

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

МОГИЛЕВСЬКА ВІКТОРІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 663.63:631.5/9

ДИСЕРТАЦІЯ

**«ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД
РІЗНИХ ФОРМ ТА ДОЗ ДОБРІВ
В СХІДНОМУ 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

_____ В. В. Могилевська

Науковий керівник: кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Свиридова Людмила Андріївна

Харків – 2025

АНОТАЦІЯ

Могилевська В.В. Формування врожаю сорго зернового залежно від різних форм та доз добрив в Східному Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – «Агрономія». – Державний біотехнологічний університет, Харків, 2025.

У дисертаційній роботі за результатами трирічних досліджень теоретично обґрунтовано та практично розроблено варіанти поєднання форм і доз добрив з гібридами сорго зернового різних груп стиглості Aggyl та Brigga для стабілізації формування врожаю та реалізації їх генетичного потенціалу в умовах Східного Лісостепу України. Комплексні гранульовані добрива Dura SOP та Renovation Fuerza в усі роки досліджень вносили під передпосівну культивуацію в дозах 80 і 100 кг/га. Різні сполучення форм і доз добрив впливали на тривалість окремих фенологічних фаз росту і розвитку сорго зернового. Загальною закономірністю в умовах Східного Лісостепу України в обох гібридів було зростання тривалості вегетаційного періоду за цих варіантів досліджу.

Збереженість рослин сорго зазнавала значних змін за впливу застосованих форм і доз добрив. Вживаність рослин зростала за всіх варіантів застосування добрив у обох гібридів порівняно з абсолютним контролем.

Застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га сприяло суттєвому підвищенню показників польової схожості насіння сорго зернового. У гібрида Aggyl за роки досліджень за цих варіантів в дозах 80 і 100 кг/га вона становила 89,0 % і 92,5 %; 91,7 % і 92,6 %, таку ж закономірність було отримано в гібрида сорго зернового Brigga – 87,3 % і 90,3; 91,0 і 91,0 % відповідно.

Площа листкової поверхні з однієї рослини та з 1 га посівів у гібрида сорго зернового Aggyl була найбільшою за використання Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га і становила 1218 см² та 32,15 тис. м²/га. За поєднання цього варіанта застосування добрив з гібридом Brigga отримані показники були дещо нижчими і становили 1049 см² та 26,54 тис. м²/га відповідно. Взаємодія різних форм і доз добрив з обома досліджуваними гібридами сорго зернового сприяла зростанню площі листкової поверхні з однієї рослини та з 1 га посівів порівняно з абсолютним контролем (без добрив).

Найвищий фотосинтетичний сумарний потенціал посівів (ФПП) сорго зернового відзначено за варіантів поєднання добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га з обома гібридами. За цього варіанта у фенологічну фазу досягання ФПП становив 2,02 тис. м²/га×діб у гібрида Aggyl та 1,62 тис. м²/га×діб у гібрида Brigga . За цього варіанта від сходів до цвітіння у фенофазі і міжфазні періоди ФПП зростав. Зниження дози внесення Renovation Fuerza для обох гібридів до 80 кг зменшувало ФПП відповідно на 36,6 і 4,94 %. Мінеральне добриво Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га збільшувало ФПП порівняно з абсолютним контролем у гібрида Aggyl на 39,4 і 46,3 %, а у гібрида Brigga на 44,1 % і 51,5 % відповідно.

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) посівів сорго зернового в середньому за три роки досліджень найвищою була за варіанта поєднання Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га та гібрида Aggyl – 4,67 г/м². За внесення цього ж добрива, але в меншій дозі – 80 кг/га ЧПФ зменшувалася до 4,65 г/м², що лише на 0,43 % нижче порівняно з дозою 100 кг/га. У гібрида Brigga за поєднання Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га ЧПФ становила 3,74 г/м², а за дози цього добрива 80 кг/га – 3,66 г/м², що лише на 2,14 % нижче. Чиста продуктивність фотосинтезу за внесення Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га порівняно із зональним контролем (Нітроамофоска 100 кг/га) зростала в гібрида

Aggyl на 0,89 і 1,19 г/м², а в гібрида Brigga це зростання становило 0,30 і 0,51 г/м² відповідно.

В усі роки досліджень відзначено тенденцію до зростання продуктивної кущистості за внесення Нітроамофоски в дозі 100 кг/га (зональний контроль) в обох досліджуваних гібридів сорго зернового.

У цілому більша густина рослин сорго зернового порівняно з абсолютним контролем формувалася на варіантах унесення добрива Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га. При застосуванні добрива Dura SOP в таких же дозах густина рослин була теж більшою порівняно з контролем, але меншою, ніж за варіанта з використанням Renovation Fuerza.

На варіанті із внесенням Нітроамофоски в дозі 100 кг/га для обох гібридів сорго зернового кількість волотей на 1 га була значно нижчою порівняно з варіантами застосування Dura SOP та Renovation Fuerza і становила 157,6 та 160,7 тис. шт./га відповідно.

Кількість волотей сорго зернового на варіантах із застосуванням добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в гібрида Aggyl у досліджуваних дозах зростала відповідно на 14,6 тис. шт./га (9,3 %); 27,2 (17,3 %); 37,1 (23,5 %); 44,2 тис. шт./га (28,0 %); у гібрида Brigga ці перевищення мали таку ж саму закономірність і становили 12,7 тис. шт./га (7,9 %); 26,3 (16,4 %); 37,7 (23,5 %); 48,1 тис. шт./га (30,0 %).

Найвищу озерненість волоті сорго зернового спостерігали на варіантах унесення Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га в обох гібридів сорго зернового – Aggyl і Brigga . Відповідно, кількість зерен за цих варіантів застосування добрив збільшувалася в гібрида Aggyl на 22,0 і 8,3 %, а в гібрида Brigga – на 25,5 і 28,8 % порівняно із застосуванням Нітроамофоски в дозі 100 кг/га (зональний контроль).

Визначали вплив досліджуваних форм і доз добрив на такі елементи продуктивності гібридів сорго зернового Aggyl і Brigga, як маса зерна з рослини, маса 1000 насінин та маса зерна з волоті.

Маса зерна з однієї рослини визначає індивідуальну продуктивність гібридів сорго зернового Aggyl і Brigga. У наших дослідженнях маса зерна з рослини залежала від форм унесених добрив у обох гібридів сорго зернового. За внесення Dura SOP та Renovation Fuerza цей показник продуктивності зростав у обох гібридів. Але доза застосованих добрив майже не мала впливу на масу зерна з однієї рослини.

Маса тисячі зерен в обох гібридів сорго зернового зростала за варіантів застосування всіх доз і форм добрив. Гібриди сорго зернового Aggyl і Brigga мають однаковий генотип, і характер формування маси тисячі насінин був однотипним. Крім того, ці гібриди за стоденної посухи в умовах вегетації 2024 р. мали масу 1000 насінин, яка майже не поступалася масі, що притаманна цим гібридам за сприятливих умов росту і розвитку.

За середніми трирічними результатами досліджень встановлено оптимальні комбінації вирощуваних гібридів сорго зернового та форм і доз добрив, які в умовах Східного Лісостепу України забезпечували формування найбільшої біологічної врожайності зерна. Вищу врожайність зерна формував гібрид сорго зернового Aggyl за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 7,75 т/га. За всіх інших варіантів застосування добрив у цього гібрида спостерігалася стала тенденція до збільшення врожайності порівняно з абсолютним і зональним (Нітроамофоска 100 кг/га) контролюми.

У гібрида сорго зернового Aggyl застосування Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га сприяло отриманню прибавки врожайності порівняно з абсолютним контролем 1,42 і 1,68 т/га, а із зональним контролем – 0,56 і 0,82 т/га. Застосування Renovation Fuerza в цих же дозах порівняно з абсолютним

контролем збільшувало врожайність на 2,04 і 2,49 т/га, або 26,9 і 31,9 %, та 1,18 і 1,63 т/га, або 9,2 і 13,4 %, порівняно із зональним контролем.

У гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga найбільша частка головних стебел формувалася за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 95 %. За цього варіанта в найбільш сприятливому для росту і розвитку 2021 р. частка головних стебел у досліджуваних гібридів становила відповідно 88 і 91 %.

Застосування комплексних мінеральних добрив істотно покращило якість зерна сорго зернового в обох гібридів: вміст білка в зерні гібрида Aggyl збільшився з 2,5 до 3,9 %, а в гібрида Brigga це зростання становило від 3,0 до 4,1 %. Спостерігалася тенденція до збільшення вмісту жиру та крохмалю в зерні за варіантів застосування різних форм і доз добрив.

Максимальну вартість урожаю сорго зернового на рівні – 65,10 тис. грн/га – було відзначено за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га. Приріст валової енергії залежно від досліджуваних чинників був найвищим за варіанта застосування Renovation Fuerza в такій же дозі.

Максимальний показник енергетичної ефективності виробництва продукції сорго зернового отримано при застосуванні Dura SOP в дозі 80 кг/га – 2,41 та Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 2,40. Зростання врожайності зерна в гібрида Aggyl за всіх варіантів застосування добрив сприяло отриманню більшої вартості врожайності. Умовний чистий прибуток за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га становив у гібрида Aggyl 27,06 тис. грн. Найвища рентабельність у цього гібрида в досліді була при застосуванні добрива Dura SOP в дозі 80 кг/га. Застосування вищих доз цього добрива зменшувало рентабельність на 2,4 %. За варіантів застосування Renovation Fuerza вища рентабельність виробництва продукції сорго зернового була за дози

80 кг/га – 75,8 %, збільшення дози внесення до 100 кг/га зменшувало рентабельність на 4,7 %.

Застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га свідчить про отриману високу рентабельність виробництва продукції сорго зернового, але її рівень значною мірою залежав від того, що для проведення досліджень добрива Dura SOP та Renovation Fuerza було отримано за собівартістю. У критичних погодних умовах вегетації 2024 р. врожайність зерна сорго в гібрида Aggyl за цих варіантів коливалася від 5,30 до 6,60 т/га, що значно знизило середню врожайність у досліді за три роки. За варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га урожайність на рівні 7,41 т/га забезпечила найвищу вартість урожаю в середньому за три роки в гібрида Brigga – 62,24 тис. грн. При цьому загальні витрати в досліді зросли до 35,43 тис. грн. Умовний чистий прибуток зменшився до 26,81 тис. грн порівняно з прибутком за варіанта застосування цього добрива в дозі 80 кг/га – 25,48 тис. грн. Менші загальні витрати та вищий умовний чистий прибуток забезпечили найвищу рентабельність у досліді за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га, збільшення дози до 100 кг/га зменшувало рентабельність на 11,5 %.

Найвищу енергетичну ефективність виробництва зерна сорго зернового було отримано за внесення Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 111,89 ГДж/га, однак за цього варіанта значні енергетичні витрати (47,59 ГДж/га) забезпечили коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 2,35. За варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га менші енергетичні витрати сприяли значному приросту валової енергії (63,50 ГДж/га), і за цього варіанта коефіцієнт енергетичної ефективності в гібрида сорго зернового Brigga був найвищим – 2,37.

Ключові слова: гібриди сорго, мінеральні добрива, біометричні показники, фотосинтетична продуктивність, структура врожаю, урожайність, якість зерна, економічна та енергетична ефективність.

ANNOTATION

Mohilevska V.V. Durra yield depending on different formulations and doses of fertilizers in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific paper, manuscript copyright.

Thesis for the Academic Degree of the Doctor of Philosophy in specialty 201 – “Agronomy”. – State Biotechnological University, Kharkiv, 2025.

Based on results of a three-year study, the thesis justified theoretically and developed in practice variants of combining formulations and doses of fertilizers with hybrids of different ripeness groups, ‘Aggyl’ and ‘Brigga’, to stabilize their yields and fulfilment of their genetic potentials in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. Complex granular fertilizers Dura SOP and Renovation Fuerza were applied during pre-sowing cultivation at doses of 80 and 100 kg/ha in all study years. Different combinations of formulations and doses of fertilizers affected the lengths of some phenological phases of durra growth and development. There was a general upward pattern in the growing period lengths in both hybrids in the experiments in the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine.

The survival of durra plants underwent significant changes under the influence of the applied fertilizers. Plants of both hybrids survived better in all experiments with fertilization compared to the absolute control.

Fertilizers Dura SOP and Renovation Fuerza at the dose of 100 kg/ha significantly increased the seed germination in the field. In durra hyb. ‘Aggyl’, on average across the study years, it was 89.0 and 92.5% in the experiments with Dura SOP 80 and 100 kg/ha, respectively, and 91.7 and 92.6% in the experiments with Renovation Fuerza 80 and 100 kg/ha, respectively; a similar pattern was obtained for durra hyb. ‘Brigga’: 87.3 and 90.3% in the experiments with Dura SOP 80 and 100 kg/ha, respectively, and 91.0 and 91.0% in the experiments with Renovation Fuerza 80 and 100 kg/ha, respectively.

Durra hyb. 'Aggyl' had the largest leaf surface area per plant and per 1 ha of crops when fertilized with 100 kg/ha of Renovation Fuerza: it amounted to 1,218 cm² and 32,150 m²/ha, respectively. When 100 kg/ha of Renovation Fuerza was applied on hyb. 'Brigga', these parameters were somewhat lower: 1,049 cm² and 26,540 m²/ha, respectively. The interaction of different formulations and doses of fertilizers with both studied hybrids contributed to an increase in the leaf surface area per plant and per 1 ha of crops compared to the absolute control (without fertilizers).

The highest total photosynthetic potential of durra crops (TPP) was recorded for both hybrids fertilized with Renovation Fuerza at 100 kg/ha with. In these experiments, in the phenological ripening phase, the TPP was 2,020 m²/ha×day in hyb. 'Aggyl' and 1,620 m²/ha×day in hyb. 'Brigga'. In these experiments, the TPP increased from emergence to anthesis. A reduction in Renovation Fuerza dose to 80 kg/ha decreased the TPP in both hybrids: by 36.6 and 4.94%, respectively. Mineral fertilizer Dura SOP at doses of 80 and 100 kg/ha increased the TPP by 39.4 and 46.3%, respectively, in hyb. 'Aggyl' compared to the absolute control and by 44.1 and 51.5%, respectively, in hyb. 'Brigga'.

The highest net photosynthesis productivity (NPP) on average across the three study years (4.67 g/m²) was noted for when Renovation Fuerza at 100 kg/ha was applied on hyb. 'Aggyl'. When this fertilizer was applied at the lower dose (80 kg/ha), the NPP decreased to 4.65 g/m², which was only 0.43% lower than in the 100 kg/ha variant. In hyb. 'Brigga' fertilized with 100 and 80 kg/ha of Renovation Fuerza, the NPP was 3.74 and 3.66 g/m², respectively; i.e. the NPP was only decreased by 2.14% with the lower dose. In the Dura SOP experiments, the NPP was increased by 0.89 and 1.19 g/m² in hyb. 'Aggyl' fertilized with 80 and 100 kg/ha, respectively, compared to the zonal control (ammonium nitrate phosphate fertilizer 100 kg/ha); in hyb. 'Brigga', the NPP was increased by 0.30 and 0.51 g/m², respectively.

In all study years, there was an upward trend in the productive tillering of the both studied durra hybrids fertilized with ammonium nitrate phosphate at 100 kg/ha (zonal control).

In general, a higher plant density compared to the absolute control was observed in the Renovation Fuerza experiments. When Dura SOP was applied at the same doses, the plant density was also higher compared to the control, but lower than in the Renovation Fuerza experiments.

When ammonium nitrate phosphate was applied at 100 kg/ha, the number of panicles per 1 ha was significantly lower in the both durra hybrids (157,600 and 160,700 panicles/ha, respectively) compared to the Dura SOP and Renovation Fuerza experiments.

The number of panicles in hyb. 'Aggyl' was increased by 14,600 and 27,200 panicles/ha (9.3 % and 17.3 %) in the experiments with Dura SOP 80 and 100 kg/ha, respectively, and by 37,100 and 44,200 panicles/ha (23.5 % and 28.0 %) in the experiments with Renovation Fuerza 80 and 100 kg/ha, respectively. In hyb. 'Brigga', these increments showed a similar pattern, amounting to 12,700 and 26,300 panicles/ha (7.9 % and 16.4 %) in the experiments with Dura SOP 80 and 100 kg/ha, respectively, and 37,700 and 48,100 panicles/ha (23.5 % and 30.0 %) in the experiments with Renovation Fuerza 80 and 100 kg/ha, respectively.

The highest number of kernels per panicle was observed when Renovation Fuerza was applied at 80 and 100 kg/ha on the both durra hybrids. The number of kernels per panicle was increased by 22.0 and 8.3% in hyb. 'Aggyl', respectively, and by 25.5 and 28.8% in hyb. 'Brigga', respectively, compared to ammonium nitrate phosphate fertilizer 100 kg/ha (zonal control).

The effects of the tested formulations and doses of fertilizers on such performance constituents of durra hybs. 'Aggyl' and 'Brigga' as weight of kernels per plant, thousand-kernel weight and weight of kernels per panicle were evaluated.

The weight of kernels per plant determines the individual performance of hybrids. ‘Aggyl’ and ‘Brigga’. In our study, the weight of kernels per plant depended on fertilizer formulations in the both durra hybrids. With Dura SOP and Renovation Fuerza, this indicator of performance was increased in the both hybrids. However, fertilizer doses had negligible effects on the weight of kernels per plant.

The thousand-kernel weight in the both hybrids was increased with all dosages and formulations of fertilizers. Durra hybrids. ‘Aggyl’ and ‘Brigga’ share the same genotype; so the thousand-kernel weight patterns were very similar. In addition, these hybrids during a hundred-day drought in the 2024 vegetation period had thousand-kernel weights, which was almost not inferior to those inherent in these hybrids under favorable conditions for their growth and development.

According to the averaged three-year results, optimal combinations of the hybrids and fertilizer formulations and doses, which ensured the greatest biological yield of grain in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine, were determined. The highest grain yield of 7.75 t/ha was produced by durra hybrid. ‘Aggyl’ fertilized with Renovation Fuerza at 100 kg/ha. In the other variants of fertilization, this hybrid showed a consistent upward trend in yield compared to the absolute (no fertilizers) and zonal (ammonium nitrate phosphate fertilizer 100 kg/ha) controls.

Hybrid ‘Aggyl’ fertilized with Dura SOP at 80 and 100 kg/ha yielded by 1.42 and 1.68 t/ha more, respectively, compared to the absolute control and by 0.56 and 0.82 t/ha more, respectively, compared to the zonal control. The application of Renovation Fuerza at the same doses increased the yield by 2.04 and 2.49 t/ha, or by 26.9 and 31.9%, respectively, compared to the absolute control and by 1.18 and 1.63 t/ha, or by 9.2 and 13.4%, respectively, compared to the zonal control.

Hybrids ‘Aggyl’ and ‘Brigga’ had the largest proportion of primary stems (95%) when fertilized with Renovation Fuerza at 100 kg/ha. In this variant, the

proportion of primary stems in the studied hybrids was 88 and 91%, respectively, in 2021 (the most favorable year for durra growth and development).

The application of complex mineral fertilizers significantly improved the quality of durra grain of the both hybrids: the protein content in grain increased from 2.5 to 3.9% in ‘Aggyl’ and from 3.0 to 4.1% in hyb. ‘Brigga’. There was an upward trend in the fat and starch contents in grain in the fertilization experiments.

