуток та рівень рентабельності. В досліді ці показники залежали від складу, дози внесення добрив та сортової реакції рослин сорго на їх застосування.

Так, виробничі витрати при вирощуванні сорту Дніпровський 39 змінювались від 13966 грн/га (на фоні без внесення добрив) до 23899 грн/га ($N_{70}P_{70}K_{70}$), а в гібриду Янкі – від 13939 до 24190 грн/га відповідно. Рівень рентабельності, а отже й економічної ефективності в досліді значною мірою визначався сортовими особливостями і в меншій мірі – застосуванням добрив в межах сорту та гібриду.

Дослідження показали, що у всіх сортів та гібриду зі збільшенням дози підживлення зростала і врожайність.

Економічний розрахунок ефективності вирощування сортів і гібридів сорго за різних норм удобрення показує, у сорту Дніпровський 39 найбільший прибуток і рентабельність були на варіанті з внесенням добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ і становили 709 грн/га і 3,8 % відповідно. Позитивне значення було на варіанті з нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$: значення показника прибутку було 411 грн/га, рентабельність становила – 1,7%.

Всі варіанти внесення добрив при вирощуванні гібриду Янкі призвели до позитивної прибутковості та рентабельності. Максимальний прибуток на варіанті з нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ склав 10570 грн/га, рентабельність на цьому варіанті була 43,7%. Найвищий рівень рентабельності отримали на контрольному варіанті без внесення добрив – 50,7%, прибуток на цьому варіанті склав – 7071 грн/га. Варіанти з нормами добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ показали гарний результат: показник прибутку становив 5431 та 4542 грн/га, рівень рентабельності на них склав 33,4 та 23,8 % відповідно.

У сорту Самаран 6 на всіх досліджуваних варіантах була від'ємна рентабельність, на відміну від додатної, це означає від'ємний прибуток або збиток, що одержуваний з кожної гривні коштів, вкладених у вирощування сорго зернового сорту Самаран 6.

Висновки до розділу 4

1. Встановлено, що найкращі показники кінцевої густоти посіву забезпечив варіант із внесенням добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ у сорту Самаран 6 і гібриду Янкі (201,54 і 191,88 тис./га відповідно) у сорту Дніпровський 39 ($N_{16}P_{16}K_{16}$ – 189,08 тис./га.) Найвищий показник кінцевої густоти рослин у сорту Самаран 6 становить 196,99 тис./га. В середньому по варіантах з внесенням добрив найвищий показник кінцевої густоти посіву 193,65 тис./га був при внесенні $N_{70}P_{70}K_{70}$.

2. Тривалість загальної вегетації, як реакція на різні норми внесення добрив, збільшувалася порівняно до вирощування на природному фоні: у гібриду Янкі на 17 днів, сортів Дніпровський 39 – на 10 днів, Самаран 6 – на 15 днів. Найбільшого впливу при застосуванні добрив зазнали фенологічні фази «сходи-цвітіння» та «цвітіння-стиглість». Фаза «сходи-цвітіння» подовжувалася при удобренні від 5 днів (Самаран 6 та Дніпровський 39) до 8 днів (гібрид Янкі). Дозрівання рослин при застосуванні норми добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ наставало на 4 дні пізніше у сорту Дніпровський 39, у гібриду Янкі на 8 днів пізніше і у сорту Самаран 6 на 9 днів.

3. Норми добрив вплинули на ростові процеси рослин сорго. У всіх досліджуваних сортів та гібриду найбільша висота стебла спостерігалася на варіантах з нормою добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$. Внесення мінеральних добрив в дозах $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ сприяло підвищенню висоти рослин сорту Дніпровський 39 на 8 і 6 см відповідно. Мінеральні добрива ($N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$) сприяли збільшенню висоти рослин сорту Самаран 6 до 124 см відповідно. Використання мінеральних добрив не вплинуло на висоту гібриду Янкі.

4. Застосування норм добрив впливало на формування вегетативних органів рослин сорго зернового. Виявлено, що у всіх досліджуваних сортів та гібриду удобрення призводило до збільшення кількості листків на одній рослині. У сорту Дніпровський 39 внесення мінеральних добрив в нормах $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ сприяло збільшенню кількості листків, і становило 22 та 24 шт./рослину. У гібриду Янкі внесення мінеральних добрив ($N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$) збільшувало кількість

листоків від 1 до 9 шт./рослину. У сорту Самаран 6 норми добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ сприяли збільшенню кількості листків до 25 і 26 шт./рослину.

5. Площа листкового апарату залежала від норм добрив і збільшувався за всіма варіантами. Коефіцієнт листкової поверхні посіву був найвищим у гібриду Янкі з показником – $2,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$ та сорту Дніпровський 39 – $1,60 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Найбільший вплив на коефіцієнт листкової поверхні мала норма добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ ($2,21 \text{ м}^2/\text{м}^2$) та $N_{35}P_{35}K_{35}$ – ($1,68 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

6. Виявлена відмінність між варіантами щодо формування генеративних органів рослин. Кількість волотей у рослин сорго залежала як від внесення добрив, так і від особливостей сорту і була найбільшою у гібриду Янкі – 226,77 тис./га та у сорту Самаран 6 – 254,81 тис./га. Норми добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ забезпечили найвищі значення показника: 238,11 та 255,92 тис./га відповідно. Максимальні значення показника довжини суцвіття були на варіанті із застосуванням мінеральних добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 26,1 см. На варіантах із внесенням добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ і $N_{70}P_{70}K_{70}$ спостерігалась тенденція до зменшення розміру волоті. Найбільша кількість насіння у волоті була у гібриду Янкі (831,72 шт./волоть,) та сорту Дніпровський 39 (518,98 шт./волоть) та при застосуванні норм $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 575,11 та 666,85 шт./волоть відповідно.

9. Спостерігали тенденцію збільшення маси насіння зі збільшенням доз добрив на варіантах досліду. Найбільша маса насіння була в гібриду Янкі – 20,65 г, та сорту Дніпровський 39 – 14,68 г та на варіантах з нормами добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 18,08 та 14,59 г відповідно.

10. Відмінність між досліджуваними варіантами за показником маси 1000 насінин була несуттєвою. На значення показника впливали не тільки норми мінеральних добрив, але й інші агротехнологічні фактори. Найбільша маса була у сорту Дніпровський 39 (28,06 г), та гібриду Янкі (24,70 г). Оптимальними були варіанти норми добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 26,68 та 25,15 г відповідно.

11. Отримання максимального врожаю в досліді було у сорту Дніпровський 39, за норми внесення добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$, (3,56 т/га – 4,52 т/га відповідно). Максимальна врожайність гібриду Янкі була відмічена за норм внесення добрив

$N_{70}P_{70}K_{70}$ та $N_{35}P_{35}K_{35}$ і склала 6,32 та 4,29 т/га відповідно. Сорт Самаран 6, формував максимальну врожайність зерна у досліді за умови внесення добрив в нормі $N_{70}P_{70}K_{70}$ – 2,30 т/га,

12. Зі збільшенням норм добрив зростало значення коефіцієнта урожайності та маса посіву на варіантах. В розрізі сортів максимальний коефіцієнт врожайності встановлено для гібриду Янкі та сорту Самаран 6. Оптимальною нормою добрив є $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ з середнім значенням коефіцієнта 35 – 37%.

13. У сорту Дніпровський 39 та сорту Самаран 6 максимальний рівень прибавки врожаю відмічено на ділянках із внесенням $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 11,8 кг та 5,52 кг зерна на 1 кг д.р. відповідно. У гібриду Янкі найвищі значення показника – 11,90 кг зерна на 1 кг д.р. відмічено на ділянках із максимальною нормою $N_{70}P_{70}K_{70}$.

14. Встановлено, що в сорту Дніпровський 39 найбільший прибуток та рівень рентабельності забезпечило внесення норми добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ – 709 грн/га і 3,8 % відповідно. Позитивні значення показників було досягнуто на варіанті з нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$: прибуток – 411 грн/га, рентабельність – 1,7%.

Всі варіанти внесення норм добрив при вирощуванні гібриду Янкі забезпечили позитивну прибутковість та рентабельність. Максимальний прибуток на варіанті з нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ склав 10570 грн/га, рентабельність на цьому варіанті була 43,7%.

ВИСНОВКИ

У дисертації представлено теоретичне узагальнення та вирішення наукового завдання щодо оптимізації технології вирощування сорго зернового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. В основі роботи – дослідження впливу сортових особливостей, норм висіву та норм мінеральних добрив на формування продуктивності культури. Результати, отримані за період досліджень дають підставу зробити такі висновки:

1. Встановлено значення поправкового коефіцієнту передзбиральної густоти посіву сортів сорго залежно від норм висіву насіння. Він склав 0,73 для норми висіву 165 тис.шт./га та 0,58 для норм висіву 330 та 490 тис.шт./га. Різниця в динаміці формування кінцевої густоти визначалася зменшенням показника польової схожості при збільшенні норми висіву із 84,6 до 75,1% та зростанням, за цих же умов, показника зріженості сходів із 13,8 до 22,8%. Сортowa різниця між показниками формування кінцевої густоти посіву була несуттєвою.

2. Розраховано значення коефіцієнта листкової поверхні посіву сортів сорго. Середнє значення коефіцієнта становило: 2,14 м²/м² для гібриду Янкi, 1,61 та 1,53 м²/м² для сортів Дніпровський 39 і Самаран 6. Максимальне, у зоні дослідження, значення – 2,3 м²/м² у гібриду Янкi – було в варіантах із максимальною нормою висіву. Стійкість листків нижнього ярусу до затінення забезпечувалася зростанням вмісту хлорофілу b на 0,9 – 0,14 мг/г .

3. Визначено, що зростання показника загальної маси посіву при збільшенні норми висіву насіння із 0,94 до 0,97 – 0,99 г/м², відповідно до схеми досліду відбувалося за рахунок відносної стабільності показників середньої маси окремих рослин. У розрізі сортів та гібриду Янкi, Дніпровський 39 та Самаран 6 середні значення показника надземної маси посіву склали 1,23; 1,1 та 0,58 г/м² відповідно. Незалежно від сортових особливостей збільшення норм висіву супроводжувалося зменшенням значень коефіцієнта врожайності з 39,3% при нормі висіву 165 тис.шт./га до 34,9 та 28,3% при нормах висіву 330 та 490 тис.шт./га.

4. Виявлено, що в досліді з нормою висіву насіння середня врожайність сортів сорго зернового Янкi, Дніпровський 39 та Самаран 6 склала 3,91; 3,32 та 2,19

т/га. Найвища середня врожайність – 3,48 т/га – формувалася на ділянках із нормою висіву 165 тис.шт./га. Використання норм висіву 330 та 490 тис.шт./га супроводжувалося зниженням врожайності до 3,29 та 2,65 т/га. У розрізі сортів найвищі показники були притаманні гібриду Янкі та сорту Дніпровський 39 при нормі висіву 330 тис.шт./га, для сорту Самаран 6 – при нормі висіву 165 тис.шт./га.

5. Встановлено, що покрокове збільшення норм мінеральних добрив супроводжувалося зростанням передзбиральної густоти посіву. Зміна показника відбувалася за рахунок зменшення зрідженості сходів з 22,7 % на контролі до 20,2% на ділянках із нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$. У розрізі сортів середні значення зрідженості сходів склали 18,8% для Дніпровського 39 та 22,2 і 22,8% для гібриду Янкі й сорту Самаран 6.

6. Встановлено, що збільшення норм мінеральних добрив призводило до подовження загальної тривалості вегетації рослин сорго. Різниця в значеннях показника на ділянках контролю та ділянках із максимальною нормою добрив склала плюс 10 днів для сортів Дніпровський 39 та Самаран 6, та плюс 17 днів для гібриду Янкі. Збільшення тривалості вегетації відбувалося передусім за рахунок продовження періоду «сходи-цвітіння»: на 5 днів у сортів Самаран 6 й Дніпровський 39 та на 8 днів у гібриду Янкі.

7. Виявлено, що незалежно від сортових особливостей статистично суттєвий вплив на зміну показників розвитку площі листкової поверхні та коефіцієнта продуктивного кушіння було відмічено лише на ділянках із нормами добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$. Найвищі темпи зростання значень коефіцієнта продуктивного кушіння (із 1,13 до 1,29 та із 1,14 до 1,27) відмічено для сортів Дніпровський 39 та гібриду Янкі, яким були притаманні й найвищі темпи збільшення показника площі листкової поверхні.

8. Визначено відмінність між варіантами щодо продуктивності волотей та її складових. Різниця між крайніми варіантами (контролю та $N_{70}P_{70}K_{70}$) складала плюс 8,7 г у гібриду Янкі, плюс 7,56 г у сорту Дніпровський 39 та плюс 2,0 г у сорту Самаран 6. Рівень реакції на збільшення норм добрив визначався змінами значень кількості насіння: плюс 230 – 240 шт. для гібриду Янкі й сорту Дніпровський 39 та

збільшенням показника маси 1000 насіння: плюс 2,3 – 2,5 г. У сорту Самаран 6 зміна значень була менш виражена.

9. Встановлено, що в умовах зони досліджень на ділянках без застосування добрив та ділянках із внесенням норм добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$, $N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$ середня врожайність культури сорго зернового склала 2,53; 2,59; 3,29 та 4,38 т/га відповідно. У розрізі сортів та гібриду середня урожайність на градієнті норми добрив була 4,59 т/га для гібриду Янкi та 3,21 та 1,81 т/га для сортів Дніпровський 39 і Самаран 6.

10. Визначено, що найвищі показники економічної ефективності, а саме: рівень рентабельності 8,5 та 31,0% для сорту Дніпровський 39 та гібриду Янкi забезпечувався використанням норми висіву насіння 165 тис/га. Найвищі показники рентабельності та прибутку 13,0% та 2489 грн/га відповідно було відмічено за використання норми добрив $N_{35}P_{35}K_{35}$ у сорту Дніпровський 39 та 56,8% та 13750 грн/га у гібриду Янкi.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Північно-Східного Лісостепу України з метою найповнішої реалізації адаптивного та генетично обумовленого потенціалу продуктивності сорго зернового (з урожайністю зерна 3,56 – 6,32 т/га) з високими показниками якості зерна та економічної ефективності виробництва (за рівня рентабельності 24,6 – 43,7%) застосовувати такі оптимізовані технологічні заходи його вирощування:

- висівати високоврожайні та пластичні сорти та гібриди, а саме сорт Дніпровський 39 та гібрид Янкі;
- сіяти з нормою висіву 165 – 330 тис. шт./га насіння сорту Дніпровський 39 та гібриду Янкі;
- вносити мінеральні добрива ($N_{35}P_{35}K_{35}$ та $N_{70}P_{70}K_{70}$), що сприяє приросту врожайності зерна сорго сорту Дніпровський 39 на 1,2 – 2,1 т/га, у гібриду Янкі на 0,47 – 2,5 т/га порівняно з варіантом без внесення добрив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко, Т. Погода і посіви. Агроном. 2003. 2. 6.
2. Базалій, В. В., Бойко, М. О., Алмашова, В. С., Онищенко, С.О. Рослинницькі аспекти та агроєкологічні засади вирощування сорго зернового на Півдні України. Таврійський науковий вісник. 2015. 91. 3 – 6.
3. Безручко, О. І., Джулай, Н. П. Поповнення ринку сортів рослин України: сорго звичайне (двокольорове) (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Вивчення та охорона сортів рослин. 2012. 3. 45 – 51. doi: 10.21498/2518– 1017.3(17).2012.58830.
4. Безугла, Л. Економічний аспект територіального виробництва амаранту, коноплі та сорго в Україні. Економіка і суспільство. 2021. 25. doi:<https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-25-79>
5. Бикін, А. В., Антал, Т. В., Найденко, В. М. Фенологічні особливості сорго зернового залежно від впливу елементів технології вирощування. О.В. Таврійський науковий вісник. 2019. 107. 12 – 21. doi: 10.32851/2226- 0099.2019.107.2
6. Білозор, Л. В. Особливості формування ринку інноваційної продукції в аграрній сфері. Економіка АПК. 2005. 2. 106 – 111. doi: 10.31548/dopovidi2019.02.011
7. Бойко, М. О. Обґрунтування агротехнічних прийомів вирощування сорго зернового в умовах Півдня України. Sciences of Europe: Global science center LP. 2016. 4. 5 (5). 62 – 65.
8. Бойко, М. О. Обґрунтування агротехнічних прийомів вирощування сорго зернового в умовах Півдня України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. 235. 33 – 39.
9. Бойко, М. О. Формування асиміляційного апарату гібридів сорго зернового залежно від строків сівби та густоти посіву. Таврійський науковий вісник. 2017. 97. 18 – 22.
10. Величко, В., Мартин, А., Новаковська, І. Моніторинг ґрунтів України – проблеми землевпорядного, ґрунтознавчого та наукового забезпечення. Вісник аграрної науки. 2020. 98.(7). 5 – 16. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-01>

11. Волкодав, В. В., Андрущенко, А. В., Пількевич, А. В. Методика сортовипробування с.-г. культур. К., 2000. 100 с.
12. Герасименко, Л. А. Вплив густоти стояння рослин на ріст, розвиток та врожайність сорго цукрового. *Агробіологія*. 2011. 6. 48 – 50.
13. Герасименко, Л. А. Перспективи вирощування сорго в Україні. Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату: Збірник наук. праць всеукр. наук.-практ. конф. (15-16 червня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль. 2017. 69.
14. Герасименко, Л. А., Федорук, Ю. В. Вплив життєдіяльності рослин на фотосинтетичну продуктивність арофітоценозів сорго цукрового. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. 3.
15. Господаренко, Г. М. Агрохімія: підручник. К.: Аграрнаосвіта. 2013. 406 с.
16. Господаренко, Г. М., Климович, П. В. Реакція сорго зернового на удобрення на чорноземі опідзоленому. *Зб. наук. пр. Луганського НАУ*. 2006. 69(92). 20 – 26.
17. Грабовський, М. Б. Вплив рівня мінерального живлення на формування біометричних показників сорго цукрового. *Сучасні агробіотехнології та землеустрій в Україні: тези доп. держ. наук.-практ. конф. (м. Біла Церква, 23 листоп. 2017 р.)*. Біла Церква. 2017. 8 – 9.
18. Гринюк, І. П. Фотосинтетична продуктивність соргових культур у Правобережному Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Ахрономія*. 2013. 183(2). 104 – 109.
19. Грищенко, Р. Є., Любич, О. Г., Глієва, О. В. Формування врожайності зерна сорго зернового різними системами пагонів залежно від удобрення культури. *О.В. Землеробство та рослинництво: теорія та практика*. 2021. 2(2). 55 – 60.
20. Давиденко, С., Рожков, А., Карпук, Л., Попов, С., Михайлин В. Елементи продуктивності рослин та біологічної врожайності гібридів сорго зернового залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння. *Наукові обрії*. 2022. 25(6). 55 – 64. doi:[https://doi.org/10.48077/scihor.25\(6\).2022.55-64](https://doi.org/10.48077/scihor.25(6).2022.55-64)

21. Державний стандарт України. Насіння сільськогосподарський культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138-2002. Київ, Держспоживстандарт України, 2003. 170.
22. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021. Київ, 2021. 523.
23. Джулай, Н. П. Поповнення ринку сортів рослин України: сорго звичайне (двокольорове) (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). 2012. 3. 45 – 51. doi: 10.21498/2518-1017.3(17).2012.58830
24. Дранищев, Н. И., Барановский, А. В., Тимошин, Н. Н. Агроэкологические аспекты возделывания сорго в засушливых условиях Луганской области. Вісник ЛНПУ імені Тараса Шевченка: Біологічні науки. 2008. 14(153). 43 – 47.
25. Дремлюк, Г. К., Гамадій, В. Л., Гамадій, І. В. Основні елементи технології вирощування сорго. Посібник українського хлібороба. 2013. 3. 274 – 277.
26. Єщенко, В. О., Копитко, П. Г., Костогриз, П. В., Опришко, В. П. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник. за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К». 2014. 332.
27. Жатова, Г. О., Коваленко, М. О. Біологічна характеристика культури сорго. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія. Агрономія і біологія. 2020. 2(40). 14 – 32. <https://repo.snau.edu.ua:8080/xmlui/handle/123456789/8676>
28. Іваніна, В. В., Пашинська, К. Л. Формування балансу живлення в посівах сорго зернового за різних систем удобрення. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія та біологія. 2022. 47(1). 65 – 70. doi:<https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.9>
29. Іваніна, В. В., Пашинська, К. Л., Костащук, М. В. Вплив добрив на врожайність та якість зерна сорго зернового. Новітні агротехнології. 2019. 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204801>.
30. Іващенко, О. О., Рудник-Іващенко, О. І. Перспективи вирощування кукурудзи і сорго. Хімія. Агрономія. Сервіс. 2011. 12. 38 – 41.

31. Кавунець, В. П., Маласай, В. М. Якість і врожайні властивості насіння Насінництво. 2006. 1. 19 – 21.
32. Каленська, С. М., Гринюк, І. П. Вплив доз мінеральних добрив та сортових особливостей на вихід цукру та біоетанолу із сорго цукрового в умовах Правобережного Лісостепу України. Зб. наук. пр. ІБКІЦБ. Київ, 2012. 15. 202 – 206.
33. Каленська, С. М., Найдено, В. М. Урожайність сорго зернового залежно від ширини міжряддя та системи удобрення. Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків буряків. 2018. 26. 67–75. doi: 10.47414/np.26.2018
34. Каленська, С. М., Гринюк, І. П. Особливості росту і розвитку рослин сорго залежно від видів, сортових особливостей та удобрення культури в умовах Правобережного Лісостепу України. О.В. Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2013. 17. 359 – 363.
35. Каражбей, Г. М. Стан і перспективи сорго зернового в Україні. О.В. Селекція та насінництво. 2012. 101. 37 – 42.
36. Каражбей, Г. М., Техун, С. В. Продуктивність сорго звичайного двоколірного (*Sorghum bicolor* L.) залежно від рівня мінерального життя та густоти стану. О.М. живлення та густота стояння. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НАА. 2012. 14. 67 – 70.
37. Климович, П. В. Ефективність доз і строків застосування добрив під сорго зернове на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України. Автореф. дис. канд. с.-г. ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського». 2007. Харків, Україна.
38. Климович, П. В., Січка, А. О., Кононенко, Л. М., Климович, Н. М. Вплив норми висіву насіння на ріст і розвиток сорго зернового. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2011. 75(1). 76 – 81.
39. Коваленко, А. С. Технологія для сорго. Farmer : щомісячник. Київ : АГП Медіа. 2014. 3(51). 72 – 74.
40. Коваленко, М. О. Вплив мінерального удобрення на розвиток та продуктивність сорго зернового в умовах північно-східного лісостепу України.

Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія. Агронімія і біологія. 2023. 3(53). 16 – 22. doi: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.3.3>

41. Коваленко, М.О., Жатова, Г.О. Вплив норм висіву на ріст та розвиток рослин сорго зернового в умовах північно-східного лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія. Агронімія і біологія. 2022. 3 (49). 25 – 32. doi: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.3.4>

42. Коваленко, М.О., Жатова, Г.О. Продуктивність сорго зернового залежно від норм висіву в умовах північно-східного лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія. Агронімія і біологія. 2024. 1(55). 25 – 32.

43. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології [Електронний ресурс] : навч. Посібник. О. М. Царенко, Ю. А. Злобін, В. Г. Скляр, С. М. Панченко. - Суми : Університетська книга. 2000. 203 с.

44. Кравченко, З. П., Адаменко, Т. І. Агрокліматичний довідник по Сумській області. Довідникове видання. Кам'янець – Подільський: ТОВ «Друкарня «Рута». 2012. 176 с.

45. Красенков, С. В. Наукове обґрунтування оптимізації вирощування сорго в умовах недостатнього і нестійкого зволоження Південного Степу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук. Ін-т зернового господарства УААН. Дніпропетровськ. 1999. 35 с.

46. Курило, В. Л. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від рівня удобрення. Цукрові буряки: Всеукраїнський науково-виробничий журнал. Київ: АТЗТ «Атопол». 2012. 5(89). 11 – 13.

47. Курило, В. Л., Григоренко, Н. О., Марчук, О. О. Залежність фотосинтетичної здатності рослин сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* pers.) від його сортових особливостей та норм мінерального живлення. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2012. 2. 38 – 41.

48. Лихочвор, В. В., Петриченко, В. Ф., Іващук, П. В., Корнійчук, О. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.]. Львів : Укр. Технології. 2010. 1088 с.

49. Логінова, І. В., Білера, Н. М. Ефективність різних форм і способів внесення мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія. Агронімія. 2014. 195(1). 71 – 78.
50. Мазур, В. А. Новітні агротехнології в рослинництві: підручник. Вінниця. 2017. 588 с.
51. Макаров, Л. Х. Соргові культури. Херсон: Айлант. 2006. 264. doi:<https://doi.org/10.47414/na.7.2019.204818>
52. Марчук, О. О. Продуктивність сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування. Автореф. дис. канд. наук. Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків НААН України. Київ. 2015. 20 с.
53. Маслак, О. Ринок сорго в Україні і світі. Агробізнес сьогодні. 2012. 11. 14 –18.
54. Маслак, О. Стан і перспективи зернового сорго в Україні. Агробізнес сьогодні. 2012. 11(234). 14.
55. Мацибора, В. І. Економіка сільського господарства. Вища школа. 1994. 136 – 153.
56. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Випуск 2: Зернові, круп'яні та зернобобові культури. За ред. В. В. Волкодава. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Випуск 2: Зернові, злакові та зернобобові культури. Київ: Алефа. 2001. 65.
57. Морару, Г. А. Селекція нових форм сорго. Кишинев: КСХИ. 1974. 30 с.
58. Музика, О. В. Фотосинтетичні параметри гібридів сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту в умовах Центрального Лісостепу України. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. 26. 154 – 169. doi: <https://doi.org/10.47414/np.26.2018.211219>
59. Мулярчук, О. І., Міщенко, Ю. Г., Масик, І. М., Давиденко, Г. А. Біопаливо з цукрового сорго. Вісник Сумського національного аграрного університету: Агронімія і біологія. 2014. 3. 99 – 103.

60. Овсієнко, І. А. Формування зернової продуктивності сорго залежно від агротехнічних засобів. Формування продуктивності зерна сорго в залежності від агротехнічних заходів. Корми і кормовиробництво. 2015. 1. 146 – 151.
61. Писаренко, В. М., Піщаленко, М. А., Поспелова, Г. Д. та ін. Інтегрований захист рослин. Полтава. 2020. 245 с.
62. Полевий, А. М., Божко, Л. Ю., Вольвач, О. В., Барсукова, О. А. Агроєкологічні умови формування продуктивності сорго в південних областях України в умовах зміни клімату. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. 4. 61 – 68.
63. Полторецький, С. П., Полторецька, Н. М. Рослинництво. Методичні вказівки. Уманський НУС: Редакційно-видавничий відділ. 2019. 22 с.
64. Поспелова, Л. С., Поспелов, А. П., Комаров, Н. М. Многолетнее сорго: биология, селекция, агротехника. ГНУ СНИИСХ. Ставрополь: АГРУС. 2009. 96 с.
65. Правдива, Л. А. Вплив мінерального життя рослин на формування біометричних показників сорго зернового. Вплив мінерального живлення посівів на біометричні показники формування зерна сорго. Збірник наукових праць Агробіологія. 2022.
66. Правдива, Л. А. Особливості росту рослин сорго [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] залежно від ширини міжрядь і норми висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу України. Вивчення та охорона сортів рослин 2021. 17(2). 139 – 145. doi: 10.21498/2518-1017.17.2.2021.236521
67. Правдива, Л. А., Ганженко, О. М., Доронін, В. А. Методичні рекомендації з проведення спостережень, форм та визначення якісних показників у дослідженнях сорго зернового. Київ. 2021. 34 с.
68. Правдива Л., Федорук, Ю. Формування показників структури врожайності сорго зернового залежно від способу сівби насіння та гідності стану рослин у Правобережному Лісостепу України. Новітні технології в АПК: дослідження та управління. 2021. 28(42). 215 – 223. doi: 10.3329/sja.v15i2.35154

69. Присяжнюк, О. І. Особливості ідентифікації етапів росту сорго зернового. О.В. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2020. 28. 102 – 112.
70. Присяжнюк, О. І., Сторожик, Л. І., Завгородня, С. В. Екологічна пластичність сорго зернового. Новітні агротехнології. 2019. doi: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204818>
71. Рахметов, Д. Б., Кораблова, О. А., Стаднічук, Н. О., Андрущенко, О. Л., Ковтун-Водяницька, С. М., Ревунова, Л. Г., Бондарчук, О. П. Каталог рослин відділу нових культур. Київ: Фітісоціоцентр. 2015. doi: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.3.2020.214927>
72. Рожков, А. О., Пузік, В. К. Динаміка формування пігментних речовин у листках рослинної пшениці твердої ярої за дією різних варіантів ценотичного напруги між рослинами в посівах. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2013. 3. 7 – 12.
73. Рожков, А. О., Свиридова, Л. А. Вплив норми висіву, способів сівби та погодних умов вирощування на врожайність зерна гібридів сорго зернового. О.В. Селекція і насінництво. 2018. 112. 124 – 132.
74. Рожков, А. О., Свиридова, Л. А. Польова схожість насіння і виживання рослин сорго зернового залежно від впливу норми висіву та способу сівби. Вісник ХНАУ. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво: електрон. версія . 2017. 1. 99 – 109.
75. Рудник-Іващенко, О. І., Сторожик, Л. І. Стан і перспективи соргових культур в Україні. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2011. 10. 198 – 206.
76. Саблук, П. Т., Мазоренко, Д. І. та ін. Технології вирощування зернових і технічних культур в умовах Лісостепу України. 2-ге вид., доп. – Київ: ННЦ ІАЕ. 2008. 720 с.
77. Савченко, П. В., Кожушко, Н. С. Методи визначення площі листкової поверхні рослини картоплі. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2013. 11(26). 191 – 195.

78. Свиридова, Л. А. Вплив норми висіву насіння та способу сівби на мінливість біологічної урожайності зерна гібридів сорго зернового. О.В. ScienceRise. 2017. 9. 19 – 23.
79. Свиридова, Л. А., Рожков, А. О. Оцінка розвитку посівів сорго зернового за фенологічними спостереженнями. Вісник Полтавської державної аграрної академії 2017. 4. 18 – 23.
80. Семенова, І. Г. Просторово-часовий розподіл посух в Україні в умовах майбутньої зміни клімату. Фізична географія та геоморфологія. 2015. 1. 144 – 150.
81. Статистичний збірник «Рослинництво України» за 2021 рік. К.: Державна служба статистики України. 2021. 183 с. Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/07/Arch_ros1_zb.htm
82. Статистичні дані. Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
83. Сторожик, Л. І., Музика, О. В. Особливості формування продуктивності гібридів сорго цукрового залежно від впливу агротехнічних факторів: ширина міжряддя, густина посіву та обробки регулятором росту. Вивчення та охорона сортів рослин. 2019. 15(2). 171 – 181. doi: 10.21498/2518-1017.15.2.2019.173567.
84. Тараріко, Ю. О., Несмашна, О. Є., Глущенко, Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур. Методичні рекомендації. К.: Нора-прінт. 2001. 60.
85. Федорчук, М. І., Коковіхін, С. В., Каленська, С. М., Рахметов, Д. Б., Федорчук, В. Г., Філіпова, І. Н., Панфілова, А. В. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування еколого-безпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України. О.В. Херсон. 2017. 208.
86. Черенков, А. В., Черчель, В. Ю., Шевченко, М. С. Каталог сортів та гібридів Інституту сільського господарства степової зони НААН України: наук.-метод. реком. 2013. 104.
87. Черенков, А. В., Шевченко, М. С., Дзюбецький, Б. В. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти. Дніпропетровськ : Роял Принт. 2011. 64.
88. Чернова, А. В., Коваленко, О. А. Вплив норми висіву насіння на формування життєдіяльності рослин сортів сорго цукрового в умовах півдня України.