The maximum cost of yield (UAH 65,100/ha) was recorded for Renovation Fuerza 100 kg/ha. The gain in gross energy, depending on the studied factors, reached the peak value when Renovation Fuerza was applied at this dose.

The maximum energy efficiency was achieved with Dura SOP 80 kg/ha and Renovation Fuerza 100 kg/ha: 2.41 and 2.40, respectively. Increased yields of grain from hyb. ‘Aggyl’ in all fertilization variants raised yield costs. The operating profit from the application of Renovation Fuerza at 100 kg/ha on hyb. ‘Aggyl’ was UAH 27,060. The highest profitability in the experiments on this hybrid was when Dura SOP was applied at a dose of 80 kg/ha. The application of the higher dose of this fertilizer reduced the profitability by 2.4%. In the Renovation Fuerza experiments, the highest profitability of 75.8% was achieved at 80 kg/ha and increasing the dose to 100 kg/ha reduced the profitability by 4.7%.

The application of Dura SOP and Renovation Fuerza at doses of 80 and 100 kg/ha was highly profitable, but the profitability largely depended on the fact that Dura SOP and Renovation Fuerza for the study were acquired at prime cost. Under harsh weather conditions during the 2024 vegetation period, the yield of durra grain from hyb. ‘Aggyl’ ranged from 5.30 to 6.60 t/ha, which significantly reduced the mean yield in the three-year experiments. When Renovation Fuerza was applied at 100 kg/ha, the yield of 7.41 t/ha resulted in the highest mean cost of yield of hyb. ‘Brigga’ across the three years (UAH 62,240). At the same time, the total costs in the experiments increased to UAH 35,430. The operating profit decreased to UAH 26,810

vs. UAH 25,480 in the experiment where this fertilizer was applied at 80 kg/ha. Lower total costs and higher operating profit resulted in the highest profitability in the experiment with Renovation Fuerza 80 kg/ha, while increasing the dose to 100 kg/ha reduced the profitability by 11.5%.

The highest energy value of grain (111.89 GJ/ha) was achieved in the experiment with Renovation Fuerza 100 kg/ha; however, in this variant, considerable energy costs (47.59 GJ/ha) gave the energy efficiency coefficient of 2.35. In the experiment with Renovation Fuerza 80 kg/ha, lower energy costs significantly increased the gain in the gross energy (63.50 GJ/ha) and the highest energy efficiency coefficient of 2.37 was recorded in the experiments on hyb. ‘ Brigga ’.

Keywords: grain sorghum, mineral fertilizers, field germination of seeds, plant survival, leaf surface area, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity, yield structure, yield, grain quality, assessment of economic and energy feasibility.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1.1. Публікації в наукових фахових виданнях України:

1. Могилевська В.В. Формування біометричних показників гібридів сорго зернового за різних систем удобрення в Лісостепу України. *Журнал рослинництва, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. Харків, ДБТУ ,2024, вип. 2. с.43–52. DOI 10.5281/zenodo.14609805

2. Могилевська В.В. Вплив форм і доз добрив на формування елементів структури врожаю сорго зернового. *Таврійський науковий вісник, землеробство, рослинництво, овочівництво та багданництво*, Випуск 142 Частина 2, Видавничий дім «Гельветика» , 2025, с. 29–35.

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.2.4>

3. Могилевська В.В. Фотосинтетична продуктивність рослин гібридів сорго зернового залежно від різних форм і доз добрив. *Наукові доповіді*

Національний університет біоресурсів та природокористування України. К: Том 21, № 2, 2025, с.148–158. DOI: 10.31548/dopovidi/2.2025.148

1.2. Наукові праці, які засвідчують апробацію результатів дисертації:

1. Свиридова Л. А., **Могилевська В.В.** Польова схожість і збереженість рослин гібридів сорго зернового залежно від впливу форм і доз добрив. Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., присв. ювілейним річницям проф. О. М. Можейка, В. В. Милого, Ю. В. Будьонного, І. І. Назаренка, 29–30 листопада 2022 р.. Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2022. С. 265–266.

2. Свиридова Л.А., **Могилевська В.В.**, Свиридов С.А. Формування біометричних показників гібридів сорго зернового залежно від форм і доз добрив. Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, матеріали 7 Міжнародної науково–практичної конференції 29–30 листопада 2023 року, Харків, 2023, С. 198–200.

3. Свиридова Л.А., **Могилевська В.В.**, Свиридов С.А. Вплив форм і доз добрив на формування складових продуктивності сорго зернового. *«Сучасні вектори розвитку аграрної науки». Матеріали міжнародної науково–практичної конференції до 150-річчя створення Херсонського державного аграрно–економічного університету. Тези доп.* м. Херсон–Кропивницький, 2024. С. 149–152.

4. Свиридова Л.А., **Могилевська В.В.**, Свиридов А.М. Вплив добрив на формування листової поверхні у гібридів Аггіл і Брігга. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Матеріали VIII*

міжнародної науково-практичної конференції 29 листопада 2024 року, м. Харків, 2024, С. 273–274.

5. Могилевська В.В. Польова схожість насіння та виживаність рослин сорго зернового залежно відрізних форм і доз добрив. *Ресурсоберігаючі технології вирощування культурних рослин. Міжнародна науково–практична конференція. Тези доп.* Біла Церква, 2025, С. 36–39.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.	13
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА СОРГО (огляд літератури)	25
1.1.Стан світового та вітчизняного виробництва зерна сорго зернового.....	25
1.2.Значення елементів технології вирощування для стабілізації.....	32
валового виробництва зерна сорго	32
1.3.Вплив різних форм і доз добрив на продуктивність сорго зернового.....	38
Висновки до розділу 1.....	42
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА І ПРОГРАМА ПРОВЕДЕННЯ	43
ДОСЛІДЖЕНЬ	43
2.1. Агрокліматичні умови проведення досліджень.....	43
Висновки до розділу 2.....	59
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ РІЗНИХ ФОРМ І ДОЗ ДОБРИВ НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО	60
3.1. Терміни настання та тривалість фенологічних фаз розвитку гібридів сорго зернового	60
3.2. Польова схожість насіння і виживаність рослин сорго	64
зернового	64

РОЗДІЛ 4. ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ ФОРМ І ДОЗ ДОБРІВ	69
4.1. Площа листкової поверхні сорго зернового	69
4.2. Фотосинтетичний потенціал гібридів сорго зернового	73
Висновки до розділу 4.....	79
РОЗДІЛ 5. ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ ФОРМ ТА ДОЗ ДОБРІВ	80
5.1. Структура врожаю гібридів сорго зернового	80
5.2. Урожайність гібридів сорго зернового залежно від досліджуваних чинників	90
Висновки до розділу 5.....	101
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ДОСЛІДЖУВАНИХ СКЛАДОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ СОРГО	104
Висновки до розділу 6.....	110
ВИСНОВКИ	112
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	116
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	117
ДОДАТКИ.....	139

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГДж/га—гігаджоуль на один гектар

ГТК—гідро-термічний коефіцієнт

т/га—тон на 1 гектар

R—коефіцієнт апроксимації

r—коефіцієнт кореляції

S_n—площа листка

ФП—фотосинтетичний потенціал

ЧПФ—чиста продуктивність фотосинтезу

K_{ee}—коефіцієнт енергетичної ефективності

ВСТУП

Актуальність проблеми. Сорго зернове (двокольорове) (*Sorghum bicolor* L.) – одна з найдавніших культур у світовому землеробстві. На сьогоднішній день це одна з найпоширеніших культур у світі. За останні 50 років посівні площі під цією культурою зросли в півтора рази, а виробництво зерна – майже на 250 %.

Зміни клімату в Україні ставлять перед виробниками завдання про адаптацію технологій вирощування сільськогосподарських культур до цих умов. Доцільність вирощування сорго зумовлено високим потенціалом його генетичної продуктивності, широким спектром його використання та появою нових високоврожайних сортів і гібридів.

За результатами наших запропоновані удосконалення технології вирощування сорго зернового дають можливість збільшити врожайність та якість отриманого врожаю.

За зміни агрокліматичних умов сорго набирає більшої популярності в Україні. Площа вирощування сорго зернового в 2020 р. становила 45 тис. га (+ 29 %) в порівнянні з 2019 р. Крім реальної економічної вигоди, яку зможуть отримати аграрії від вирощування сорго, позитивний ефект зможуть відчути на собі і українці.

Попередніми дослідженнями багатьох вчених з'ясовано окремі питання з агротехніки вирощування цієї культури, в той час як дослідження системи удобрення гібридів залишається не достатньо вивченим питанням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є складовою тематичного плану наукових досліджень Державного біотехнологічного університету і виконувалася за ініціативною тематикою НДР кафедри рослинництва: «Формування врожаю зернових хлібів, бобових, технічних культур і кормових трав» (р/№ 0101U006662), де автор був

безпосереднім виконавцем досліджень. У межах цієї ініціативної тематики наукових досліджень автором роботи було визначено й обґрунтовано наукові й агротехнічні основи росту, розвитку та формування зернової продуктивності сучасних високопродуктивних гібридів сорго зернового в умовах агрофітоценозів східного Лісостепу України. Представлені в роботі матеріали досліджень визначають можливі шляхи оптимізації агротехніки вирощування цієї культури з метою підвищення реалізації її біологічного потенціалу врожайності й якості вирощеної продукції.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень було – встановити вплив форм і доз мінеральних добрив на формування урожайності досліджуваних гібридів сорго зернового Aggyl і Brigga, які б максимально використовували потенціал культури в умовах Східного Лісостепу України.

Завданням дослідження було:

1. Вивчити вплив форм і доз мінеральних добрив на польову схожість насіння та виживаність рослин гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga.
2. З'ясувати особливості росту і розвитку рослин сорго зернового залежно від впливу погодних умов та досліджуваних чинників.
3. Визначити вплив форм і доз мінеральних добрив на площу листової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чисту продуктивність фотосинтезу рослин сорго зернового. Провести кореляційно-регресійний аналіз між фотосинтетичним потенціалом та площею листової поверхні рослин сорго.
4. Встановити залежність репродуктивної куцистості, кількості пагонів, маси зерна гібридів Aggyl та Brigga залежно від застосування різних форм і доз добрив.
5. Дослідити вплив припосівного внесення форм і доз мінеральних добрив на структуру врожайності, біологічну врожайність та якість зерна сорго зернового.

6. Провести аналіз економічної та енергетичної ефективності використання різних форм і доз мінеральних добрив та розробити рекомендації виробництву.

Об’єкт дослідження – процеси росту, розвитку і формування врожаю рослин досліджуваних гібридів сорго зернового залежно від внесення різних форм і доз мінеральних добрив.

Предмет дослідження – гібриди сорго зернового : Aggyl і Brigga; елементи технології вирощування гібридів – форми і дози мінеральних добрив: Renovation Fuerza та Dura SOP.

Методи дослідження. Для максимально повного та об’єктивного оцінювання ефективності досліджуваних технологічних чинників і їхньої взаємодії, в роботі застосовували різні наукові методи проведення досліджень: *узагальнюючий* – з метою проведення аналізу історичного і сучасного досвіду вирощування культури сорго в Україні та за кордоном, матеріалів з питань наукового обґрунтування та практичного забезпечення технологій вирощування сорго зернового; *лабораторний* – для встановлення якісних показників зерна сорго, ряду параметричних вимірювань; *польовий* – для проведення досліджень, біометричних вимірювань у різні фази розвитку рослин та супутніх досліджень; *статистичні методи* (дисперсійний, кореляційний, регресійний) – для визначення вірогідності даних, з’ясування залежностей між досліджуваними показниками; *порівняльно-розрахунковий* – для оцінки економічної й енергетичної ефективності досліджуваних варіантів елементів технології вирощування сорго зернового.

Наукова новизна отриманих результатів. Уперше для умов Східного Лісостепу України теоретично обґрунтовано та експериментально перевірено ефективність внесення новітніх комплексних гранульованих добрив Dura SOP та Renovation Fuerza під передпосівну культивуацію для гібридів сорго зернового

Aggyl та Brigga, що дозволило удосконалити технологічні елементи вирощування культури.

Вперше встановлено специфіку впливу цих добрив на реалізацію біологічного потенціалу сорго за біоенергетичними, економічними та агрофізіологічними показниками: польову схожість, збереженість рослин, площу листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чисту продуктивність фотосинтезу, структуру врожаю, масу зерна з рослини, масу 1000 насінин, озерненість волоті.

Доведено ефективність поєднання гібридів із формами та дозами добрив, яка забезпечувала реалізацію до 70 % потенціалу врожайності. Визначено оптимальні комбінації гібрид $\times$ добриво $\times$ доза для отримання максимальної врожайності та економічної віддачі.

Вперше проведено порівняльну економічну та енергетичну оцінку ефективності застосування Dura SOP і Renovation Fuerza в порівнянні із зональним контролем (нітроамофоска), визначено рівень рентабельності, енергетичної ефективності та умовного прибутку для кожного варіанта.

Уточнено критерії оцінювання технологічної ефективності сучасних гібридів сорго в агрофітоценозах Східного Лісостепу, що забезпечує наукову основу для адаптації виробництва до кліматичних змін.

Набули подальшого розвитку:

- наукові підходи удосконалення технології вирощування сорго зернового;
- шляхи управління процесами формування врожайності зерна гібридів сорго зернового різних груп стиглості за впливу мінеральних добрив.

Практичне значення отриманих результатів. За результатами проведених досліджень встановлено та рекомендовано виробництву вдосконалені складові технології вирощування гібридів сорго зернового, які дають можливість значно підвищити та стабілізувати обсяги виробництва

білого зерна та забезпечити переробну промисловість сировиною, яка має широкий спектр використання.

Виробнича перевірка отриманих результатів за темою дисертації проведена в 2023 році на базі ТОВ "ІСАЇВСЬКА МАШИНО–ТЕХНОЛОГІЧНА СТАНЦІЯ", Одеська область, рекомендовані складові технології вирощування гібридів сорго порівняно з прийнятою в господарстві технологією вирощування сорго зернового отримано на всю площу додатковий прибуток 95 тис. грн (дод. А).

В 2024 році в ТОВ "АГРОФІРМА ЗАРОСЯНСЬКА", Київська область, провели виробничу перевірку рекомендованих елементів технології на площі 7 га, було отримано на всю площу посіву додатковий прибуток, який склав 123 тис. грн (дод. А).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота виконана особисто автором на основі польових і лабораторних досліджень проведених на базі Державного біотехнологічного університету. Вибір напрямку та методик досліджень, закладання і проведення польових досліджень, а також виконання запланованих програмою лабораторних вимірювань, супутніх спостережень, обліків і аналізів, здійснювалися автором особисто або за його безпосередньої участі. Дисертантом проведено аналіз і узагальнення отриманих результатів, підготовлено наукові статті до друку, розроблено наукові положення, висновки та рекомендації виробництву, здійснено їхню перевірку та впровадження.

Апробація результатів досліджень.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у наукових працях, в тому числі: наукових фахових виданнях України– 3, тез доповідей на науково-практичних конференціях – 5.

Об'єм і структура роботи. Дисертаційний матеріал викладений на 180 сторінках машинописного тексту (з них 139 сторінок основного тексту) та

складається з анотації, вступу, 6 розділів, висновків і рекомендацій виробництву, додатків і списку використаних літературних джерел. Робота містить 19 таблиць, 9 рисунків і 38 додатків. Список використаних літературних джерел включає 199 найменувань на 22 сторінках, у тому числі – 49 латиницею і 4 посилання на електронні ресурси.

РОЗДІЛ 1. ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА СОРГО (огляд літератури)

1.1. Стан світового та вітчизняного виробництва зерна сорго зернового

Сорго зернове (двокольорове) (*Sorghum bicolor* L.) – одна з найдавніших культур у світовому землеробстві. Воно походить з Екваторіальної Африки. Сорго є однією з найпоширеніших культур у світі. Впродовж минулих 50 років посівні площі під цією культурою зросли майже в півтора рази, а виробництво зерна – майже на 250 % [1].

Свою назву ця культура отримала за високорослість. У перекладі з латинської сорго (*consurget*) значить «височіти», «підноситися» [2]. Вторинними центрами походження сорго є Індія та Китай. У Індії сорго почати вирощувати більше п'яти тис. років, у Китаї й Єгипті – 4 тис. років. В Європі сорго з'явилося значно пізніше. Уперше про культуру сорго згадується в роботі Плінія – «Природна історія», в якій він відмічає, що сорго потрапило до Римської імперії з Індії, однак вирощувати тут його почали лише в XVII ст. [3,4]. Сорго зернове – важливе джерело концентрованих кормів для тваринництва посушливих регіонів України, основне призначення його є саме кормове [5–9].

За вмістом основних поживних речовин і виходом кормових одиниць сорго майже не поступається кукурудзі, а за вмістом сирого протеїну перевищує її на 2–3 %. У зерні сорго міститься до 80 % крохмалю; 12–14 % білка; 3,5–4,5 % жиру; 2,4–4,8 % клітковини; 1,2–3,2 % золи. Енергетична поживність 100 кг зерна сорго становить 118–130 к. од. [10–15].

Впродовж минулих десятиліть у світі спостерігаються глобальні кліматичні зміни, які супроводжуються підвищенням температури повітря і зменшенням кількості опадів, не виключенням є клімат України, де почастишали

і стали більш тривалими бездошові періоди по всій її території та зумовлюють ґрунтову і повітряну посухи, суховії, низьку вологість повітря. У степових районах вже не рідкісними є тривалі посухи з відсутністю опадів понад 100 днів [16].

Поступове глобальне потепління клімату, що спостерігається протягом останніх десятиліть, істотно впливає на ефективність сільськогосподарського виробництва. Одним із найгостріших наслідків цих змін стало зниження врожайності провідних сільськогосподарських культур — у середньому на 50–60 %, а в окремі роки навіть більше. Основною причиною такого зниження є збільшення частоти та тривалості посушливих періодів, які наразі стали глобальною проблемою для аграрного сектору [17].

В умовах кліматичної нестабільності особливого значення набуває впровадження у виробництво культур, здатних забезпечувати високу врожайність за зниженого водозабезпечення. Однією з найбільш перспективних у цьому аспекті є сорго — злакова культура, яка поєднує в собі високу адаптивність до несприятливих умов, стійкість до посухи та стабільну продуктивність. Порівняно з іншими зерновими культурами, сорго має численні переваги — як у вирощуванні, так і в післязбиральній обробці, зберіганні та використанні на харчові, кормові й технічні цілі.

Вирощування сорго є доцільним насамперед завдяки його високій продуктивності та універсальності застосування. Це невибаглива культура, здатна формувати стабільно високі врожаї навіть в умовах обмеженого зволоження та підвищених температур. Така здатність обумовлюється потужною, добре розвинутою кореневою системою, яка глибоко проникає в ґрунт і забезпечує ефективне використання вологи з глибших шарів [18].

Сорго добре адаптується до широкого спектра ґрунтів — від чорноземів до легких піщаних і навіть деградованих земель. Завдяки цьому воно може бути

рекомендоване для вирощування як культура первинного освоєння еродованих ділянок, схилів і малопродуктивних угідь. Єдиним обмеженням для вирощування сорго залишаються надмірно зволожені та заболочені ґрунти, зокрема ті, де ґрунтові води залягають близько до поверхні.