Вплив норм висіву насіння на формування густоти рослин сортів сорго цукрового в умовах півдня України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2017. 3 (95). 129 – 137.

89. Яланський, О. В., Остапенко, С. М., Серета, В. І. Перспективи впровадження високопродуктивних гібридів цукрового сорго у біоенергетику. Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. 2013. 19. 124 – 127.

90. Яланський, О. В., Самойленко, А. Т., Федоренко Е. М. Насіння соргових культур. Агробізнес сьогодні. 2014. 4. 32 – 41.

91. Яланський, О., Байса, І., Серета, В. Сьогодні в Україні є багато вітчизняних сортів та гібридів цукрового сорго. Зерно і хліб. 2012. 3. 60 – 61.

92. Abdulai, A. L., Kouressy, M., Vaksmann, M., Asch, F., Giese, M., Holger, B. Latitude and date of sowing influences phenology of photoperiod-sensitive sorghums. J. Agric. Crop Sci. 2012. 198. 340 – 348.

93. Abida, A., Mussarrat, F., Safdar, A., Ghulam, J., Rehana, A. Growth, yield and nutrients uptake of sorghum in response to integrated phosphorus and potassium management Pak. J. Bot. 2007. 39(4). 1083 – 1087.

94. Addy, S., Jr Niedziela, C. E., Reddy, M. P. Effect of nitrogen fertilization on stay-green and senescent sorghum hybrids in sand culture. J. Plant Nutr. 2010. 33. 185 – 199.

95. Adesoji, A. G., Ogunwole, J. O., Ojoko, E. A Growth performance of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) As influenced by legumes incorporation and nitrogen application in Sudan savanna of Nigeria. FUDMA Journal of Sciences (FJS) ISSN: 2616-1370. 2018. 2 (2). 203 – 211.

96. Adotey, R. E., Patrignani, A., Bergkamp, B., Kluitenberg, G., Prasad, P. V., Jagadish, S. V. K.. Water-deficit stress alters intra-panicle grain number in Sorghum. Crop Sci. 2021. 61. 2680 – 2695. doi: 10.1002/csc2.20532

97. Ajeigbe, H. A., Akinseye, F. M., Jonah J., Kunihya A. Sorghum yield and water use under Phosphorus fertilization applications in the Sudan savanna of Nigeria. Glo. Adv. Res. J. Agric. Sci. Global Advanced Research Journal of Agricultural Science. 2018. 7(8). 245 – 257.

98. Ajidahun, J. A., E. T. Sebetha. Sorghum Grain Quality as Influenced by Plant Density, Nitrogen Nutrition and Cultivar. *Indian Journal of Agricultural Research*. 2022. 56. 177 – 182. doi: 10.18805/IJARE.A-656
99. Akram, A., Fatima, M., Ali, S., Jilani, G., Asghar, R. Growth, yield and nutrients uptake of sorghum in response to integrated phosphorus and potassium management. *Pakistan Journal of Botany*. 2007. 39. 1083 – 1087.
100. Akwasi, A., Abunyewa, Richard, B., Ferguson, Charles, S. Wortmann & Stephen C. Mason. Grain sorghum nitrogen use as affected by planting practice and nitrogen rate *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 2017. 17(1). doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162017005000012>
101. Alemnaw, A., Legas, A., Misganaw, M., Mamo, M. Yield response of sorghum to timing of urea fertilizer application in Eastern Amhara Region, Ethiopia. *World Journal of Agricultural Science*. 2015. 11(3). 144 – 150. doi:10.5829/idosi.wjas.2015.11.3.94284
102. Allaby, R. Integrating the processes in the evolutionary system of domestication. *Journal of Experimental Botany*. 2010. 61. 935 – 944.
103. Allaby, R., Stevens, G., Chris Lucas, Leilani, M. O., Fuller, D. Q. Geographic mosaics and changing rates of cereal domestication. *Phil. Trans. R. Soc.* B37220160429. 2017. doi: <http://doi.org/10.1098/rstb.2016.0429>
104. Almodares, A., S. M. Mostafi Darany: Effects of plant-ing date and time of nitrogen application on yield and sugar content of sweet sorghum. *J. Environ. Biol.* 2006. 27. 601 – 605.
105. Almodares, A., Taheri, R., Adeli, S. Inter-relationship between growth analysis and carbohydrate contents of sweetsorghum cultivars and lines. *J. Environ. Biol.* 2007. 28. 527 – 531.
106. Alse, U. N., Bhutada, P. O., Mehtre, S. P. Effect of Time Nitrogen Fertilizer Application on Growth and Yield of Grain Sorghum. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 2019. 8(5). 987 – 992. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.805.115>

107. Amuyojegbe, B. J., Opabode, J. T., Olayinka, A. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Afr. J. Biotechnol.* 2007. 6. 1869 – 1873.
108. Andrade, F. H., Calvino, P., Cirilo, A., Baebieri, P. Yield responses to narrow row depend on increased radiation interception. *Agronomy Journal.* 2002. 94 (10). 113 – 118.
109. Andrews, M., Raven, J. A., Lea, P. J. Do plants need nitrate? The mechanisms by which nitrogen form affects plants. *Ann. Appl. Biol.* 2013. 163. 174 – 199. doi:10.1111/aab.12045
110. Arunakumari, H., Rekha, S. Plant density and nitrogen in sorghum. *International Journal of Science Natural.* 2016. 7(4). 702 – 706.
111. Ashiono, G. B., Gatuiku, S., Mwangi, P., Akuja, T. E. Effect of nitrogen and phosphorus application on growth and yield of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), E1291, in the dry highlands of Kenya. *Asian J. Plant Sci.* 2005. 4. 379 – 382.
112. Assefa, Y., Staggenborg, S. A. Grain Sorghum yield with hybrid advancement and changes in agronomic practices from 1957 through 2008. *Agron. J.* 2010. 102. 703 – 706. doi: 10.2134/agronj2009.0314
113. Assefa, Y., Staggenborg, S. A., Prasad V. P. Grain sorghum water requirement and responses to drought stress: A review. *Crop Manag.* 2010. 9. 1 – 11.
114. Aune, J. B., Doumbia, M., Berthe, A. Microfertilizing Sorghum and Pearl Millet in Mali: Agronomic, Economic and Social Feasibility. *Outlook on Agriculture.* 2007. 36(3). 199 – 203. doi:10.5367/000000007781891504
115. Awika, J. M., Rooney, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry.* 2004. 65. 1199 – 1221. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.04.001>
116. Azrag, A. A. D., Dagash, Y. M. I. Effect of sowing date and nitrogen rate on growth, yield components of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and nitrogen use efficiency, *Journal of Progressive Research in Biology (JPRB ISSN 2454 – 1672).* 2015.
117. Barbanti, L., M. Grigatti, C. Ciavatta: Nitrogen release from a (15)N-labeled compost in a sorghum growth experiment. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2011. 174. 240 – 248.

118. Barich, B. The introduction of Neolithic resources to North Africa: A discussion in light of the Holocene research between Egypt and Libya. *Quaternary International*. 2016. 410. 198 – 216.
119. Bayu, W., Getachew, A., Mamo, T. Response of sorghum to Nitrogen and Phosphorus Fertilization in Semi-Arid Environment in Welo, Ethiopia. *Acta Agronomica Hungarica*. 2002. 50(1). 53 – 65.
120. Bayu, W., Rethman, N. F. G., Hammes, P. S., Alemu, G.. Effects of farmyard manure and inorganic fertilizers on sorghum growth, yield, and nitrogen use in a semi-arid area of Ethiopia. *J. Plant Nutr. Front. Plant Sci*. 2006. 29. 391 – 407. doi: 10.3389/fpls.2021.643192
121. Beldados, A., Constantini L. Sorghum exploitation at Kassala and its environs, north eastern Sudan in the second and first millennium B.C. *Nyame Akuma*. 2011. 75. 33 – 39.
122. Beldados, A., Manzo A., Murphy C., Stevens C. J., Fuller D. Q. Evidence of sorghum cultivation and possible pearl millet in the second millennium BCE at Kassala, Eastern Sudan. 2018.
123. Berenguer, M. J., Faci, J. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. *European Journal of Agronomy*. 2001. 15. 43 – 55. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301\(01\)00095-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00095-8)
124. Berenji, J., Dahlberg, J. Perspectives of Sorghum in Europe. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2004. 190. 332 – 338. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2004.00102.x>
125. Bhunwal, V., Patel V. R., Bali, Bajrang, A. Effect of FYM, iron and zinc on growth, yield attributes and yield of fodder sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Progressive Research*. 2015. 10(4). 423 – 424.
126. Biswas, M., Rahman, A., Ahmed, F. Effect of variety and planting geometry on the growth and yield of hybrid maize. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 2014. 3(2). 27 – 32.

127. Bollam, S., Romana, K. K., Rayaprolu, L., Vemula, A., Das, R. R., Rathore, A. Nitrogen use efficiency in Sorghum: exploring native variability for traits un. 2021. 1.
128. Borrell, A. K., Hammer, G. L. Nitrogen dynamics and physiological basis of stay-green in sorghum. *Crop Sci.* 2000. 40. 1295 – 1307.
129. Borrell, A. K., Mullet, J. E., George-Jaeggli, B., Van Oosterom, E. J., Hammer G. L., Klein P. E., et al. Drought adaptation of stay-green sorghum is associated with canopy development, leaf anatomy, root growth, and water uptake. *J. Exp. Bot.* 2014. 65. 6251 – 6263. doi: 10.1093/jxb/eru232
130. Buah, S. S. J., Mwinkaara, S. Response of sorghum to nitrogen fertilizer and plant density in the guinea savanna zone. *Journal of Agronomy.* 2009. 8(4). 124 – 130. doi: 10.3923/ja.2009.124.130
131. Burow, G., Burke, J. J., Xin, Z., Franks, C. D. Genetic dissection of early-season cold tolerance in sorghum (*Sorghumbicolor* (L.) Moench). *Mol. Breeding.* 2011. 28. 391 – 402.
132. Caliskan, S., Aslan, M., Uremis I., Caliskan M. E. The effect of row spacing on yield and yield component of full season and double cropped soybean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry.* 2007. 31. 147 – 154.
133. Carmi, A., Aharoni, Y., Edelstein, M., Umiel, N., Hagiladi, A., Yosef, E., Nikbachat, M., Zenou, A., Miron, J. Effects of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new forage sorghum variety, Tal, at two maturity stages. *Animal Feed Science and Technology.* 2006. 131. 120 – 132.
134. Cechin, I. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence in two hybrids of sorghum under different nitrogen and water regimes. *Photosynthetica.* 2004. 35. 233 – 240.
135. Chilawal, A., Bheemanahalli, R., Perumal R., Asebedo, A. R., Bashir, E., Lamsal, A., et al. Integrated aerial and destructive phenotyping differentiates chilling stress tolerance during early seedling growth in sorghum. *Field Crops Res.* 2018. 227. 1 – 10. doi: 10.1016/j.fcr.2018.07.011
136. Choudhary, S. K., Mathur, A. K., Singh P. Effect of micronutrient fertilization and methods of application on yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor*) in subhumid southern plains zone. *Research on Crops.* 2015. 16 (1). 59 – 63.

137. Christopher, E. R., Nilda, R. B., Vijay S. & Larry. Earnest Evaluation of sweet sorghum planting density and minimal nitrogen input, under irrigated and non-irrigated conditions, for bioethanol feedstock production, *Biofuels*. 2020. 11(5). 577 – 586. doi: 10.1080/17597269.2017.1378992
138. Ciacci, C., Maiuri, L., Caporaso, N., Bucci, C., Giudice L. D., Massardo D. R., Pontieri P., Fonzo N. D., Bean S. R., Ioerger B., Londei M. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*. 2007. 65. 1199 – 1221.
139. Clark, J., Stemler, A. Early domestication of sorghum from Central Sudan. *Nature*, 1975. 254. 588 – 591.
140. Conley, S. P., Stevens, W. G., Dunn D. D. Grain sorghum response to row spacing, plant density, and planter skips. *Crop Management*. 2005.
141. Curtis, B. Adams, J., Erickson E., Maninder P. Singh. Investigation and synthesis of sweet sorghum crop responses to nitrogen and potassium fertilization. *Field Crops Research*. 2015. 178. 1 – 7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.03.014>
142. De Wet, J. M. J., Huckabay, J. P. The origin of *Sorghum bicolor*. II. Distribution and domestication. *Evolution*. 1967. 21(4). 787 – 802. doi: 10.1111/j.1558-5646.1967.tb03434.
143. Degu, E., Debelo, A., Belete, K. Combining ability study for grain yield and yield-related traits of grain sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) in Ethiopia. *ActaAgronomical Hungarica*. 2009. 57(2). 175 – 184.
144. Dembele, J. S. B., Gano, B., Vaksmann, M., Kouressy, M., Dembele, L. L., Doumbia, M., Teme, N., Diouf, D., Audebert, A. Response of eight sorghum varieties to plant density and nitrogen fertilization in the Sudano-Sahelian zone in Mali. *African Journal of Agricultural Research*. 2020. 16(10). 1401 – 1410. doi: 10.5897/AJAR2020.15025
145. Dembele, J., Gano, B., Kouressy, M., Dembele, L., Doumbia, M., Ganyo K., et al. Plant density and nitrogen fertilization optimization on sorghum grain yield in Mali. *Agron. J*. 2021. 113. 4705 – 4720. doi: 10.1002/agj2.20850
146. Desta, G., Amede, T., Gashaw, T., Legesse, G., Agegnehu, G., Mekonnen, K., Whitbread, A. Sorghum yield response to NPKS and NPZn nutrients along sorghum-

growing landscapes. *Experimental Agriculture*. 2022. 58. 10.
doi:10.1017/S0014479722000072

147. Diallo, S. Effect of Genotypes and Nitrogen on Grain Quality of Sorghum. M.Sc. thesis. Manhattan, KS: Kansas State University. 2012.

148. Diarisso, T., Corbeels, M., Andrieu N., Djamen P., Douzet J. M. and Tifton P. Soil variability and crop yield gaps in two village landscapes of Burkina Faso. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2016. 105. 199 – 216. <https://doi.org/10.1007/s10705-015-9705z>

149. Dillon, S. L., Shapter, F. M., Henry, R. J., Cordeiro, G., Izquierdo, L., Lee L. S. Domestication to crop improvement: genetic resources for sorghum and saccharum (Andropogoneae). *Ann Bot*. 2007. 100(5). 975 – 989.

150. Djanaguiraman, M., Perumal, R., Jagadish, S. V. K., Ciampitti, I. A., Welti R., Prasad P. V. V. Sensitivity of sorghum pollen and pistil to high-temperature stress. *Plant Cell Environ*. 2018. 41(5). 1065 – 1082. doi: 10.1111/pce.13089

151. Dovale, J. C., Delima, R. O., Fritsche-Neto, R. Breeding for nitrogen use efficiency, in *Plant Breeding for Abiotic Stress Tolerance*, eds R. Fritsche-Neto and A. Borem (Berlin: Springer). 2012. 53 – 65.

152. Ercoli, L., Mariotti, M., Masoni, A., Arduini, I. Growth responses of sorghum plants to chilling temperature and duration of exposure. *Eur. J. Agron*. 2004. 2. 93 – 103.

153. Fromme, D. D., Fernandez, C. J., Grichar, W. J., R. L. Jahn, Grain sorghum response to hybrid, row spacing, and plant populations along the upper Texas Gulf Coast, *International Journal of Agronomy*. 2012. 5.

154. Fuller, D. Q. African crops in prehistoric South Asia: A critical review. In K. Neumann, A. Butler, S. Kahlheber (Eds.), *Food, fuel, and fields: Progress in African archaeobotany*. Cologne: Heinrich–Barth Institut. 2003. 239 – 271.