З усіх польових культур саме сорго вважається однією з найбільш стійких до посухи. За здатністю витримувати тривалі періоди дефіциту вологи, культура практично не має конкурентів. Незважаючи на економне використання води, в процесі формування урожайної маси протягом вегетаційного періоду сорго потребує значної кількості вологи, яку витрачає переважно на транспірацію. Крім того, сорго здатне витримувати дуже високі температури повітря та ґрунту без значного зниження продуктивності, що є важливою ознакою адаптивності в умовах змінного клімату [19–23].

У світовому масштабі сорго посідає п'яте місце серед зернових культур після кукурудзи, пшениці, рису та ячменю. За останні 50 років загальні посівні площі під цією культурою у світі зросли на 60 %, що є свідченням її агроєкономічної перспективності [24–26]. На сьогоднішній день сорго вирощується в понад 80 країнах світу, а загальна площа його посівів наближається до 50 млн гектарів. Основними світовими виробниками зерна сорго є: Нігерія — 10,5 млн т, США — 10,0 млн т, Індія — 7,8 млн т, Мексика — 5,5 млн т, Судан — 4,2 млн т, Китай — 2,3 млн т, Аргентина — 2,2 млн т, Австралія — 2,0 млн т, Бразилія — 1,9 млн т [27].

Середня врожайність зерна сорго у світі становить 1,5–2,0 т/га. У країнах Африки цей показник нижчий — 0,8–1,0 т/га, тоді як в Азії — 1,0–1,5 т/га. Найвищу врожайність демонструють США (4,2–4,3 т/га на площі 3,1–4,9 млн га) та Китай (4,0–4,5 т/га на 1,3 млн га). У країнах Європи з розвиненим землеробством врожайність також висока: у Франції — 4,2 т/га, в Іспанії — 5,3 т/га.

В Україні сорго здебільшого вирощують у південних і центральних регіонах. Історично посівні площі змінювалися: з 6,6 тис. га у 1950 р. вони зросли до 93,5 тис. га у 1987 р., але потім почали зменшуватись — до 5,4–10,4 тис. га у 1990-х роках [2].

З 2003 по 2015 рік відбулося пожвавлення вирощування сорго. Посівні площі зросли з 22,9 тис. га до 104,2 тис. га, а валовий збір — з 24 тис. т до 214,7 тис. т. Середня врожайність у ці роки коливалась від 1,29 т/га до 2,68 т/га. Дані щодо цукрового сорго не враховуються окремо у державній статистиці, однак, за оцінками, його вирощують на 15–20 тис. га.

Виробництво зеленої маси сорго має різну динаміку залежно від країни. У США, Аргентині та Китаї за останні 20 років її обсяги скоротилися в 3–4 рази. Натомість у Бразилії та Нігерії — зросли. В Австралії, Ефіопії та Індії ситуація більш стабільна [19].

Для оцінки перспектив сорго в Україні важливо врахувати загальносвітові тенденції. У 2000–2022 рр. площі посівів сорго у світі коливались у межах 39,2–46,4 млн га. В Україні за цей період посіви зросли з 5,8 тис. га (2002 р.) до 136,9 тис. га у 2012 р. і 129,3 тис. га у 2013 р.

У 2015 році площа під зерновим сорго в Україні становила 77,4 тис. га. За середньої врожайності 3,0 т/га потенційний валовий збір міг досягати 232 тис. т. Природно-кліматичні умови степової зони України, де випадає менше 400 мм опадів і спостерігається висока сума ефективних температур, сприятливі для вирощування сорго.

До 2020 року планувалося збільшити площі під зерновим (білим) сорго до 400 тис. га за рахунок скорочення посівів ярого ячменю та соняшнику. За умови застосування сучасних технологій і гібридів можна було досягти врожайності 5,23 т/га, що дало б змогу зібрати понад 2,0 млн т зерна. Проте реалізація цього

потенціалу можлива лише за дотримання зональних технологій вирощування [28–30].

У 2016 та 2017 роках посіви сорго відрізнялись незначно в Україні від 70,2 до 71,0 тис. га, так вже у 2021 році скоротились до 41,7 та до 15,2 тис. га в 2022 році, зменшення посівних площ можна обґрунтувати війною з Росією.

Протягом 2000-2022 років валовий збір зерна у світі варіювався від 53,4 до 68,3 мільйона тонн. В Україні ці показники демонстрували нестабільність. Найменший валовий збір був у 2002 році – 7,7 мільйона тонн при площі 5,8 тисячі гектарів, тоді як найвищий обсяг зафіксували у 2013 році – 354,4 мільйона тонн з площі 129,3 тисячі гектарів.

Урожайність зерна сорго в Україні з 2000 по 2003 рік була близькою до світових показників, коливаючись між 0,99 та 1,37 т/га. Проте з 2004 року по 2022 рік вона значно перевищила ці дані, досягнувши в 2018, 2019 та 2021 роках 4,62, 4,1 та 4,15 т/га відповідно, тоді як у світі ці показники становили 1,42, 1,44 та 1,49 т/га. У 2022 році площі посівів склали 15,2 тисячі гектарів, а в 2023 році зменшилися до 13 тисяч гектарів [24].

Популярність культури сорго зернового в загальносвітовому масштабі підтверджується загальними посівними площами, котрі щороку коливаються в межах 45–51 млн. га та відмічена чітка тенденція їх зростання, а серед 85 країн, що вирощують зернове сорго, для майже 38 % держав-виробників (здебільшого, розташованих в зоні аридного клімату) воно є ведучою зерновою культурою не лише кормового, а й харчового використання [13].

Культура на сьогодні замикає «топ-п'ять» найпоширеніших на планеті зернових культур (пшениця, рис, кукурудза і ячмінь), формуючи в таких країнах, як, наприклад, Ефіопія, Судан, Буркіна-Фасо, Нігерія, більшість штатів Індії, провінцій Китаю продуктову державну політику [31–32].

Перспективність збільшення посівних площ під зерновим сорго в регіонах із дефіцитом вологи обумовлена низкою факторів. Насамперед, ця культура відзначається високим рівнем урожайності навіть за несприятливих умов вирощування. Водночас сорго має широкий спектр використання: отриманий корм придатний для всіх видів свійських тварин, зерно легко піддається різновекторній переробці, а також культура стає все більш актуальною у світовому контексті як важливе джерело біоетанолу. Останній, у свою чергу, активно використовується як альтернативне біопаливо або як домішка до традиційних видів пального, що підвищує загальну енергетичну незалежність держав [33–38].

Світовими лідерами з виробництва зерна сорго в період з 2000 по 2022 роки залишаються: Сполучені Штати Америки – 9,9 млн т, Нігерія – 7,3 млн т, Індія – 6,1 млн т, Мексика – 5,8 млн т, Судан – 4,3 і 3,9 млн т, Ефіопія – 3,4 млн т, Аргентина – 2,9 млн т, Китай – 2,6 млн т та Бразилія – 1,9 млн т. У структурі світового виробництва зерна сорго за регіонами найбільшу частку має Африка – 42 %, за нею слідує Америка – 37 %, Азія – 16 %, тоді як частка Океанії й Європи становить лише 3 % і 2 % відповідно.

Втім, вирощування сорго звичайного двокольорового на великих площах супроводжується низкою складнощів. Насамперед, складно досягти стабільної урожайності впродовж багатьох років без урахування агрокліматичних особливостей регіону. Саме тому дослідження зональної адаптивності сорго та визначення регіонів із найбільш сприятливими умовами для розкриття його потенціалу є надзвичайно актуальним напрямом аграрної науки.

У середньому по Україні, площі під вирощуванням сорго звичайного двокольорового становлять 47,7 тис. га, середня урожайність – 3,49 т/га, що забезпечує валовий збір на рівні 219,8 тис. т. Таким чином, в Україні сформувався певний сегмент ринку, орієнтований на вирощування сорго. Подальше розширення цього ринку можливе за умов раціонального розміщення посівів залежно від агрокліматичних характеристик кожного регіону.

Найбільш перспективним регіоном для інтенсифікації вирощування сорго є Степова зона України. Саме тут, незважаючи на підвищену посушливість, сума активних температур зросла на 405 °С з 1990 року, що створює додаткові можливості для культивування теплолюбних культур. Посухо- та жаростійкість сорго дає змогу досягати високих показників урожайності та валового збору саме у цьому регіоні.

Проте, аналіз умов Лісостепової зони України свідчить, що цей регіон також сприятливий для вирощування сорго. У Київській, Вінницькій, Полтавській та Харківській областях відзначено формування сприятливих кліматичних умов для реалізації біологічного потенціалу культури, що забезпечує середню урожайність 3,45 т/га — на 0,14 т/га вищу, ніж у Степу. Це зумовлено наявністю помірних середньодобових температур, збільшеною кількістю опадів і, відповідно, вищим рівнем забезпечення рослин вологою.

У Поліссі України, незважаючи на збільшення суми активних температур на 450 °С з 1990 року, вирощування сорго є ризикованим через надмірне зволоження, чергування холодних і теплих періодів, а також коротший вегетаційний період. Однак, у таких областях, як Житомирська та Чернігівська, у сприятливі роки все ж фіксувалась висока урожайність, що свідчить про потенціал адаптації сорго до локальних умов.

Визначальним критерієм ефективності вирощування сорго є валовий збір зерна в регіональному розрізі. Найбільші обсяги виробництва забезпечує Степова зона, за якою слідує Лісостеп — із часткою у 29,0 % від загального обсягу валового збору сорго в Україні. Отже, регіональна спеціалізація вирощування цієї культури, а також удосконалення агротехнологій, є ключовими умовами підвищення її продуктивності в умовах змін клімату.

1.2. Значення елементів технології вирощування для стабілізації валового виробництва зерна сорго

Вибір умов і способів сівби сорго має бути науково обґрунтованим з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов регіону, біологічних характеристик сортів і гібридів, а також наряду використання культури — на корм або зерно [39–43].

На ранніх етапах росту й розвитку рослин особливо важливо забезпечити сприятливе поєднання факторів, адже саме тоді закладаються вузли, серединні жилки та основи листків, що безпосередньо впливають на майбутню врожайність [44–48].

За умов обмеженого водопостачання на перший план виходить спосіб сівби та кількість рослин на одиницю площі. Високі й стабільні врожаї можливі лише за умови правильного розміщення сходів сорго в полі [49–54].

Через високу пластичність культури можна досягати добрих результатів як при загущених посівах, так і за меншої густоти, оскільки сорго здатне адаптуватися, змінюючи інтенсивність кушіння й формуючи продуктивну волоть.

В умовах низької густоти посіву кожна окрема рослина розвивається потужніше, формуючи більшу кількість зерна. При надмірній густоті вага насіння з однієї волоті знижується, проте за рахунок більшої кількості волотей на одиниці площі врожайність не страждає. Це й пояснює чому ширина міжрядь та густота стояння можуть істотно варіюватися залежно від агрокліматичних умов та реакції сорту на площу живлення [55–59].

Недостатнє зволоження висуває підвищені вимоги до рівномірності розміщення рослин та кількості на одиниці площі [60].

Різна схема висіву впливає на мікроклімат, розвиток хвороб, поширення шкідників і рівень забур'яненості [61–62].

Менша кількість рослин на м² дозволяє краще використовувати поживні речовини та полегшує обробіток ґрунту. Проте при загущених посівах ці процеси ускладнюються, знижується освітленість, що погіршує азотний обмін і, як наслідок, зменшується накопичення сухої речовини [63–64].

Використання міжрядь шириною 15–30 см дозволяє отримати задовільні результати, проте поступається широкорядному посіву. Зокрема, при міжряддях 45 см під час збирання запаси вологи в метровому шарі ґрунту є вищими порівняно з вузькорядними посівами [65].

Дослідження науковців підтверджують ефективність широкорядного способу в умовах посухи або оптимальної вегетації [66–68].

В умовах правобережного Лісостепу України максимальну урожайність зернового сорго вдається отримати за міжрядь 15 см на чистих від бур'янів полях, тоді як на забур'яненних краще працює широкорядна схема [69].

Підбір ширини міжрядь і густоти стояння слід здійснювати індивідуально, з урахуванням біологічних потреб культури. Варто зазначити, що при вирощуванні в рядках із міжряддями 15 см більшість сортів і гібридів показують нижчу врожайність, ніж при широкорядних схемах.

У дослідженнях Каленської С.М. і Найденка В.М. було виявлено, що продуктивність гібридів залежала від ширини міжрядь. Наприклад, гібрид Лан 59 дав максимальну урожайність (5,40 т/га) при 50 см міжрядь, а при 70 см урожайність зменшилася на 0,45 т/га. Гібрид Брігто F1 продемонстрував найвищий результат — 8,48 т/га — при 50 см, а при 70 см — лише 7,93 т/га. Це свідчить про меншу чутливість цього гібриду до зміни схеми висіву.

В умовах степу оптимальна густота посіву становить 140–160 тис. рослин на гектар. У південних і східних регіонах — через посуху — густоту знижують до 60–100 тис., а в сприятливі роки — до 140 тис. рослин на гектар [71–73].

У результаті аналізу досліджень постала потреба в уточненні оптимальних форм і доз добрив, а також схеми розміщення рослин — відстані між ними в рядку і міжрядді, що є одним із ключових елементів технології вирощування сорго в умовах Східного Лісостепу України.

Застосування мінеральних добрив має критичне значення, адже саме вони забезпечують рослини необхідними макро- й мікроелементами для активного росту, розвитку та формування врожаю.

Основні макроелементи — азот, фосфор і калій — сприяють формуванню міцного стебла, потужного листяного апарату та високоякісного зерна.

Мікроелементи, такі як магній, марганець, залізо та цинк, мають значний вплив на фотосинтез, дихання, засвоєння поживних речовин, активність ферментів та інші життєво важливі процеси [74–75].

Зокрема, залізо критично необхідне для запобігання хлорозу та підтримання високої врожайності [76]. Молібден сприяє фіксації атмосферного азоту, що покращує азотне живлення сорго. Цинк активізує фотосинтетичну систему та покращує засвоєння азоту і фосфору, що підвищує врожайність [77–78].

Магній входить до складу хлорофілу та активує понад 300 ферментів, а марганець стимулює синтез хлорофілу й бере участь у фотосинтезі [79].

Дефіцит мікроелементів негативно впливає на ріст і продуктивність сорго, тому застосування їх у формі хелатів або інших доступних форм є доцільним заходом для підтримки життєдіяльності рослин.

Загалом мінеральні добрива забезпечують підвищення врожайності, але максимального ефекту можна досягти лише при поєднанні з органічними добривами та біологічними методами.

Такий інтегрований підхід сприяє покращенню структури ґрунту, збереженню родючості та сталому розвитку агроєкосистем.

Як підтверджують дослідження, саме комбіноване внесення мінеральних і органічних добрив із дозою понад 100 кг N/га забезпечує максимальну агроекологічну та продуктивну ефективність [80].

Урожайність сорго може збільшитися на 12–15% при застосуванні мінеральних добрив з азотом, фосфором та калієм у правильних пропорціях [81].

Застосування мінеральних добрив у комбінації з органічними добривами може забезпечити стабільні та високі урожаї сорго, навіть у зоні ризику від посухи, а також забезпечити збільшення урожайності сорго на 20–30% в умовах оптимального вологозабезпечення [82].

Українські дослідники активно аналізують вплив органічних і мінеральних добрив на урожайність та якісні показники зерна сорго зернового. Зокрема, Кулішенко О. М. із колегами [83] довели, що застосування різних типів добрив не лише підвищує врожайність, але й покращує якість зерна.

Підтвердження цьому надають результати Мельника О. А. та співавторів [84], які встановили позитивний вплив добрив на вміст протеїну, амінокислот і мінеральних речовин у зерні сорго.

Хоч культура й характеризується невисокими вимогами до родючості ґрунтів, сорго чутливо реагує на внесення як органічних, так і неорганічних добрив. В середньому, для формування 1 тонни насіння рослина споживає 17–36 кг азоту, 4,5–9,5 кг фосфору (P_2O_5) та 18–26 кг калію (K_2O) [85].

За даними Климовича П. В. [86], внесення добрив забезпечує до 37–42 % приросту врожаю. Однак, потенціал ґрунтів регіонів вирощування сорго дозволяє покрити лише 45–55 % поживних потреб рослин, а решта має надходити з добрив.

Попри існуючу думку про самодостатність кореневої системи сорго, досвід показує, що найвищі врожаї забезпечуються лише за умов достатнього мінерального живлення, особливо у посушливих зонах [87–88].

Світовий досвід свідчить про високу реакцію сорго на внесення добрив, як органічних, так і мінеральних. Ці реакції значною мірою залежать від типу ґрунту й кліматичних умов.

Протягом вегетації споживання поживних елементів варіює: азот активно засвоюється в період інтенсивного росту, фосфор та калій — на етапах формування кореневої системи й генеративних органів [89].

На розвиток рослин сорго впливають не лише дози добрив, а й умови водозабезпечення та температурний режим. Наприклад, внесення фосфорно-калійних добрив скорочує період росту на 6 днів, у той час як азотні добрива, навпаки, затримують цвітіння й дозрівання на 2–3 дні [90].

Серед усіх макроелементів азот відіграє ключову роль у рості рослин, розширенні листової поверхні та загальному розвитку. Проте надлишок азоту може мати негативні наслідки — зниження посухостійкості, затягування вегетації, накопичення нітратів [91].

Максимальна ефективність азоту спостерігається у фазі формування репродуктивних органів — за 10–15 днів до появи волоті й протягом 10–15 днів після цвітіння [92].

Значення фосфору важко переоцінити — він необхідний як для проростання насіння, так і для подальшого росту. Наприклад, на півдні України вміст доступного фосфору становить 8–12 мг/100 г ґрунту, що забезпечує лише 65 % потреб рослини при врожайності 5,0 т/га [93].

Рекомендується вносити фосфор у кількості, що в 1,5–2 рази перевищує норму азоту: 45–60 кг/га у богарних умовах та до 90–100 кг/га при зрошенні.

Часткове локальне внесення фосфору (10–15 кг/га) при сівбі дає добрі результати.

Хоча на ранніх етапах потреба у фосфорі нижча, через кілька днів після проростання починається активне його поглинання. У фазі виходу волоті поглинається до 50 % від загальної кількості фосфору, при цьому формується лише 30–32 % сухої біомаси. Надлишкове азотне живлення за фосфорного дефіциту викликає затримку дозрівання [94–95].

Згідно з дослідженнями Reddy та співавторів [92], спільне внесення азоту й фосфору покращує якість зерна, підвищує вміст білка, фосфору, жирів та цукрів. Застосування P90K90 дало прибавку врожаю 0,24–0,51 т/га залежно від варіанта добрива.

Калій рівномірно засвоюється протягом усього періоду вегетації. Він накопичується в точках росту та відіграє важливу роль у синтезі крохмалю, цукрів і регуляції водного режиму, підвищуючи стійкість до посухи [96].

Як свідчать польові досліді, сорго добре реагує на органічні добрива, особливо в поєднанні з мінеральними. Внесення 10–20 т/га органіки в зяблевий період забезпечує приріст урожайності на 0,4–1,0 т/га та покращує якісні показники продукції [98].

Оптимальна врожайність сорго (5,0 т/га) була досягнута за внесення понад 150 кг/га азоту за умови 70 % вмісту доступного азоту в орному шарі. Проте перевищення цих значень або надлишкова вологість не забезпечували подальшого приросту [99].

Так, у Херсонській області на незрошуваних землях урожайність складала 4,5 т/га при внесенні N45P45K45, а при зрошенні підвищилася в 1,8 раза — до 8,0 т/га.