155. Fuller, D. Q. Contrasting patterns in crop domestication and domestication rates: Recent archaeobotanical insights from the Old World. *Annals of Botany*. 2007. 100. 903 – 924.

156. Fuller, D. Q. Earliest sorghum in Sudan. Accessed from February. 2013. doi:<http://archaeobotanist.blogspot.co.uk>

157. Fuller, D. Q., Qin, L., Zheng, Y., Zhao, Z., Chen, X., Hosoya, L., Sun, G. The domestication process and domestication rate in rice: Spikelet bases from the Lower Yangtze. *Science*. 2009. 323. 1607 – 1610.
158. Fuller, D. Q., Stevens, C., Lucas, L., Murphy, C., & Qin, L. Entanglements and entrapment on the pathway toward domestication. In L. Der, F. Fernadini (Eds.), *Archaeology of entanglement*. Walnut Creek: Left Coast Press. 2016. 151 – 172.
159. Ganyo, K. K, Muller, B., Ndiaye, M., Gaglo, E. K., Guissé, A., Adam, M. Defining Fertilization Strategies for Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Production Under Sudano-Sahelian Conditions: Options for Late Basal Fertilizer Application *Agronomy*. 2019. 9(11). 697. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy9110697>
160. Gao, F. C., Yan, H.-D., Gao, Y., Huang, Y., Li, M., Song, G.-L., Ren, Y.M., Li, J.H., Jiang, Y.X., Tang, Y. J., Wang, Y.X., Liu, T., Fan, G., Wang, Z.G., Guo, R.F., Meng, F. H., Han, F. X. Jiao, S. J. & Li, G. J. Interpretation of genotype-environment-sowing date/plant density interaction in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in early mature regions of China, *Frontiers in Plant Science*. 2022. 13. doi:10.3389/fpls.2022.1008198
161. Garber, E. D. Cytotaxonomic studies in the genus *Sorghum*. Berkeley: University of California Press. University of California publications in botany. 1950. 23(6). 361.
162. Geberemaria, G., Assefa, D. Nitrogen fertilization effect on grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield, yield components and witchweed infestation in Northern Ethiopia. *International Journal of Agricultural Research*. 2015. 10(1). 14 – 23. doi: 10.3923/ijar.2015.14.23
163. Getinet, H., Atinafu, O. Effect of Phosphorus Fertilizer rates on Grain yield and Yield components of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) at Kersa District, Jimma Zone, and South western Ethiopia. *J of Aquac Fisheries* 6: 049. 2022.
164. Gill, P. K., Sharma, A. D., Singh, P., Bhullar, S. S. Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds under various abiotic stresses. *Plant Growth Regul.* 2003. 40. 157 – 162.
165. Gleadow, R. M., Ottman, M. J., Kimball, B. A., Wall, G. W., Pinter, P. J., LaMorte, R. L., et al. Drought-induced changes in nitrogen partitioning between cyanide

and nitrate in leaves and stems of sorghum grown at elevated CO₂ are age dependent. *Field Crops Res.* 2016. 185. 97 – 102. doi: 10.1016/j.fcr.2015.10.010

166. Gondal, M., Hussain, A., Yasin, S., Musa, M., Rehman, H. Effect of seed rate and row spacing on grain yield of sorghum. *SAARC Journal of Agriculture.* 2018. 15(2). 81 – 91. doi: <https://doi.org/10.3329/sja.v15i2.35154>

167. Gueye, T., Sine, B., Cisse, N., Diatta, C., Ndiaye, S. Characterization of Phenotypic Diversity of Sorghum Collection for Developing Breeding Material. *Int. J. Sci.* 2016. 5. 38 – 48.

168. Hailu, G., Kedir, M. Effect of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Rates on Yield and Yield Components Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) at Kersa Woreda of Oromia Region *International Journal of Bioorganic Chemistry.* 2022. 7(1). 23 – 29. doi: 10.11648/j.ijbc.20220701.14de wet

169. Harlan, J. R., de Wet, J. M. J. A simplified classification of cultivated sorghum. *Crop Science.* 1972. 12(2). 172 – 176. doi: 10.2135/cropsci1972.0011183X001200020005x

170. Harlan, R. J., de Wet, J. M. J., Price, E. Comparative evolution of cereals. *Evolution.* 1973. 27(2). 311 – 325.

171. Harris, D. R., Fuller, D. Q. Agriculture: Definition and overview. In C. Smith (Ed.), *Encyclopedia of global archaeology.* New York: Springer. 2014. 104 – 113.

172. Henley, E. C, Dahlberg, J. Sorghum: An Ancient Grain with Present-Day Benefits. *Food technology.* 2012. 66. 19 – 19.

173. Henley, E. C., Taylor, J. R. N., Obukosia, S. The importance of dietary protein in human health: Combating protein deficiency in Sub-Saharan Africa through transgenic biofortified sorghum. *Adv in Food and Nutr Res.* 2010. 60. 21 – 52.

174. Hirel, B., Tétu, T., Lea, P. J., Dubois, F. Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. *Sustainability.* 2011. 3. 1452 – 1485.

175. Issa P. Effect of fertilizer and micronutrient foliar application on sorghum yield. *Annals of Biological Research.* 2012. 3. 3998 – 40001.

176. Jones, O. R., Johnson G. L. Row width and plant density effects on Texas High Plains sorghum, *Journal Production Agriculture.* 1991. 4. 613 – 621.

177. Jozsa, L. AZ NK 101 szemescirok hibrid energia – takarekas technologia /.Lehet– osegei a dabonatermesteben. 1980. 44 – 48.
178. Kahlheber, S., Neumann, K. The development of plant cultivation in semiarid West Africa. In T. Denham, J. Iriarte, & L. Vrydaghs (Eds.), *Rethinking agriculture: Archaeological and ethnoarchaeological perspectives*. Walnut Creek: Left Coast Press. 2007. 320 – 345.
179. Kapanigowda, M. H., Perumal, R., Djanaguiraman, M., Aiken, R. M., Tesso, T., Prasad, P. V. V. and Little, C. R. Genotypic variation in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] exotic germplasm collections for drought and disease tolerance. *Springer Plus*. 2013. 2. 2 – 13.
180. Kaufman, R. C., Wilson, J. D., Bean, S. R., Presley, D. R., Blanco-Canqui, H., Mikha, M. Effect of nitrogen fertilization and cover cropping systems on sorghum grain characteristics. *J. Agric. Food Chem.* 2013. 61. 5715 – 5719. doi: 10.1021/jf401179n
181. Kaye, N. M., Mason, S. C., Jackson, D. S., Galusha, T. D. Crop rotation and soil amendment alters sorghum grain quality. *Crop Sci.* 2007. 47. 722 – 729. doi: 10.2135/cropsci2006.05.0346
182. Kebrom, T. H. A growing stem inhibits bud outgrowth – the overlooked theory of apical dominance. *Front. Plant Sci.* 2017. 8. 1874. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01874>
183. Kebrom, T. H., Mullet, J. E. Transcriptome profiling of tiller buds provides new insights into PhyB regulation of tillering and indeterminate growth in sorghum. *Plant Physiol.* 2016. 170. 2232 – 2250. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.16.00014>
184. Khalid, M., Ijaz, A., Muhammad, A. Effect of nitrogen and phosphorus on the fodder yield and quality of two Sorghum varieties (*Sorghum bicolor* L.). *Int. J. Agri.. Biol.* 2003. 5(1). 61 – 63.
185. Khorasgani, M. N., H. Shariatmadari, B. Atarodi: Interrelation of inorganic phosphorus fractions and sorghum available phosphorus in calcareous soils of Southern Khora-san. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2009. 40. 2460 – 2473.
186. Khosla, R., Alley, M. M., Davis, P. H. Nitrogen management in notillage grain sorghum production: I. Rate and time of application. *Agron. J.* 2000. 92. 321 – 328.

187. Kovac, G. P., Gyuricza, C. The impact of different tillage systems and nutrient levels on the biomass and Brix values of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *African Journal of Agricultural Research*. 2012. 7 (26). 3800 – 3805. doi: 10.5897/AJAR12.448
188. Kuffner, V. Düngeerem of ehlungen aut dem Pruftand. *DLS-landechn Z*. 1985. 36(5). 750 – 754.
189. Lafarge, T. A., Hammer, G. L. Predicting plant leaf area production: shoot assimilate accumulation and partitioning, and leaf area ratio, are stable for a wide range of sorghum population densities *Field Crops Research*. 2002. 77(2 – 3). 137 – 151.
190. Legesse, H., Gobeze, L. Growth and grain yield response of sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) varieties to moisture conservation practices and NP Fertilizer at moisture stress area of Amaro, Southern Ethiopia. *Ashese Journal of Agricultural Science*. 2015. 1. 001 – 005.
191. Legwaila, G. M., Balole, T. V., Karikari, S. K. Review of sweet sorghum: A potential cash and forage crop in Botswana. *J. Agric*. 2003. 12. 5 – 14.
192. Li, Y., Cui, Z., Ni, Y., Zheng, M., Yang, D., Jin, M. Plant density effect on grain number and weight of two winter wheat cultivars at different spikelet and grain positions. *PLOS ONE*. 2016. 11(5). 1 – 15.
193. Liu H. Optimal nitrogen input for higher efficiency and lower environmental impacts of winter wheat production in China *Agric. Ecosyst. Environ*. 2016.
194. Liu, R., Pan, Y., Bao, H., Liang, S., Jiang, Y., Tu, H., Nong, J., Huang, W. Variations in soil physico-chemical properties along slope position gradient in secondary vegetation of the hilly region, Guilin, southwest China. *Sustainability*. 2020. 12. 1303. doi: <https://doi.org/10.3390/su12041303>
195. Ludlow, M. M., Santamaria, J. M., Fukai, S. Contribution of osmotic adjustment to grain yield of *Sorghum bicolor* (L.) Moench under water-limited conditions. II. Post-anthesis water stress. *Aust. J. Agric. Res*. 1990. 41. 67 – 78.
196. Madella, M., García-Granero, J., Out, W., Ryan, P., Usai, D. Microbotanical evidence of domestic cereals in Africa 7000 years ago. *PLoS One*. 2014. 9(10). 110177.

197. Mahama, G. Y., Vara Prasad, P. V., Mengel, D. B., Tesso, T. T. Influence of nitrogen fertilizer on growth and yield of grain sorghum hybrids and inbred lines. *Agron. J.* 2014. 106. 1623 – 1630. doi: 10.2134/agronj14.0092
198. Marsalis, M. A., Angadi, S. V., Contreras-Govea, F. E. Dry matter yield and nutritive value of corn, forage sorghum, and BMR forage sorghum at different plant populations and nitrogen rates. *Field Crops Research.* 2010. 116(1). 52 – 57.
199. Masebo, N., Menamo, M. The effect of application of different rate of N-P Fertilizers rate on yield and yield components of sorghum (*Sorghum Bicolor*): Case of Derashe Woreda, Snnpr, Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research.* 2016. 6. 88 – 94.
200. Mayaki, W. C., L. R. Stone, I. D. Teare: Irrigated and non irrigated soybean, corn and grain sorghum roots systems. *Agron. J.* 1976. 68. 532 – 534.
201. McHenry, B. M. Balanced nutrition and crop production practices for the study of grain sorghum nutrient partitioning and closing yield gaps. M.Sc. thesis. Manhattan, KS: Kansas State University. 2016.
202. Mekasha, A., Min, D., Bascom, N., Vipham, J. Seeding rate effects on forage productivity and nutritive value of sorghum. *Agronomy Journal.* 2021. 9. 1 – 15. doi: 10.1002/agj2.20856.
203. Melaku, N. D., Bayu, W., Ziadat, F., Strohmeier, S., Zucca, C., Tefera, M. L., Ayalew, B., Klik, A. Effect of nitrogen fertilizer rate and timing on sorghum productivity in Ethiopian highland Vertisols, *Archives of Agronomy and Soil Science.* 2017. 64(4). 480 – 491. doi: 10.1080/03650340.2017.1362558
204. Mercuri, A. M., Hohn, A., D'Andrea A. C. *Plants and people, Progress in African archaeobotany.* New York: Springer. 2017.
205. Mercuri, A. M., Fornaciari, R., Gallinaro, M., Vanin, S., di Lernia, S. Plant behaviour from human imprints and the cultivation of wild cereals in Holocene Sahara. *Nature Plants.* 2018. 4(2). 71 – 81.
206. Meyer, R., Purugganan, M. Evolution of crop species: genetics of domestication and diversification. *Nat Rev Genet.* 2013. 14. 840 – 852. doi: <https://doi.org/10.1038/nrg3605yang>

207. Mikami, Y., Saito, A., Miwa, E., Higuchi, K. Allocation of Fe and ferric chelate reductase activities in mesophyll cells of barley and sorghum under Fe-deficient conditions. *Plant Physiol. Biochem.* 2011. 49. 513 – 519.
208. Moosavi, S. G., Seghatoleslami, J. M., Arefi, R. Effect of N fertilization and plant density on yield and yield components of grain sorghum under climatic conditions. *Scientia Agriculturae.* 2013. 3(1). 1 – 8.
209. Mundia, C. W., Secchi, S., Akamani, K., Wang, G. A. Regional comparison of factors affecting global sorghum production: The Case of North America, Asia and Africa's Sahel. *Sustainability.* 2019. 11. 2135. doi: <https://doi.org/10.3390/su1107213521>
210. Muraya, M. M. Sorghum genetic diversity. In: *Genetics, Genomics and Breeding of Sorghum*; Wang, Y.-H., Upadhyaya, H. D., Kole, C., Eds.; CRC Press Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA. 2014. 114 – 140.
211. Murphy, R., Klein, R. R., Morishige, D. T., Brady, J. A., Rooney, W. L., Miller, F. R., Dugas, D. V., Klein, P. E., Mullet, J. E. Coincident light and clock regulation of pseudoresponse regulator protein 37 (PRR37) controls photoperiodic flowering in sorghum. *Proc Natl Acad Sci USA,* 2011. 108. 69 – 74. doi: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1106212108>
212. Murthy, Dakshina K. M., Rao A., Upendra Effect of organically bound micronutrients on growth and yield of rice. *Journal of Eco-friendlily Agriculture.* 2006. 3. 86 – 87.
213. Myers , R. J. K., Foale M. A. Row spacing and population density in grain sorghum – a simple analysis. *Field Crops Res.* 1981. 4. 147 – 154.
214. Ndiaye, M., Adam, M., Muller, B., Guissé, A., Cissé, N. Performances agronomiques et stabilité phénotypique de géotypes de Sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) au Sénégal : Une étude des interactions géotypes-environnement. *J. Appl. Biosci.* 2018. 125. 12617 – 12629.
215. Nguyen, Chuc & Singh, Vijaya & Oosterom, Erik & Chapman, Scott & Jordan, David & Hammer, G. Genetic variability in high temperature effects on seed-set in sorghum. *Functional Plant Biology.* 2013. 40. 439.

216. Ohadi, S., Hodnett, G., Rooney, W., Bagavathiannan, M. Gene flow and its consequences in Sorghum spp. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2017. 36. 367 – 385. doi: <https://doi.org/10.1080/07352689.2018.1446813>

217. Oliveira Neto, C. F., Lobato, A. K. S., Goncalves-Vidigal, M. C., Costa, R. C. L., Santos Filho, B. G., Alves, G. A. F., Maia, W. J. M. S., Cruz, F. J. R., Neves, H. K. B., Lopez, M. J. S. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. *J. Food Agric. Environ.* 2009. 7. 588 – 593.

218. Ortiz, D., Hu, J., Salas Fernandez, M. G. Genetic architecture of photosynthesis in Sorghum bicolor under non-stress and cold stress conditions. *J. Exp. Bot.* 2017. 68. 4545 – 4557. doi: 10.1186/s12870-015-0477-6

219. Ostmeyer, T. J., Bahuguna, R. N., Kirkham, M. B., Bean, S., Jagadish, S. V. Krishna enhancing sorghum yield through efficient use of nitrogen – challenges and opportunities. *Frontiers in Plant Science.* 2022. 13.