Макарова Л. Х. [100] зазначає, що всі досліджувані сорти реагували на NPK-добрива (45 і 90 кг/га) значним підвищенням урожайності. Збільшення

дози до 135 кг/га дало результат лише для інтенсивних сортів. Добриво N60P60K30 підвищило вегетативну масу на 19,3 %.

Внесення добрив у дозі N30P60K30 підвищує асиміляційну поверхню та вміст хлорофілу, а за інших досліджень — найкращим варіантом було N180P90, що значно посилило продуктивність фотосинтезу [101].

Гібрид сорго Медовий забезпечив найвищу врожайність—7,46 т/га — при внесенні N45 під сівбу та N45 у рядки, на фоні фосфорно-калійного добрива P60K60.

За результатами польових досліджень у зонах нестійкого зволоження встановлено, що найбільш ефективними були дози N60–90P60K30 [91]. Разом із тим, при застосуванні нижчих доз (N30–60) урожайність утримувалась на рівні 5,59–5,81 т/га [102].

1.3. Вплив різних форм і доз добрив на продуктивність сорго зернового

Сьогодні мінеральні добрива посідають ключове місце в системі підвищення продуктивності сорго звичайного (*Sorghum bicolor*). Вони є важливим джерелом необхідних макро- та мікроелементів, що забезпечують нормальний ріст, розвиток і формування врожаю рослин. Завдяки внесенню цих добрив створюються оптимальні умови для ефективного використання природних ресурсів та біологічного потенціалу культури, що безпосередньо впливає на кількість і якість отриманого зерна.

Серед основних компонентів мінеральних добрив – азот (N), фосфор (P) і калій (K), які є незамінними елементами живлення для рослин. Азот сприяє активному нарощуванню вегетативної маси, фосфор – розвитку кореневої системи та прискоренню дозрівання, а калій регулює водний баланс і підвищує стійкість

рослин до різних стресів. Взаємодія цих елементів забезпечує формування міцних стебел і здорових листків, а також сприяє кращому розвитку зерна.

Важливо також підкреслити значення мікроелементів, які хоч і потрібні рослинам у невеликих кількостях, але їх роль є вирішальною для багатьох фізіолого-біохімічних процесів. Зокрема, марганець (Mn), залізо (Fe), магній (Mg), цинк (Zn) активно впливають на процеси фотосинтезу, дихання, обміну речовин і асиміляції поживних речовин, забезпечуючи оптимальний розвиток рослин [74–75].

Дослідники підтвердили, що доступність мікроелементів у ґрунті є критичною для нормального фізіологічного функціонування сорго зернового. Особливу увагу слід звернути на залізо, дефіцит якого викликає розвиток хлорозу – хвороби, що призводить до зниження фотосинтетичної активності і, як наслідок, суттєвого падіння врожайності. Для компенсації нестачі Fe застосовують як внесення заліза у ґрунт, так і листкове підживлення відповідними препаратами, що сприяє підтримці нормального росту і підвищенню врожайності культури [76].

У період 2016–2020 років Л.А. Правдива і В.А.Доронін провели серію досліджень у Правобережному Лісостепу України, де вивчали вплив різних доз мінеральних добрив на фотосинтетичну продуктивність сорго зернового. Результати показали, що площа листової поверхні рослин збільшувалась при підвищенні дози добрив. Максимальні значення були зафіксовані у варіантах з внесенням розрахункової дози N50P40K70 та високих доз (N90P90K90 і N120P120K120) у період викидання волоті – цвітіння. Ці варіанти характеризувалися також найвищими показниками чистої продуктивності фотосинтезу і максимальною врожайністю зерна [103].

Протягом 2017–2019 років Іваніна В.В., Пашинська К.Л. та інші дослідники здійснювали польові експерименти на Уладово-Люлинецькій дослідно-

селекційній станції, щоб визначити вплив мінеральних добрив на врожайність сорго. Вони встановили, що внесення добрив стимулювало ріст і розвиток листової поверхні: у фазу викидання волоті площа листків складала 0,23–0,27 м² на рослину, а в фазу повної стиглості – 0,15–0,17 м², що було значно більше порівняно з контролем без добрив (різниця складала 0,01–0,05 і 0,01–0,03 м² відповідно).

Застосування мінеральних добрив у достатньо зволжених умовах чорнозему вилугуваного легкосуглинкового типу суттєво підвищило врожайність зерна сорго. Зокрема, за доз N60P60K60 отримано 6,8 т/га зерна, при N90P90K90 – 7,4 т/га, а при максимальній дозі N120P120K120 – 7,9 т/га, що перевищувало контроль без добрив на 0,7; 1,3 та 1,8 т/га відповідно. При цьому збільшення сумарної дози NPK з 180 до 360 кг/га сприяло підвищенню врожайності на 12–30 %. Максимальний рівень продуктивності було зафіксовано при застосуванні альтернативної органо-мінеральної системи удобрення (солома 4 т/га + N120P120K120), що дало урожай 8,5 т/га – на 0,6 т/га більше, ніж при внесенні лише мінеральних добрив, і на 2,4 т/га більше за контроль [104].

У період 2015–2017 років Каленська С.М. і Найденко В.М. проводили багатofакторні дослідження на території ТОВ «Біотех ЛТД» (центральна частина Бориспільського району Київської області). Вони вивчали вплив ширини міжрядь та систем удобрення на врожайність гібридів сорго зернового. Виявлено, що найвищу продуктивність рослини демонстрували за ширини міжрядь 50 см, де середня врожайність гібридів змінювалась від 4,89 до 8,69 т/га. Збільшення норми передпосівного азоту з N20 до N60 забезпечувало приріст урожайності у межах 0,22–0,51 т/га залежно від гібриду. Найекономічно вигіднішими виявилися гібриди Брігга F1 та Бургго F1, що формували прибуток у 28,9 тис. грн/га і 25,4 тис. грн/га відповідно. При цьому внесення додаткових 20 кг/га азоту не

компенсувалося приростом врожайності, що свідчить про доцільність оптимізації норм добрив [70].

Дослідження В.П. Малярчука, В.В. Сидоренка і А.С. Малярчука у 2018–2020 роках засвідчили значний вплив способу основного обробітку ґрунту й удобрення на формування врожаю сорго зернового. Найвищу врожайність (5,44 т/га) отримано при полицевому обробітку і внесенні N60. Безполицевий обробіток та дискове розпушування значно знижували врожайність (на 14,7–28,5 % порівняно з оранкою). При цьому внесення N30 підвищувало врожайність у 1,3 раза, а збільшення норми до N60 – у 1,2 раза порівняно з N30. Аналіз показав, що основною складовою варіації врожайності були саме добрива (76,1 %), а обробіток ґрунту відігравав меншу роль (17,6 %) [105, 106].

Протягом 2019–2021 років Тітаренко О.С. досліджувала вплив мікродобрив та регуляторів росту на продуктивність гібридів сорго зернового. Найкращі умови для реалізації потенціалу культури були у 2021 році – середня врожайність становила 9,89 т/га, що суттєво перевищувало середній показник по Київській області (3,8 т/га). Гібрид Ютамі завдяки подовженому вегетаційному періоду краще використовував сонячну енергію, що забезпечило йому перевагу у врожайності на 1,16–1,68 т/га порівняно з гібридом Брігта. Оптимальним варіантом удобрення для гібрида Брігта стала позакореневе внесення мікродобрива Альфа-Гроу-Екстра (2 л/га) у поєднанні з регулятором росту Стимпо (20 мл/га), що забезпечило урожай 7,71 т/га. Для гібриду Ютамі подібна технологія з використанням мікродобрива і регуляторів росту дала урожайність 8,88–8,89 т/га. При цьому частка впливу вибору гібриду на урожайність становила 35 %, мікродобрив – 14 %, а регуляторів росту – значно менше [108].

Висновки до розділу 1

1. Узагальнені результати досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених по впливу різних форм і доз добрив, проаналізовано умови вирощування та виявлений підбір оптимальних умов живлення рослин сорго в різних кліматичних умовах України та світу.

2. Поява нових високопродуктивних сортів і гібридів з якісними господарсько-агрономічними характеристиками потребує розробки їх технологій вирощування. В умовах Східного Лісостепу України відсутні зональні технології вирощування де б розроблялись застосування різних доз і форм добрив та їх впливу на ріст, розвиток і врожайність нових гібридів та сортів сорго зернового.

3. Аналіз наукових першоджерел свідчить про необхідність проведення польових та лабораторних досліджень по виявленню впливу різних форм і доз добрив в умовах Східного Лісостепу України для отримання достовірних результатів та надання обґрунтованих рекомендацій для вирощування гібридів сорго зернового в цій зоні.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА І ПРОГРАМА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Агрокліматичні умови проведення досліджень

Погодні умови за роки дослідження істотно відрізнялися за гідротермічними показниками, що дозволило детальніше вивчити вплив форм та доз мінеральних добрив на формування врожайності гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga.

Дослідне поле ДБТУ знаходиться в Лівобережному Лісостепу України. Це регіон нестійкого зволоження, де коливання суми річних опадів складає від близько 250 мм до приблизно 800 мм. Засухи та суховії бувають один раз на три роки. Аналіз кліматичних умов Харківської області за останні 20 років свідчить, що порівняно з середніми багаторічними показниками значно підвищилась сума ефективних температур за дефіциту опадів, це суттєво впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур в період серпня–жовтня. Таким чином особливістю останніх років є осіння посуха. За даними Харківського регіонального центру з гідрометеорології погодні умови вегетаційного періоду 2021 року мали наступні закономірності (табл.2.1).

Порівняно з середніми багаторічними температурні умови за декадами відрізнялись на 0,6–3,1 °С, тобто, квітень був прохолоднішим, а сума опадів перевищувала на 1,5 мм показники середні багаторічні. Квітню були притаманні заморозки в першій та третій декадах.