220. Oyier, M. O., Owuoche, J.O., Oyoo, M. E., Cheruiyot, E., Mulianga, B., Rono, J. Effect of harvesting stage on sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes in Western Kenya. *The Scientific World Journal*, Article ID 8249532. 2017. 10. doi: 10.1155/2017/8249532

221. Patan`e, C., Saita, A., Sortino, O. Comparative effects of salt and water stress on seed germination and early embryo growth in two cultivars of sweet sorghum. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 2013. 199(1). 30 – 37.

222. Paterson, A. H. Genomics of sorghum. *Int. J. Plant Genomics.* 2008. doi: 10.1155/2008/36245

223. Paterson, A., Bowers, J., Bruggmann, R., Rokhsar, D. S. The Sorghum bicolor genome and the diversification of grasses. *Nature.* 2009. 457. 551 – 556. doi: <https://doi.org/10.1038/nature07723>

224. Pavli, O. I., Ghikas, D. V., Katsiotis, A., Skaracis, G. N. Differential expression of heat shock protein genes in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes under heat stress. *Austr.J. Crop Sci.* 2011. 5. 511 – 515.

225. Pholsen, S., Sormsungnoen, N. Effects of nitrogen and potassium rates and planting distances on growth, yield and fodder quality of a forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2005. 7. 1793 – 1800.

226. Prasad, P. V. Vara & Boote, Kenneth & Allen, Leon. Adverse high temperature effects on pollen viability, seed-set, seed yield and harvest index of grain-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] are more severe at elevated carbon dioxide due to higher tissue temperatures. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2006. 139. 237 – 251. doi: 10.1016/j.agrformet.2006.07.003.

227. Prasad, P. V. Vara & Maduraimuthu, Djanaguiraman & Jagadish, Krishna & Ciampitti, Ignacio. Drought and High Temperature Stress and Traits Associated with Tolerance. 2019. doi: 10.2134/agronmonogr58.c11.

228. Prasad, P. V. Vara & Maduraimuthu, Djanaguiraman & Perumal, Ramasamy & Ciampitti, Ignacio. Impact of high temperature stress on floret fertility and individual grain weight of grain sorghum: Sensitive stages and thresholds for temperature and duration. *Frontiers in Plant Science*. 2015. 6. 820. doi:10.3389/fpls.2015.00820.

229. Prasad, P. V. Vara & Pisipati, S. & Mutava, Raymond & Tuinstra, M. Sensitivity of Grain Sorghum to High Temperature Stress during Reproductive Development. *Crop Science*. 2008. 48. 1911 – 1917. doi: 10.2135/cropsci2008.01.0036.

230. Qi, G., Li, N., Sun, X. S., Wang, D., Ciampitti, I., Prasad, V. “Overview of Sorghum industrial utilization,” in *Sorghum: A State of the Art and Future Perspectives*, eds I. Ciampitti and V. Prasad (Madison WI: American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Inc.). 2016. 463 – 476. doi: 10.2134/agronmonogr58.c21

231. Ramadan, B. S. H. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on growth, yield and quality of sweet sorghum *Proc. 10 Conf. Agron. Suez Canal Univ. Fac. Environ. Agric. Sci. EL-Arish, Egypt*. 2003.

232. Rao, S. S., Seetharama, N., Kiran Kumar, K. A., Vanderlip, R. L. Characterization of sorghum growth stages. *NRCS Bulletin Series, 14. National Research Centre for Sorghum, Rajendranagar, Hyderabad 500 030, (AP), India*. 2004. 20.

233. Rashid, A., Khan, R. U., Ullah, H. Influence of nitrogen levels and application methods on yield and quality of Sorghum. *Pedosphere*. 2008. 18. 236 – 241. doi: 10.1016/s1002-0160(08)60012-0
234. Ripley, B. S., Redfern, S. P., Dames, J. Quantification of the photosynthetic performance of phosphorus-deficient Sorghum by means of chlorophyll-a fluorescence. *S. Afr. J. Sci.* 2004. 100. 615 – 618.
235. Rivai, R. R., Miyamoto, T., Awano, T. et al. Nitrogen deficiency results in changes to cell wall composition of sorghum seedlings. *Sci Rep.* 2021. 11. 23309. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02570-y>
236. Rooney, L. W., Waniska, R. D. Sorghum food and industrial utilization. In: C. W. Smith, and R. A. Frederiksen (eds), *Sorghum: Origin, History, Technology, and Production*, John Wiley & Sons Inc., New York. 2000. 689 – 729. doi: <https://doi.org/10.1080/17429140701722770>
237. Rowley-Conwy, P. A., Deakin, W. J., Shaw, C. H. Ancient DNA from archaeological sorghum (*Sorghum bicolor*) from Qasr Ibrim, Nubia: implications for domestication and evolution and a review of archaeological evidence. *Sahara*. 1997. 9. 23 – 36.
238. Roy, P. R. S., Khandaker, Z. H. Effect of phosphorus fertilizer on yield and nutritional values of sorghum (*Sorghum bicolor*) fodder at three cuttings. *Bangladesh Journal of Animal Science*. 2010. 39(1-2). 106 – 115.
239. Sallah, P. Y. K., Mukakalisa, S., Nyombayire, A., Mutanyagwa, P. Response of two maize varieties to density and nitrogen fertilizer in the highland zone of Rwanda. *Journal of Applied Biosciences*. 2009. 20. 1194.
240. Salvatore, L. C., Mantineo, M., Testa, G. Water and nitrogen balance of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* Moench (L) cv. Keller under semi-arid conditions. *Industrial Crops and Products*. 2012. 36. 329 – 342.
241. Samarendra, B., Pradip, R., Satakshi, B. Effect of fertilizer nitrogen & potassium on difference cultivars of sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in north-24-parganas, west Bengal. *International Journal of Applied Agricultural Research*. 2017. 12(2). 199 – 210.

242. Samuel, S., Jeduah, B., James, M., Kombiok, L., Abatania, N. Grain Sorghum Response to NPK Fertilizer in the Guinea Savanna of Ghana, *Journal of Crop Improvement*, 2012. 26(1). 101 – 115. doi: 10.1080/15427528.2011.616625
243. Sana, Q. H., Ali, K. H. Effect of Plant Densities on Some Growth Traits of Varieties of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench). *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. 2021. 4455 – 4463. doi: www.annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/1941
244. Sebnie, W., Mengesha, M. Response of nitrogen and phosphorus fertilizer rate for sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) production in Wag-Lasta area of Ethiopia. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 2018. 3. 180 – 186.
245. Sekoli, M., Morojele, M. Sorghum productivity trends and growth rate for Lesotho. *Glob. J. Agric. Res.* 2016. 4. 52 – 57.
246. Sher, A., Ansar, M., Ijaz, M., Sattar, A. Proximate analysis of forage sorghum cultivars with different doses of nitrogen and seed rate. *Turkish Journal of Field Crops*. 2016. 21(2). 276 – 285. doi: <https://doi.org/10.17557/tjfc.60032>
247. Shibeshi, M. H., Gedamu, M. T., Fiseha, A. M. The Effects of Nitrogen Rates on Yield, and Yield Components of Improved Sorghum Varieties in the lower watersheds of Habru District, Northern Ethiopia. *Abyssinia Journal of Science and Technology*. 2022. 7(1). 46 – 53. doi: <https://abjol.org.et/index.php/ajst/article/view/452>
248. Shrestha, A., Cox, R., Wu, Y., Robles, O., Larocca de Souza, L., Wright, S. & Dahlberg, J. Moisture and Salt Tolerance of a Forage and Grain Sorghum Hybrid during Germination and Establishment. *Journal of Crop Improvement*. 2016. 30(6). doi: 10.1080/15427528.2016.1219895
249. Silva, J. M. F. D., Dutra, A. S., Camara, F. T. D. a, Pinto, A. A., Silva, F. E. D. a. Row spacing, plant density, sowing and harvest times for sweet sorghum. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2017. 47. 408 – 415. doi: 10.1590/1983-40632017v474858
250. Smith, O., Nicholson, W. V., Kistler, L. A domestication history of dynamic adaptation and genomic deterioration in Sorghum. *Nat. Plants*. 2019. 5. 369 – 379. doi: <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0397-9>

251. Snider, J. L., Raper, R. L., Schwab, E. B. The effect of row spacing and seed rate on biomass production and plant stand characteristics of non-irrigated photoperiodsensitive sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Industrial Crops and Products*. 2012. 37. 527 – 535.
252. Snowden, J. D. *Cultivated races of sorghum*. London: Adlard and Sons. 1936.
253. Soleymani, A., Shahrajabian, M. H., Naranjani, L. The effect of plant density and nitrogen fertilization on yield, yield components and grain protein of grain sorghum. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2011. 9(3-4). 244 – 246.
254. Sonobe, K., Hattori, T., An, P., Tsuji, W., Eneji, E., Tanaka, K., Inanaga, S. Diurnal variations in photosynthesis, stomatal conductance and leaf water relation in sorghum grown with or without silicon under water stress. *J. Plant Nutr.* 32. 2009. 433 – 442.
255. Sonobe, K., T. Hattori, P. An, W. Tsuji, E. Eneji, S. Kobayashi, Y. Kawamura, K. Tanaka, S. Inanaga Effect of silicon application on sorghum root responses to water stress. *J. Plant Nutr.* 34. 2010. 71 – 82.
256. Sowiński, J., Głąb, L. The effect of nitrogen fertilization management on yield and nitrate contents in sorghum biomass and bagasse. *Field Crops Research*. 2018. 227. 132 – 143. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.08.006>.
257. Stamm, P., Kumar, P. P. The phytohormone signal network regulating elongation growth during shade avoidance. *J. Exp. Bot.* 2010. 61. 2889 – 2903.
258. Stapf, O. Gramineae, sorghum. In: D. Pral (ed.). *Flora of Tropical Africa*. London. 1934. 9. 104 – 154.
259. Stevens, C., Fuller, D. Q. The spread of agriculture in Eastern Asia: Archaeological bases for hypothetical farmer/language dispersals. *Language Dynamics and Change*. 2017. 7. doi: <https://doi.org/10.1163/22105832-00702001>.
260. Sujathamma, P., Kavitha, K., Suneetha, V. Response of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars to different fertilizer levels under rainfed condition. *International Journal of Agricultural Sciences*. 2015. 5 (1). 381 – 385.
261. Sunoj, V. S. J., Somayanda, I. M., Chilawal, A., Perumal, R., Prasad, P. V. V., Jagadish, S. V. K. Resilience of pollen and post-flowering response in diverse sorghum

genotypes exposed to heat stress under field conditions. *Crop Sci.* 2017. 57. 1658 – 1669. doi: 10.2135/cropsci2016.08.0706

262. Surwenshi, A., Chimmad, V. P., Jalageri, B. R., Kumar, V., Ganapathi, M., Nakul, H. T. Characterization of sor-ghum genotypes for physiological parameters and yield under receding soil moisture conditions. *Res. J. Agric. Sci.* 2010. 1. 242 – 244.

263. Tamene, L., Abera, W., Bendito, E., Erkossa, T., Tariku, M., Sewnet, H., Tesfaye, K. Data-driven similar response units for agricultural technology targeting: An example from Ethiopia. *Experimental Agriculture.* 2022. 58. 27. doi: 10.1017/S0014479722000126

264. Tamene, L., Amede, T., Kihara, J., Tibebe, D., Schulz, S. A review of soil fertility management and crop response to fertilizer application in Ethiopia. Towards Development of Site- and Context-Specific Fertilizer Recommendation. Addis Ababa: CIAT. 2017.

265. Tang, C. Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land *Field Crop. Res.* 2018.

266. Tang, C., Sun, C., Du, F. Effect of Plant Density on Sweet and Biomass Sorghum Production on Semiarid Marginal Land. *Sugar Tech.* 2018. 20. 312 – 322. doi: 10.1007/s12355-017-0553-3

267. Tari, I., Laskay, G., Takacs, Z., Poor, P. Response of sorghum to abiotic stresses: A review. *J. Agron. Crop. Sci.* 2013. 199. 264 – 274. doi: <https://doi.org/10.1111/jac.12017>

268. Teetor, V. H., Duclos, D. V., Wittenberg, E. T., Young, K. M., Chawhuaymak, J., Riley, M. R., Ray, D. T. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Ind. Crops Prod.* 2011. 34. 1293 – 1300.

269. Temeche, D., Getachew, E., Hailu, G. Effects of nitrogen fertilizer quantity and time of application on sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) production in lowland areas of North Shewa, Ethiopia *International Journal of Agronomy.* 2021. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/3019528>

270. Tesfaye, K. Genetic diversity study of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moenc) genotypes, Ethiopia. *Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment*. 2017. 9(1). 44 – 54. doi: 10.1515/ausae-2017-0004

271. Thandiwe, N., Rickertsen, J. Seeding rate and variety effects on yield, yield components, and economic return of field pea in the Northern Great Plains. *Crop Management*. 2011. 10. 1.

272. Thomison, P. R., Jordan, D. M. Plant population effects on corn hybrids differing in ear growth habit and prolificacy. *Journal of Production Agriculture*. 1995. 8. 394 – 400. doi: 10.2134/jpa1995.0394

273. Tiftonnell P. Ecological intensification of agriculture – sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2014. 8. 53 – 61. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2014.08.006>.

274. Turgut, I., Bilgili, U., Duman, A., Acikgoz, E. Production of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) increases with increased plant densities and nitrogen fertilizer levels. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*. 2005. 55(3). 236 – 240. doi:10.1080/09064710510029051

275. van Oosterom, E. J., Borrell, A. K., Chapman, S. C., Broad, I. J., Hammer, G. L. Functional dynamics of the nitrogen balance of sorghum: I. N demand of vegetative plant parts. *Field Crops Res*. 2010. 115. 19 – 28.

276. Wang, Y. Identification and expression analysis of *Sorghum bicolor* gibberellin oxidase genes with varied gibberellin levels involved in regulation of stem biomass. *Ind. Crops Prod*. 2020. 145. 111951.

277. Widdicombe, W. D., Thelen, K. D. Row Width and Plant Density Effects on Corn Grain Production in the Northern Corn Belt. *Agronomy Journal*. 2002. 94. 1020 – 1023. doi: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2002.1020paterson>

278. Wiersema, J. H., Dahlberg, J. The nomenclature of *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Gramineae). *Taxon*. 2007. 56(3). 941 – 946. doi: 10.2307/25065876

279. Winchell, F., Stevens, C., Murphy, C., Champion, L., Fuller, D. Q. Evidence for sorghum domestication in Fourth Millennium BC eastern Sudan: Spikelet morphology

from ceramic impressions of the Butana Group. *Current Anthropology*. 2017. 58(5). doi: <https://doi.org/10.1086/693898>.

280. Wolabu T. W., Million T. Photoperiod response and floral transition in sorghum. *Plant Signaling & Behavior*. 2016. 11. 12. doi: 10.1080/15592324.2016.1261232

281. Wolabu, T. W., Zhang, F., Niu, L., Kalve, S., Bhatnagar-Mathur, P., Muszynski, M. G., Tadege, M. Three FLOWERING LOCUS T-like genes function as potential florigens and mediate photoperiod response in sorghum. *New Phytol*. 2016. 210. 946 – 59. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/nph.13834>

282. Worland, B., Robinson, N., Jordan, D., Schmidt, S., Godwin, I. Post-anthesis nitrate uptake is critical to yield and grain protein content in *Sorghum bicolor*. *J. Plant Physiol*. 2017. 216. 118 – 124. doi: 10.1016/j.jplph.2017.05.026

283. Xie, T., Su, P., Shan, L. Photosynthetic characteristics and water use efficiency of sweet sorghum under different watering regimes. *Pak. J. Bot*. 2010. 42. 3981 – 3994.

284. Yan, K., Chen, P., Shao, H., Zhang, L., Xu, G. Effects of short-term high temperature on photosynthesis and photosystem II performance in sorghum. *J. Agron. Crop Sci*. 2011. 197. 400 – 408.

285. Yan, K., Chen, P., Shao, H., Zhao, S., Zhang, L., Xu, G., Yun, S. Responses of photosynthesis and photosystem II to higher temperature and salt stress in sorghum. *J. Agron. Crop Sci*. 2012. 198. 218 – 226.

286. Yang, S., Murphy, R., Morishige, D., Klein, P., Rooney, W. Sorghum phytochrome B inhibits flowering in long days by activating expression of SbPRR37 and SbGHD7, repressors of SbEHD1, SbCN8 and SbCN12. *PLoS ONE*, 2014. 9. 105352. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0105352>

287. Younis, M. E., El-Shahaby, O. A., Abo-Hamed, S. A., Ibrahim, A. H. Effects of water stress on growth, pigments and $^{14}\text{CO}_2$ assimilation in three sorghum cultivars. *J. Agron. Crop Sci*. 2000. 185. 73 – 82.

288. Zand, N., Shakiba, M. R. Effect of plant density and nitrogen fertilizer on some attribute of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2013. 1(12). 1577 – 1582.

289. Zandi, P., Shirani-Rad, A. H., Bazrkar-Khatibani, L. Agronomic study of fenugreek grown under different in- row spacing and nitrogen levels in a paddy field of Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 2011. 10. 544 – 550.

290. Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V. G., Reddy, V. R. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *Eur. J. Agron.* 2005. 22. 391– 403. doi: 10.1016/j.eja.2004.06.005

ДОДАТКИ

Метеорологічна характеристика вегетаційного періоду, 2021 – 2023 рр.

		Метеорологічна характеристика вегетаційного періоду, 2021 р.																													
№ п/п	Показники	Травень						Червень						Липень						Серпень						Вересень					
		фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Середня місячна температура повітря, °С	15,5			15,6			21,4			18,8			25,1			20,2			22,3			19,2			12,8			13,4		
2	Середня декадна температура повітря, °С	12,4	16,5	14,4	13,9	15,9	16,8	16,4	21,5	26,4	18,4	18,7	19,4	24,1	26,9	24,3	19,7	20,5	20,5	23,6	23,4	20,2	20,3	19,6	17,9	13,5	15,9	9	15,7	13,1	11,4
3	Максимальна температура повітря, °С	25	27	28	31,9	31,4	34,4	25	28	35	34,3	36,5	33,3	30	35	34	36,8	33	36,5	34	34	32	36	24,4	32,8	25	28	15	31,9	28,7	30,9
4	Мінімальна температура повітря, °С	0	6	7	-6,6	-1,5	-1	6	14	16	3,4	3,2	2,4	16	17	14	6,5	5,8	5,1	16	16	11	8,3	3,7	9,3	2	5	0	7,5	4,5	1,7
5	Мінімальна температура на поверхні ґрунту, °С	-5	0	3	-3	-4	-3	3	12	16	0	2	5	15	17	13	5	8	6	14	14	6	6	3	2	-2	3	-2	6	-2	-7
6	Температура ґрунту на глибині 05см, °С	12,9	15,4	16,9	12,9	15,6	18,1	17,2	21,6	24,5	20,6	21,6	22,5	24,5	26,8	25,4	22,9	23,1	23	24,7	24,8	20,7	22,5	21,6	20,4	14	14,1	9,6	18,6	15,6	12,7
7	Температура ґрунту на глибині 10см, °С	11,9	14,9	16	14	15,4	17,6	16,4	20,9	23,8	16,9	18,8	20	23,6	25,9	24,5	21,2	21,6	21,4	23,8	23,6	20,1	20,3	18,1	18,3	13,2	13,5	9,3	13,7	12,3	13,7
8	Температура ґрунту на глибині 20см, °С	11	13,5	15,2	11,6	14,4	16,6	15,7	19,5	22,9	17,8	18,9	20,3	22,6	24,2	23,1	20,4	21,9	22	22,8	22,2	19,2	21,2	19,9	19,4	-	-	-	-	-	-
9	Середня декадна відносна вологість повітря, %	92	93	91	62	61	64	92	92	87	62	67	70	90	84	87	71	70	70	89	87	85	68	68	68	87	89	91	71	74	76
10	Мінімальна відносна вологість повітря, %	50	87	84	22	20	24	86	83	72	23	24	20	74	73	79	21	21	22	79	82	59	19	20	21	83	85	87	21	23	17
11	Кількість опадів за місяць, мм	61		54			102			67			7			76			60			57			42			50			
12	Кількість опадів за декаду	30	21	10	4	4	4	26	46	30	19	22	26	7	-	-	26	24	26	20	12	28	19	18	20	1	26	15	18	16	16
13	Кількість днів з опадами	6	5	2	16	14	24	4	4	3	5	4	6	2	-	-	4	4	4	3	4	3	4	5	4	2	3	5	5	4	4

Додаток А.1

Метеорологічна характеристика вегетаційного періоду, 2022 р.																															
№ п./п	Показники	Травень						Червень						Липень						Серпень						Вересень					
		фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
1	Середня місячна температура повітря, °С		13,3			15,6			21			18,8			21,3			20,2			23,3			19,2			11,6			13,4	
2	Середня декадна температура повітря, °С	11,1	13,5	15	13,9	15,9	16,8	20	20,4	22,7	18,4	18,7	19,4	23,6	18,9	21,4	19,7	20,5	20,5	23	23,7	23,9	20,3	19,6	17,9	12	11,4	11,4	15,7	13,1	11,4
3	Максимальна температура повітря, °С	22	28	25	31,9	31,4	34,4	29	30	36	34,3	36,5	33,3	32	27	30	36,8	33	36,5	31	30	32	36	24,4	32,8	25	20	17	31,9	28,7	30,9
4	Мінімальна температура повітря, °С	0	5	4	-6,6	-1,5	-1	10	8	13	3,4	3,2	2,4	10	12	9	6,5	5,8	5,1	15	17	14	8,3	3,7	9,3	2	6	5	7,5	4,5	1,7
5	Мінімальна температура на поверхні ґрунту, °С	-6	-2	0	-3	-4	-3	0	7	8	0	2	5	9	8	5	5	8	6	14	14	13	6	3	2	35	30	25	48	48	31
6	Температура ґрунту на глибині 05см, °С	9,9	12,7	14	12,9	15,6	18,1	20,6	21,6	22,1	20,6	21,6	22,5	23,4	18,5	21,2	22,9	23,1	23	22,6	22,6	21,8	22,5	21,6	20,4	-2	4	2	6	-2	-7
7	Температура ґрунту на глибині 10см, °С	9,2	11,3	13	14	15,4	17,6	19,1	20,7	21,3	16,9	18,8	20	22,9	18,1	20,7	21,2	21,6	21,4	22,2	22,3	21,5	20,3	18,1	18,3	12,7	12,2	10,9	18,6	15,6	12,7
8	Температура ґрунту на глибині 20см, °С	8,3	10,3	12,2	11,6	14,4	16,6	17,9	19,7	20,3	17,8	18,9	20,3	22,1	17,6	20	20,4	21,9	22	21,4	21,5	20,3	21,2	19,9	19,4	12,3	12	10,8	13,7	12,3	13,7
9	Середня декадна відносна вологість повітря, %	81	76	77	62	61	64	65	66	69	62	67	70	63	88	75	71	70	70	65	55	51	68	68	68	76	90	86	71	74	76
10	Мінімальна відносна вологість повітря, %	66	59	51	22	20	24	34	37	27	23	24	20	34	75	35	21	21	22	27	27	23	19	20	21	44	76	75	21	23	17
11	Кількість опадів за місяць, мм		26			54			155			67			82			76			24			57			126			50	
12	Кількість опадів за декаду	-	4	22	4	4	4	5	94	56	19	22	26	5	70	7	26	24	26	19	5	-	19	18	20	-	67	59	18	16	16
13	Кількість днів з опадами	-	3	5	16	14	24	1	3	4	5	4	6	1	6	3	4	4	4	3	1	-	4	5	4	-	6	7	5	4	4

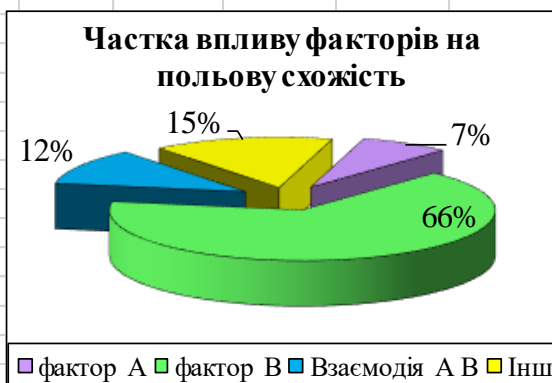
Додаток А.2

		Метеорологічна характеристика вегетаційного періоду, 2023 р.																																												
№ п/п	Показники	Травень									Червень									Липень									Серпень									Вересень								
		фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна																	
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III															
1	Середня місячна температура повітря, °С		15,5			15,6				19,3					21,6					20,2					22,8					19,2					11,6					13,4						
2	Середня декадна температура повітря, °С	10,7	17,4	18,3	13,9	15,9	16,8	19,2	19,5	19,3	18,4	18,7	19,4	22,7	20,6	21,5	19,7	20,5	20,5	23,5	22,4	22,5	20,3	19,6	17,9	12	11,4	11,4	15,7	13,1	11,4															
3	Максимальна температура повітря, °С	22	25	25	31,9	31,4	34,4	26	29	29	34,3	36,5	33,3	32	30	28	36,8	33	36,5	36	33	29	36	24,4	32,8	25	20	17	31,9	28,7	30,9															
4	Мінімальна температура повітря, °С	0	4	8	-6,6	-1,5	-1	4	10	13	3,4	3,2	2,4	14	11	9	6,5	5,8	5,1	15	14	13	8,3	3,7	9,3	2	6	5	7,5	4,5	1,7															
5	Мінімальна температура на поверхні ґрунту, °С	-4	-3	6	-3	-4	-3	0	5	10	0	2	5	13	8	8	5	8	6	13	12	12	6	3	2	-2	4	2	6	-2	-7															
6	Температура ґрунту на глибині 05см, °С	9,8	16,4	18,1	12,9	15,6	18,1	18,3	18,7	19,2	20,6	21,6	22,5	22,1	20,1	21,5	22,9	23,1	23	22,8	22,4	22,3	22,5	21,6	20,4	12,7	12,2	10,9	18,6	15,6	12,7															
7	Температура ґрунту на глибині 10см, °С	9	15,1	16,9	14	15,4	17,6	17,5	18,1	18,6	16,9	18,8	20	21,2	19	20,6	21,2	21,6	21,4	22,2	21,8	21,8	20,3	18,1	18,3	12,3	12	10,8	13,7	12,3	13,7															
8	Температура ґрунту на глибині 20см, °С	8,4	13,2	15,9	11,6	14,4	16,6	15,8	17,1	17,8	17,8	18,9	20,3	20,5	17,7	19,6	20,4	21,9	22	21,3	21	20,8	21,2	19,9	19,4	-	-	-	-	-	-															
9	Середня декадна відносна вологість повітря, %	84	67	76	62	61	64	59	64	73	62	67	70	57	59	79	71	70	70	73	63	57	68	68	68	76	90	86	71	74	76															
10	Мінімальна відносна вологість повітря, %	71	31	35	22	20	24	25	24	21	23	24	20	25	23	40	21	21	22	22	22	21	19	20	21	44	76	75	21	23	17															
11	Кількість опадів за місяць, мм		17			54			71			67			80			76			122			57			126			50																
12	Кількість опадів за декаду	-	-	17	16	14	24	5	20	46	19	22	26	18	10	52	26	24	26	43	79	-	19	18	20	-	67	59	18	16	16															
13	Кількість днів з опадами	-	-	4	4	4	4	2	3	5	5	4	6	3	1	6	4	4	4	2	3	-	4	5	4	-	6	7	5	4	4															

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження, впливу сортових особливостей та норм висіву на параметри сорго зернового, 2021 – 2023 рр.

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження, впливу сорту та норм висіву на висоту рослин сорго (ННБК Сумського НАУ, 2021-2023рр.)															
La	Lb	P	N	K											
3	3	3	27	383776											
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця								
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю								
1	1	100	98	103	301,0	100,3	-								
	2	103	103	103	309,0	103,0	2,7								
	3	97	101	102	300,0	100,0	-0,3								
2	1	136	136	134	406,0	135,3	-								
	2	142	140	138	420,0	140,0	4,7								
	3	133	136	134	403,0	134,3	-1,0								
3	1	118	117	121	356,0	118,7	-								
	2	121	120	122	363,0	121,0	20,7								
	3	123	118	120	361,0	120,3	20,0								
Сума		1073,0	1069,0	1077,0	3219,0	119,2									
Результати дисперсійного аналізу															
Дисперсія		Сума	Ступінь	Середній	Відношення дисперсій										
		квадратів	свободи	квадрат	F _ф	F ₀₅									
Загальна	Sy	5807	26												
Повторень	Sp	3,6	2												
Варіантів	Sv	5741	8	717,67	185,87	2,59									
Фактору А	Ca	5662	2	2830,78	733,15	3,63									
Фактору В	Cb	60	2	30,11	7,80	3,63									
Фактору АВ	Cab	19,6	4	4,89	1,27	3,01									
Похибки	Cz	61,8	16	3,86											
Ефективність дії факторів															
Фактор А	Фактор В			Середнє	Різниця										
	1	2	3			фактору А									
1	100,3	103,0	100,0	101,1	-										
2	135,3	140,0	134,3	136,6	35,4										
3	118,7	121,0	120,3	120,0	18,9										
Середнє фактору В	118,1	121,3	118,2												
Різниця	-	3,22	0,11												
NIP ₀₅ загальна	3,40	факторів А і В		1,96	t ₀₅	2,12									
Точність дослідження, %	1,0%														
<p>Частка впливу факторів, %:</p> <table border="1"> <tr> <td>фактор А</td> <td>97,5</td> </tr> <tr> <td>фактор В</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Взаємодія А В</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>Інші</td> <td>1,4</td> </tr> </table>								фактор А	97,5	фактор В	1,0	Взаємодія А В	0,1	Інші	1,4
фактор А	97,5														
фактор В	1,0														
Взаємодія А В	0,1														
Інші	1,4														
<p>Частка впливу факторів на висоту рослин</p> <p>98% 1% 0% 1%</p> <p>■ фактор А ■ фактор В ■ Взаємодія А В ■ Інші</p>															

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження, впливу сорту та норми висіву на польову схожість рослин сорго (ННВК Сумського НАУ, 2021-2023рр.)							
La	Lb	P	N	K			
3	3	3	27	162603			
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю
1	1	85,2	92	89,2	266,4	88,8	-
	2	71,8	75,8	73,9	221,5	73,8	-15,0
	3	77,6	78,4	74,5	230,5	76,8	-12,0
2	1	81,2	85,5	80,1	246,8	82,3	-
	2	66,6	72,3	69	207,9	69,3	-13,0
	3	72,8	78,7	75,5	227,0	75,7	-6,6
3	1	83	83,4	81,3	247,7	82,6	-
	2	73,5	81,8	73,9	229,2	76,4	-12,4
	3	69,6	76,8	71,9	218,3	72,8	-16,0
Сума		681,3	724,7	689,3	2095,3	77,6	
Результати дисперсійного аналізу							
Дисперсія		Сума	Ступінь	Середній	Відношення дисперсій		
		квадратів	свободи	квадрат	F _ф	F ₀₅	
Загальна	Sy	1016	26				
Повторень	Sp	118,5	2				
Варіантів	Sv	852	8	106,53	38,07	2,59	
Фактору А	Ca	77	2	38,28	13,68	3,63	
Фактору В	Cb	667	2	333,39	119,14	3,63	
Фактору АВ	Cab	108,9	4	27,23	9,73	3,01	
Похибки	Cz	44,8	16	2,80			
Ефективність дії факторів							
Фактор А	Фактор В			Середнє	Різниця		
	1	2	3			фактору А	
1	88,8	73,8	76,8	79,8	-	NIP ₀₅ А 1,67	
2	82,3	69,3	75,7	75,7	-4,1	NIP ₀₅ В 1,67	
3	82,6	76,4	72,8	77,2	-2,6	NIP ₀₅ заг. 2,90	
Середнє фактору В	84,5	73,2	75,1			Точність дослідження, % 1,2%	
Різниця	-	-11,37	-9,46				
NIP ₀₅ загальна	2,90	факторів А і В		1,67	t ₀₅	2,12	
Точність дослідження, %	1,2%						
Частка впливу факторів, %:							
фактор А 7,5							
фактор В 65,7							
Взаємодія А 11,7							
Інші 15,1							



**Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження,
впливу сорту та норми висіву на кількість листків у рослин сорго (ННБК Сумського
НАУ, 2021-2023рр.)**

La	Lb	P	N	K				
3	3	3	27	8892,59				
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця	
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю	
1	1	18	18	20	56,0	18,7	-	
	2	22	17	19	58,0	19,3	0,7	
	3	12	16	17	45,0	15,0	-3,7	
2	1	22	22	22	66,0	22,0	-	
	2	20	19	20	59,0	19,7	-2,3	
	3	13	16	17	46,0	15,3	-6,7	
3	1	19	20	20	59,0	19,7	-	
	2	13	18	18	49,0	16,3	-2,3	
	3	18	17	17	52,0	17,3	-1,3	
Сума		157,0	163,0	170,0	490,0	18,1		

Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія		Сума	Ступінь	Середній	Відношення дисперсій	
		квадратів	свободи	квадрат	F _ф	F ₀₅
Загальна	Sy	185	26			
Повторень	Sp	9,4	2			
Варіантів	Sv	129	8	16,09	5,45	2,59
Фактору А	Ca	10	2	4,93	1,67	3,63
Фактору В	Cb	81	2	40,70	13,78	3,63
Фактору АВ	Cab	37,5	4	9,37	3,17	3,01
Похибки	Cz	47,3	16	2,95		

Ефективність дії факторів

Фактор А	Фактор В			Середнє фактору А	Різниця
	1	2	3		
1	18,7	19,3	15,0	17,7	-
2	22,0	19,7	15,3	19,0	1,3
3	19,7	16,3	17,3	17,8	0,1
Середнє фактору В	20,1	18,4	15,9		
Різниця	-	-1,67	-4,22		

NIP₀₅ А 1,72

NIP₀₅ В 1,72

NIP₀₅ заг 2,97

Точність дослідження, % 5,5%

NIP₀₅ загальна 2,97 **факторів А і В** 1,72 **t₀₅** 2,12
Точність дослідження, % 5,5%

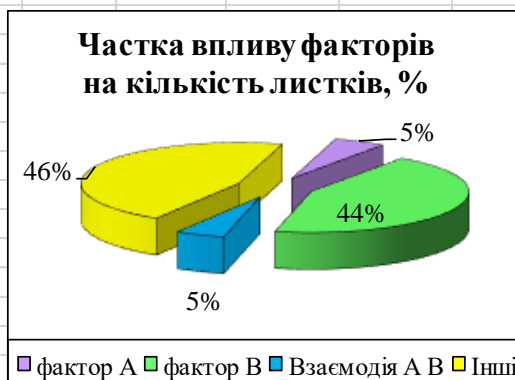
Частка впливу факторів, %:

фактор А 5,3

фактор В 43,9

Взаємодія А 5,1

Інші 45,7



Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження, впливу сорту та норми висіву на площу листової поверхні рослин сорго (ІНВК Сумського НАУ, 2021-2023рр.)																	
La	Lb	P	N	K													
3	3	3	27	10,957													
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця										
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю										
1	1	0,69	0,67	0,65	2,0	0,7	-										
	2	0,78	0,68	0,65	2,1	0,7	0,0										
	3	0,41	0,6	0,62	1,6	0,5	-0,1										
2	1	0,68	0,82	0,82	2,3	0,8	-										
	2	0,47	0,62	0,75	1,8	0,6	-0,2										
	3	0,76	0,72	0,71	2,2	0,7	0,0										
3	1	0,39	1,02	0,56	2,0	0,7	-										
	2	0,3	0,72	0,57	1,6	0,5	-0,1										
	3	0,36	0,71	0,47	1,5	0,5	-0,2										
Сума		4,8	6,6	5,8	17,2	0,6											
Результати дисперсійного аналізу																	
Дисперсія		Сума	Ступінь	Середній	Відношення дисперсій												
		квадратів	свободи	квадрат	F _ф	F ₀₅											
Загальна	Sy	1	26														
Повторень	Sp	0,2	2														
Варіантів	Sv	0	8	0,03	1,42	2,59											
Фактору А	Ca	0	2	0,04	2,37	3,63											
Фактору В	Cb	0	2	0,03	1,51	3,63											
Фактору АВ	Cab	0,1	4	0,02	0,89	3,01											
Похибки	Cz	0,3	16	0,02													
Ефективність дії факторів																	
Фактор А	Фактор В		Середнє	Різниця													
	1	2			3	фактору А											
1	0,7	0,7	0,5	0,6	-												
2	0,8	0,6	0,7	0,7	0,1												
3	0,7	0,5	0,5	0,6	-0,1												
Середнє фактору В		0,7	0,6	0,6													
Різниця		-	-0,08	-0,10													
NIP ₀₅ загальна		0,23	факторів А і В		0,14	t ₀₅	2,12										
Точність дослідження, %		12,3%															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Частка впливу факторів, %:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>фактор А</td> <td>13,1</td> </tr> <tr> <td>фактор В</td> <td>8,3</td> </tr> <tr> <td>Взаємодія А В</td> <td>24,8</td> </tr> <tr> <td>Інші</td> <td>53,8</td> </tr> </tbody> </table>								Частка впливу факторів, %:		фактор А	13,1	фактор В	8,3	Взаємодія А В	24,8	Інші	53,8
Частка впливу факторів, %:																	
фактор А	13,1																
фактор В	8,3																
Взаємодія А В	24,8																
Інші	53,8																
<div style="text-align: center;"> <p>Частка впливу факторів на площу листової поверхні, %</p> <p>54% 13% 8% 25%</p> <p>■ фактор А ■ фактор В ■ Взаємодія А В ■ Інші</p> </div>																	

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження, впливу сорту та норми висіву на масу насіння на волоть рослин сорго (ННВК Сумського НАУ, 2021-2023рр.)																
La	Lb	P	N	K												
3	3	3	27	36586,6												
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця									
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю									
1	1	58	27,7	59,5	145,2	48,4	-									
	2	35,7	27,2	59,3	122,2	40,7	-7,7									
	3	33,8	26,3	50,9	111,0	37,0	-11,4									
2	1	40,3	38,1	49,6	128,0	42,7	-									
	2	37,5	30,6	43,1	111,2	37,1	-5,6									
	3	21,8	23,6	41,1	86,5	28,8	-13,8									
3	1	47,1	20	46,1	113,2	37,7	-									
	2	20,7	21,1	44,8	86,6	28,9	-19,5									
	3	19,9	24,5	45,6	90,0	30,0	-18,4									
Сума		314,8	239,1	440,0	993,9	36,8										
Результати дисперсійного аналізу																
Дисперсія		Сума	Степень	Середній	Відношення дисперсій											
					квадратів	квадрат	F _ф	F ₀₅								
Загальна	Sy	4198	26													
Повторень	Sp	2287,6	2													
Варіантів	Cv	1074	8	134,28	2,57	2,59										
Фактору А	Ca	441	2	220,67	4,22	3,63										
Фактору В	Cb	565	2	282,34	5,40	3,63										
Фактору АВ	Cab	68,2	4	17,05	0,33	3,01										
Похибки	Cz	836,3	16	52,27												
Ефективність дії факторів																
Фактор А	Фактор В			Середнє	Різниця											
	1	2	3				фактору А									
	1	48,4	40,7	37,0	42,0	-	НІР ₀₅ А 7,22									
	2	42,7	37,1	28,8	36,2	-5,9	НІР ₀₅ В 7,22									
	3	37,7	28,9	30,0	32,2	-9,8	НІР ₀₅ заг: 12,51									
Точність дослідження, % 11,3%																
Середнє фактору В		42,9	35,6	31,9												
Різниця		-	-7,38	-10,99												
НІР ₀₅ загальна		12,51	факторів А і В		7,22	t ₀₅	2,12									
Точність дослідження, %		11,3%														
Частка впливу факторів																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Частка впливу факторів, %:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>фактор А</td> <td>10,5</td> </tr> <tr> <td>фактор В</td> <td>13,5</td> </tr> <tr> <td>Взаємодія А В</td> <td>54,5</td> </tr> <tr> <td>Інші</td> <td>21,5</td> </tr> </tbody> </table>							Частка впливу факторів, %:		фактор А	10,5	фактор В	13,5	Взаємодія А В	54,5	Інші	21,5
Частка впливу факторів, %:																
фактор А	10,5															
фактор В	13,5															
Взаємодія А В	54,5															
Інші	21,5															
<p>■ фактор А ■ фактор В ■ Взаємодія А В ■ Інші</p>																

**Дисперсійний аналіз двофакторного дослідю,
впливу сорту та норми висію на масу 1000 насінин рослин сорго (ННВК Сумського НАУ, 2021-2023рр.)**

La	Lb	P	N	K				
3	3	3	27	21089,7				
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця	
La	Lb	2021	2022	2023			до конт ролю	
1	1	23,3	26,2	29,7	79,2	26,4	-	
	2	22,6	26,8	29,4	78,8	26,3	-0,1	
	3	25,9	26,8	30,3	83,0	27,7	1,3	
2	1	31,8	39,5	27,9	99,2	33,1	-	
	2	34,6	39,1	28,3	102,0	34,0	0,9	
	3	31,4	38,4	26,7	96,5	32,2	-0,9	
3	1	24,3	24,5	24,7	73,5	24,5	-	
	2	22,5	23,9	25,4	71,8	23,9	-2,5	
	3	22,4	23,5	24,7	70,6	23,5	-2,9	
Сума		238,8	268,7	247,1	754,6	27,9		

Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія		Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
					F _ф	F ₀₅
Загальна	Sy	660	26			
Повторень	Sp	52,9	2			
Варіантів	Sv	400	8	50,03	3,87	2,59
Фактору А	Ca	390	2	195,11	15,10	3,63
Фактору В	Cb	0	2	0,18	0,01	3,63
Фактору АВ	Cab	9,7	4	2,42	0,19	3,01
Похибки	Cz	206,8	16	12,92		

Ефективність дії факторів

Фактор А	Фактор В			Середнє фактору А	Різниця
	1	2	3		

1	26,4	26,3	27,7	26,8	-
2	33,1	34,0	32,2	33,1	6,3
3	24,5	23,9	23,5	24,0	-2,8
Середнє фактору В	28,0	28,1	27,8		
Різниця	-	0,08	-0,20		

NIP₀₅ А 3,59

NIP₀₅ В 3,59

NIP₀₅ заг 6,22

Точність дослідю, % 7,4%

NIP₀₅ загальна 6,22 факторів А і В 3,59 t₀₅ 2,12
Точність дослідю, % 7,4%

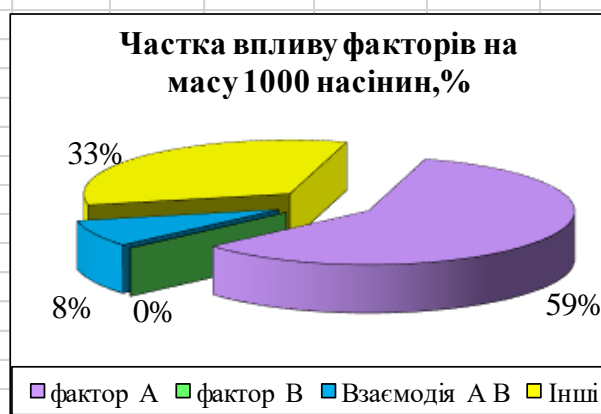
Частка впливу факторів, %:

фактор А 59,1

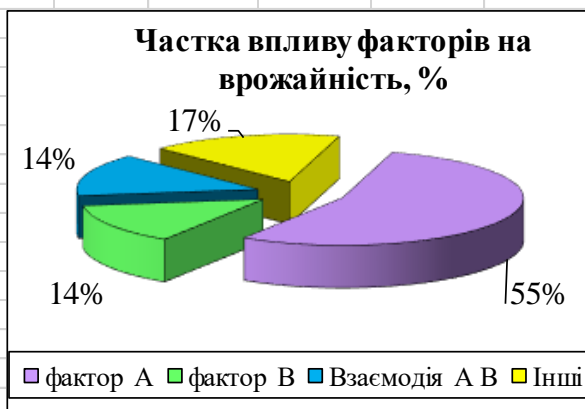
фактор В 0,1

Взаємодія А В 8,0

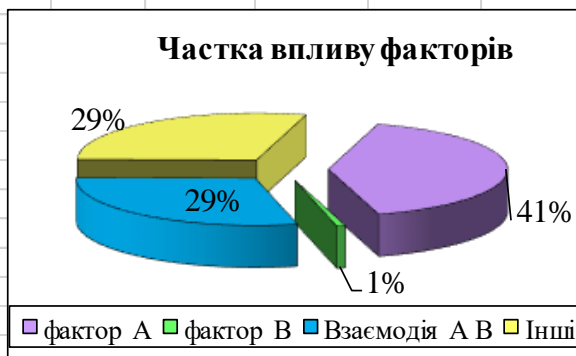
Інші 32,8



Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження, впливу сорту та норми висіву на врожайність рослин сорго (ННВК Сумського НАУ, 2021-2023рр.)							
La	Lb	P	N	K			
3	3	3	27	266,209			
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю
1	1	3,45	4,44	4,89	12,78	4,26	-
	2	3,56	4,19	5,12	12,87	4,29	0,0
	3	3,21	2,26	4,07	9,54	3,18	-1,1
2	1	2,98	3,63	3,92	10,53	3,51	-
	2	3,12	3,3	4,26	10,68	3,56	0,1
	3	2,54	2,92	3,21	8,67	2,89	-0,6
3	1	2,24	2,91	2,89	8,04	2,68	-
	2	2,32	1,2	2,54	6,06	2,02	-2,2
	3	2,18	1,4	2,03	5,61	1,87	-2,4
Сума		25,6	26,3	32,9	84,78	3,14	
Результати дисперсійного аналізу							
Дисперсія		Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	F _ф	F ₀₅	
Загальна	Sy	25	26				
Повторень	Sp	3,7	2				
Варіантів	Sv	18	8	2,26	10,63	2,59	
Фактору А	Ca	14	2	6,88	32,31	3,63	
Фактору В	Cb	3	2	1,73	8,12	3,63	
Фактору АВ	Cab	0,9	4	0,22	1,05	3,01	
Похибки	Cz	3,4	16	0,21			
Ефективність дії факторів							
Фактор А	Фактор В			Середнє фактору А	Різниця		
	1	2	3				
1	4,3	4,3	3,2	3,9	-	NIP₀₅ А	0,46
2	3,5	3,6	2,9	3,3	-0,6	NIP₀₅ В	0,46
3	2,7	2,0	1,9	2,2	-1,7	NIP₀₅ заг.	0,80
Середнє фактору В		3,5	3,3	2,6		Точність дослідження, %	8,5%
Різниця		-	-0,19	-0,84			
NIP₀₅ загальна		0,80	факторів А і В		0,46	t ₀₅	2,12
Точність дослідження, %		8,5%					
Частка впливу факторів, %:							
фактор А 54,6							
фактор В 13,7							
Взаємодія А В 14,5							
Інші 17,1							



Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження, впливу сорту та норми добрив на висоту рослин сорго (ННВК Сумського НАУ, 2021-2023рр.)							
La	Lb	P	N	K			
3	3	3	27	379196			
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю
1	1	100	101	103	303,2	101,1	-
	2	93	112	99	303,3	101,1	0,0
	3	93	111	101	304,4	101,5	0,4
2	1	137	137	108	382,5	127,5	-
	2	130	170	105	404,3	134,8	7,3
	3	124	170	104	398,1	132,7	5,2
3	1	119	120	120	358,8	119,6	-
	2	114	140	120	372,9	124,3	23,2
	3	112	141	119	372,1	124,0	23,0
Сума		1019,7	1200,9	979,1	3199,7	118,5	
Результати дисперсійного аналізу							
Дисперсія		Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій		
					F _ф	F ₀₅	
Загальна	Sy	10729	26				
Повторень	Sp	3100,4	2				
Варіантів	Sv	4530	8	566,20	2,92	2,59	
Фактору А	Ca	4403	2	2201,32	11,36	3,63	
Фактору В	Cb	83	2	41,72	0,22	3,63	
Фактору АВ	Cab	43,5	4	10,88	0,06	3,01	
Похибки	Cz	3099,3	16	193,71			
Ефективність дії факторів							
Фактор А	Фактор В			Середнє	Різниця		
	1	2	3	фактору А			
1	101,1	101,1	101,5	101,2	-		
2	127,5	134,8	132,7	131,7	30,4		
3	119,6	124,3	124,0	122,7	21,4		
Середнє фактору В		116,1	120,1	119,4			
Різниця		-	4,01	3,36			
НІР ₀₅ загальна		24,09	факторів А і В		13,91	t ₀₅	2,12
Точність дослідження, %		6,8%					
Частка впливу факторів, %:							
фактор А 41,0							
фактор В 0,8							
Взаємодія А В 28,9							
Інші 29,3							



Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження, впливу сорту та норми добрив на кількість листків у рослин сорго (ІНВК Сумського НАУ, 2021-2023рр.)							
La	Lb	P	N	K			
3	3	3	27	13024			
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю
1	1	17	17	19	53,0	17,7	-
	2	18	19	21	58,0	19,3	1,7
	3	19	37	21	77,0	25,7	8,0
2	1	24	33	25	82,0	27,3	-
	2	19	19	20	58,0	19,3	-8,0
	3	18	28	21	67,0	22,3	-5,0
3	1	18	31	22	71,0	23,7	-
	2	19	32	23	74,0	24,7	7,0
	3	17	18	18	53,0	17,7	0,0
Сума		169,0	234,0	190,0	593,0	22,0	
Результати дисперсійного аналізу							
Дисперсія		Сума	Ступінь	Середній	Відношення дисперсій		
		квадратів	свободи	квадрат	F _ф	F ₀₅	
Загальна	Sy	793	26				
Повторень	Sp	244,5	2				
Варіантів	Sv	311	8	38,87	2,62	2,59	
Фактору А	Ca	20	2	10,04	0,68	3,63	
Фактору В	Cb	14	2	7,15	0,48	3,63	
Фактору АВ	Cab	276,6	4	69,15	4,66	3,01	
Похибки	Cz	237,5	16	14,84			
Ефективність дії факторів							
Фактор А	Фактор В			Середнє фактору А	Різниця		
	1	2	3				
1	17,7	19,3	25,7	20,9	-		
2	27,3	19,3	22,3	23,0	2,1		
3	23,7	24,7	17,7	22,0	1,1		
Середнє фактору В	22,9	21,1	21,9				
Різниця	-	-1,78	-1,00				
НІР ₀₅ загальна	6,67	факторів А і В		3,85	t ₀₅	2,12	
Точність дослідження, %	10,1%						
Частка впливу факторів, %:							
фактор А 2,5							
фактор В 1,8							
Взаємодія А В 30,8							
Інші 64,8							

Частка впливу факторів

■ фактор А ■ фактор В ■ Взаємодія А В ■ Інші

**Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження,
впливу сорту та норми добрив на довжину волоті рослин сорго (ННБК Сумського НАУ, 2021-2023рр.)**

La	Lb	P	N	K				
3	3	3	27	17674,2				
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця	
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю	
1	1	24,1	28	26	78,1	26,0	-	
	2	23,7	27,7	25,9	77,3	25,8	-0,3	
	3	23,9	28,9	25,5	78,3	26,1	0,1	
2	1	20,3	22,3	24,4	67,0	22,3	-	
	2	20,6	23,8	23,2	67,6	22,5	0,2	
	3	20,9	24,1	23,5	68,5	22,8	0,5	
3	1	29	30,4	28,7	88,1	29,4	-	
	2	27	30,3	25,9	83,2	27,7	1,7	
	3	24,8	31,3	26,6	82,7	27,6	1,5	
Сума		214,3	246,8	229,7	690,8	25,6		

Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія		Сума	Ступінь	Середній	Відношення дисперсій	
		квадратів	свободи	квадрат	F _ф	F ₀₅
Загальна	Sy	236	26			
Повторень	Sp	58,7	2			
Варіантів	Sv	152	8	19,05	12,40	2,59
Фактору А	Ca	146	2	72,95	47,49	3,63
Фактору В	Cb	2	2	0,77	0,50	3,63
Фактору АВ	Cab	5,0	4	1,24	0,81	3,01
Похибки	Cz	24,6	16	1,54		

Ефективність дії факторів

Фактор А	Фактор В			Середнє фактору А	Різниця
	1	2	3		
1	26,0	25,8	26,1	26,0	-
2	22,3	22,5	22,8	22,6	-3,4
3	29,4	27,7	27,6	28,2	2,3
Середнє фактору В	25,9	25,3	25,5		
Різниця	-	-0,57	-0,41		

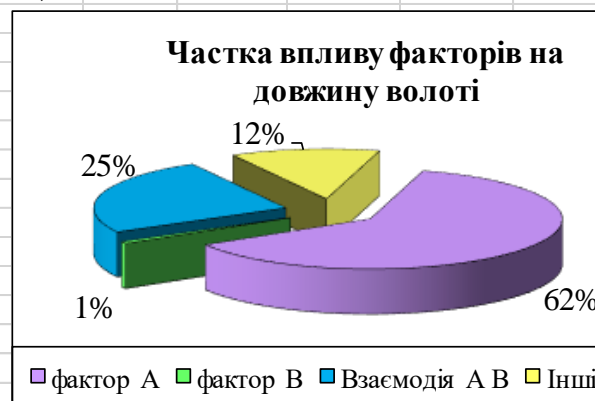
NIP₀₅ А 1,24

NIP₀₅ В 1,24

NIP₀₅ загальна 2,15

Точність дослідження, % 2,8%

NIP₀₅ загальна 2,15 факторів А і В 1,24 t₀₅ 2,12
Точність дослідження, % 2,8%



Частка впливу факторів, %:

фактор А 61,9

фактор В 0,7

Взаємодія А В 24,9

Інші 12,5

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідю, впливу сорту та норми добрив на масу насіння з волоті рослин сорго (ННБК Сумського НАУ, 2020-2023рр.)							
La	Lb	P	N	K			
3	3	3	27	37803,9			
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю
1	1	42,5	27,1	56,6	126,2	42,1	-
	2	47,4	26,8	55,7	129,9	43,3	1,2
	3	59,5	19,6	55,1	134,2	44,7	2,7
2	1	33,2	30,8	44,6	108,6	36,2	-
	2	32,5	31,2	45,4	109,1	36,4	0,2
	3	33,3	33	43,1	109,4	36,5	0,3
3	1	29,2	21,9	45,5	96,6	32,2	-
	2	29,2	20,3	39,3	88,8	29,6	-12,5
	3	37,4	22,4	47,7	107,5	35,8	-6,2
Сума		344,2	233,1	433,0	1010,3	37,4	
Результати дисперсійного аналізу							
Дисперсія		Сума	Ступінь	Середній	Відношення дисперсій		
		квадратів	свободи	квадрат	F _ф	F ₀₅	
Загальна	Sy	3542	26				
Повторень	Sp	2229,2	2				
Варіантів	Sv	612	8	76,53	1,75	2,59	
Фактору А	Ca	543	2	271,31	6,20	3,63	
Фактору В	Cb	35	2	17,48	0,40	3,63	
Фактору АВ	Cab	34,7	4	8,66	0,20	3,01	
Похибки	Cz	700,7	16	43,79			
Ефективність дії факторів							
Фактор А	Фактор В			Середнє фактору А	Різниця		
	1	2	3				
1	42,1	43,3	44,7	43,4	-		
2	36,2	36,4	36,5	36,3	-7,0		
3	32,2	29,6	35,8	32,5	-10,8		
Середнє фактору В	36,8	36,4	39,0				
Різниця	-	-0,40	2,19				
NIP ₀₅ загальна	11,45	факторів А і В		6,61	t ₀₅	2,12	
Точність дослідю, %				10,2%			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Частка впливу факторів</p> <p style="text-align: center;"> ■ фактор А ■ фактор В ■ Взаємодія А В ■ Інші </p> </div> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px;"> <p>Частка впливу факторів, %:</p> <p>фактор А 15,3</p> <p>фактор В 1,0</p> <p>Взаємодія А 62,9</p> <p>Інші 20,8</p> </div> </div>							

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідю, впливу сорту та норми добрив на масу 1000 насінин рослин сорго (ННВК Сумського НАУ, 2021-2023рр.)							
La	Lb	P	N	K			
3	3	3	27	20972,5			
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця
La	Lb	2021	2022	2023			до контролю
1	1	23,9	26,6	29,8	80,3	26,8	-
	2	26	25,1	30,2	81,3	27,1	0,3
	3	24,7	25,8	30,4	80,9	27,0	0,2
2	1	32,6	39	27,6	99,2	33,1	-
	2	32,6	37,7	27,5	97,8	32,6	-0,5
	3	33,8	38,4	25,7	97,9	32,6	-0,4
3	1	23,1	24	24,9	72,0	24,0	-
	2	22,2	27,1	23,4	72,7	24,2	-2,5
	3	24,7	21,5	24,2	70,4	23,5	-3,3
Сума		243,6	265,2	243,7	752,5	27,9	
Результати дисперсійного аналізу							
Дисперсія		Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій		
					F _ф	F ₀₅	
Загальна	Sy	638	26				
Повторень	Sp	34,4	2				
Варіантів	Sv	367	8	45,86	3,10	2,59	
Фактору А	Ca	365	2	182,68	12,35	3,63	
Фактору В	Cb	0	2	0,22	0,02	3,63	
Фактору АВ	Cab	1,1	4	0,26	0,02	3,01	
Похибки	Cz	236,8	16	14,80			
Ефективність дії факторів							
Фактор А	Фактор В			Середнє	Різниця		
	1	2	3	фактору А			
1	26,8	27,1	27,0	26,9	-		NIP ₀₅ А 3,84
2	33,1	32,6	32,6	32,8	5,8		NIP ₀₅ В 3,84
3	24,0	24,2	23,5	23,9	-3,0		NIP ₀₅ заг 6,66
Середнє фактору В	27,9	28,0	27,7				Точність дослідю, % 8,0%
Різниця	-	0,03	-0,26				
NIP ₀₅ загальна	6,66 факторів А і В			3,84	t ₀₅	2,12	
Точність дослідю, %	8,0%						
				<p>Частка впливу факторів</p> <p>Частка впливу факторів, %:</p> <ul style="list-style-type: none"> фактор А 57,3 фактор В 0,1 Взаємодія А В 5,4 Інші 37,3 			
				<p>■ фактор А ■ фактор В ■ Взаємодія А В ■ Інші</p>			

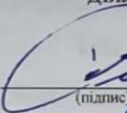

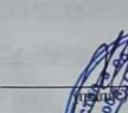

Проведення підготовки насіння та поля до закладання дослідів, навчально-науковий полігон Сумського НАУ, 2021 – 2023 рр.



Фенологічні спостереження та визначення морфопараметрів сорго зернового, навчально-науковий полігон Сумського НАУ, 2021-2023 рр.



Акти впровадження результатів дисертаційної роботи доктора філософії у виробництво та навчальний процес

<p>Погоджено</p> <p>Проректор з наукової на міжнародної діяльності, д. е. н., професор Коваленко Ю.І.</p> <p> (підпис)</p> <p>« _____ » 20__ р.</p> 	<p>Затверджую</p> <p>Директор ТОВ «АГРАРНЕ» Коваленко М.П.</p> <p></p> <p>« _____ » 20__ р.</p> 
<p>А К Т</p> <p>про впровадження/використання результатів дисертаційної роботи доктора філософії у виробництво</p>	
<p>Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи на тему: «Оптимізація сортової технології вирощування сорго зернового в умовах північно-східного Лісостепу України», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії, виконаною аспіранткою Сумського національного аграрного університету Коваленко Мариною Олександрівною впроваджені на землях ТОВ «Аграрне», Сумська область, Сумський район.</p>	
<p>1. Вид впроваджуваних результатів: <u>вивчали вплив сортових особливостей, норм висіву та використання мінеральних добрив на посівах сорго зернового.</u></p>	
<p>2. Новизна отриманих результатів: <u>уперше встановлено особливості формування продуктивності сучасних сортів та гібридів сорго зернового іноземної та вітчизняної селекції, пошук раціональної системи удобрення шляхом визначення оптимальних норм мінеральних добрив та застосування різних норм висіву у північно-східному Лісостепу України. Оптимізовано технологію вирощування сорго зернового для умов північно-східного Лісостепу України.</u></p>	
<p>3. Практичне впровадження результатів: <u>впроваджені у сільськогосподарське виробництво ТОВ «Аграрне», Сумська область, Сумський район, село Постольне. Площа вирощування – 21 га.</u></p>	
<p>4. Значущість отриманих результатів: Економічний ефект: <u>при вирощуванні сорго зернового гібриду Янкi з нормою висіву 165 тис.шт./га та нормою добрив N₃₅P₃₅K₃₅ кг д.р./га отримали: чистий прибуток на 1 гектар посіву – 5043 грн/га. Розрахунковий рівень рентабельності – 28%.</u></p>	

При вирощуванні сорго зернового сорту Дніпровський 39 з нормою висіву 330 тис.шт./га та нормою добрив $N_{70}P_{70}K_{70}$ кг д.р./га отримали: чистий прибуток на 1 гектар посіву – 560 грн/га. Розрахунковий рівень рентабельності – 7%.

Соціальний, науково-технічний ефект: підвищення збору врожаю за допомогою застосування мінеральних добрив та різних норм висіву насіння. Збільшення виробництва продукції для харчування людини, для годівлі тварин, отримання цукрового сиропу та етанолу.

5. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами: Науково-дослідна робота виконана за завданнями тематичних планів та в рамках державної наукової теми Сумського національного аграрного університету на 2021–2023 рр. – «Оптимізація сортової технології вирощування сорго зернового в умовах північно-східного Лісостепу України», державний реєстраційний номер 0121U109711

Цей акт завіряється гербовими печатками з боку Замовника і Виконавця

Від Сумського НАУ

Начальник науково-дослідної частини


(підпис)

Олександр ІВЧЕНКО

Виконавець, аспірант


(підпис)

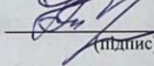
Марина КОВАЛЕНКО

« » 20 р.



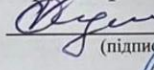
Від організації

Головний бухгалтер


(підпис)

Надія ТУРЧИНА

Відповідальний за впровадження,
директор


(підпис)

Віктор КУРАШ

« » 20 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

**Проректор з науково-педагогічної та
навчальної роботи**

Сумського національного аграрного

університету, д.б.н., професор

Ігор КОВАЛЕНКО

20 ____ року



впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальний процес

Основні положення дисертаційного дослідження Коваленко Марини Олександрівни виконаного на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агронімія» на тему: «Оптимізація сортової технології вирощування сорго зернового в умовах північно-східного Лісостепу України» впроваджені в навчальний процес при викладанні навчальної дисципліни «Рослинництво» спеціальності 201-Агронімія на кафедрі агротехнологій та ґрунтознавства Сумського національного аграрного університету.

Акт впровадження обговорений та схвалений на засіданні вченої ради факультету агротехнологій та природокористування Сумського національного аграрного університету (Протокол №12 від 20 травня 2024 року).

**Завідувач кафедри агротехнологій
та ґрунтознавства
д. с.-г. н., професор**

Володимир ТРОЦЕНКО

**Декан факультету агротехнологій
та природокористування
к. с.-г. н., доцент**

Ольга БАКУМЕНКО