Травень за температурними умовами не відрізнявся від середніх багаторічних даних, проте в окремі календарні дні температура піднімалася до 25–28,5 °С. Сума опадів за місяць перевищувала середні багаторічні на 7,8 мм, розподіл опадів за декадами був нерівномірний, найбільша кількість їх випадала в другій декаді травня.

Таблиця .2.1

**Хід температур та кількість опадів за даними Харківського
регіонального центру з гідрометеорології (м. Харків), 2021 р.**

Місяць	Температура, °С				Середні багаторічні		Опади, мм
	Декада	Середня	максимальна	мінімальна	Температура, °С	Опади, мм	
Квітень	I	6,8	17,8	-3,3	7,4	14,2	8,6
	II	10,0	21,3	2,9	9,0	12,4	20,7
	III	9,3	21,3	-0,3	12,3	8,9	14,4
	За місяць	8,7	21,3	-3,3	9,6	35,5	43,7
Травень	I	13,4	25,0	3,3	14,9	13,2	14,0
	II	16,5	28,5	0,3	16,6	11,7	28,7
	III	18,5	28,0	10,1	16,7	18,8	8,8
	За місяць	16,1	28,5	4,7	16,1	43,7	51,5
Червень	I	15,4	24,0	8,7	19,8	13,4	50,8
	II	21,4	28,0	13,1	20,0	25,1	23,4
	III	25,6	34,4	15,3	20,7	24,8	7,7
	За місяць	20,8	34,4	8,7	20,2	63,3	81,9
Липень	I	23,6	31,0	14,0	21,0	19,5	6,0
	II	27,1	36,0	14,0	21,6	25,0	0,0
	III	23,7	34,0	14,0	21,5	27,2	1,0
	За місяць	24,8	36,0	14,0	21,4	71,7	7,0
Серпень	I	26,2	35,1	15,9	21,9	11,1	2,2
	II	25,0	34,0	14,9	20,8	19,0	5,9
	III	23,0	33,4	14,8	19,1	16,8	3,7
	За місяць	24,7	35,1	14,8	20,6	46,9	11,7
Вересень	I	15,1	26,6	3,4	17,2	15,7	2,3
	II	17,4	27,6	6,4	14,3	14,1	18,3
	III	13,7	19,8	7,8	12,0	13,7	13,7
	За місяць	15,4	27,6	3,4	14,5	43,5	43,5

Червень був спекотнішим порівняно з багаторічними даними, особливо в другій та третій декаді, де температури сягали 28,0 і 34,4 °С. Перша декада чер-

вня мала нижчі температури від значень середніх багаторічних на 4,4 °С, була вологою – випало 50,8 мм, що порівняно з багаторічними вище на 37,4 мм.

Липень був сухим, випало 7 мм опадів за температури 24,8°С при середніх показниках 71,7 мм опадів та температури– 21,4 °С. В серпні ми спостерігали таку ж закономірність. Сума опадів була на 35,1 мм меншою, а температури перевищували показники середніх багаторічних на 4,1 °С. Спостерігалось коливання температур від 23,0 до 35,1 °С.

У вересні температури були вищими за багаторічні приблизно на 1 °С, проте сума опадів було значно меншою за середні багаторічні. В цілому вересень був сухим з високими середньодобовими температурами, які коливались від 3,4 °С в вечірні години до 27,6 °С в денні.

Спостереження показали, що квітень 2023 р. був теплішим за середньобагаторічну норму та достатньо зволуженим. Так, середньодобова температура повітря становила 10,9 °С, при середній багаторічній нормі 9,6 °С, а кількість опадів 68 мм, при середній багаторічній нормі 35,5 мм, що на 192 % більше норми (табл. 2.2).

Травень був посушливим та дещо прохолоднішим за середню багаторічну норму. Середньодобова температура становила 15,8 °С, при нормі 16,1 °С. Кількість опадів була в межах 33 мм, при нормі 43,7 мм, що становить 76 % від середньої багаторічної норми. Достатньою кількістю опадів характеризувалася лише третя декада травня – 31 мм. Такі умови позитивно вплинули на отримання дружніх сходів рослин сорго зернового.

Червень був посушливим і помірно теплим. Середньодобова температура червня була на рівні середніх багаторічних норм: 20,2 °С. Сума опадів була меншою на 24,3 мм, або на 62 %.

Таблиця 2.2

**Хід температур та кількість опадів за даними Харківського
регіонального центру з гідрометеорології (м. Харків), 2023 р.**

Місяць	Декада	Середньодобова температура повітря, °С		Сума опадів, мм		
		2023 р.	середньо-багаторічна	2023 р.	середньо-багаторічна	% до норми
Квітень	I	11,1	7,4	14	14,2	99
	II	10,1	9,0	31	12,4	250
	III	11,6	12,3	23	8,9	258
	за місяць	10,9	9,6	68	35,5	192
Травень	I	11,7	14,9	2	13,2	15
	II	17,4	16,6	0	11,7	0
	III	18,4	16,7	31	18,8	165
	за місяць	15,8	16,1	33	43,7	76
Червень	I	19,7	19,8	3	13,4	22
	II	19,5	20,0	13	25,1	52
	III	21,3	20,7	24	24,8	97
	за місяць	20,2	20,2	39	63,3	62
Липень	I	22,4	21,0	111	19,5	569
	II	21,0	21,6	20	25,0	80
	III	22,7	21,5	22	27,2	81
	за місяць	22,0	21,4	153	71,7	213
Серпень	I	24,4	21,9	7	11,1	63
	II	23,3	20,8	29	19,0	153
	III	22,1	19,1	2	16,8	12
	за місяць	23,3	20,6	38	46,9	81
Вересень	I	18,2	17,2	18	15,7	115
	II	15,8	14,3	9	14,1	64
	III	18,6	12,0	0	13,7	0
	за місяць	17,5	14,5	27	43,5	62
Середнє		18,3	17,1	—	—	—
Сума		—	—	358	304,6	—

Липень був вологим і теплим. Середньодобова температура липня була наближена до середньої багаторічної норми – 22,0 °С, при нормі 21,4 °С. Кількість опадів значно перевищувала норму – 153 мм при нормі 71,7 мм, що було на 213 % більше середньої багаторічної норми.

Серпень був надмірно теплим і посушливим. Середньодобова температура перевищила середню багаторічну на 3,3 °С, а сума опадів була меншою на 8,9 мм, або 81% від норми. Вересень був теплим і посушливим. Середньодобова температура вересня була вище середньої багаторічної на 3,0 °С, при нормі 14,5 °С, а кількість опадів була меншою від середньої багаторічної норми на 16,5 мм, або 62 % від норми, що дало можливість зібрати культури в оптимальний строк.

У цілому весняно – літній (квітень – серпень) період вегетації у 2023 році можна охарактеризувати як достатньо теплий і зволожений. Кількість опадів за квітень – серпень була більшою від середньої багаторічної на 69,9 мм або 127 % від норми, а середньодобова температура повітря перевищила середню багаторічну на 0,8 °С, при середній багаторічній 17,6 °С.

За даними Харківського регіонального центру з гідрометеорології погодні умови представлені в табл. 2.3.

В другій половині літа та початку осені 2024 р. гідрометеорологічні дані показали характерну закономірність останніх років відносно дефіциту продуктивних дощів та підвищеної середньодобової температури повітря, що призвело до втрати вологи в посівному та орному шарах ґрунту. У липні переважала надзвичайно спекотна та бездощова погода, зберігалася ґрунтова посуха. Середня температура (25,2–26,3°С) на 3,0–4,0° перевищувала норму, а максимальна – підвищувалася до 36–38°С, поверхня ґрунту нагрівалася до 52–69°С. Загальна кількість опадів не перевищувала 3 – 8 мм, що становить 6–14 % місячної норми. Найбільша кількість опадів відмічалася метеостанцією Харкова – 19 мм, або 30 % місячної норми.

Таблиця 2.3

**Хід температур та кількість опадів за даними Харківського
регіонального центру з гідрометеорології (м. Харків), 2024 р.**

Місяць	Декада	Середньобагаторічні		Середньодобова температура повітря, °С	Сума опадів, мм
		Температура, °С	Опади, мм		
Квітень	I	7,4	14,2	13,3	0
	II	9,0	12,4	13,6	10,0
	III	12,3	8,9	13,1	0
За місяць		9,6	35,5	13,3	10,0
Травень	I	14,9	13,2	13,3	13,0
	II	16,6	11,7	16,2	6,0
	III	16,7	18,8	19,9	3,0
За місяць		16,1	43,7	16,5	22,0
Червень	I	19,8	13,4	23,2	6,0
	II	20,0	25,1	22,4	31,0
	III	20,7	24,8	21,4	12,0
За місяць		20,2	63,3	22,3	49,0
Липень	I	21	19,5	26,8	11,0
	II	21,6	25,0	28,3	1,0
	III	21,5	27,2	22,8	7,0
За місяць		21,4	71,7	26,0	19,0
Серпень	I	21,9	11,1	23,0	0,0
	II	20,8	19,0	21,6	0,3
	III	19,1	16,8	26,2	0,0
За місяць		20,6	46,9	23,6	0,3
Вересень	I	17,2	15,7	26,0	0,0
	II	14,3	14,1	20,5	0,0
	III	12,0	13,7	15,0	0,0
За місяць		14,5	43,5	20,5	0,0
За рік			304,5		100,3

Запаси продуктивної вологи метрового шару ґрунту на кінець липня знизилися до 3–8 мм (2–17% від НПВ), за норми 53–100 мм. Метровий шар ґрунту майже сухий (2 – 22 % від НПВ).

На 31 липня по області ефективних температур вище $+5^{\circ}$ накопичилося $1690 - 1850^{\circ}$, що на $365 - 445^{\circ}$ більше за норму, а вище $+10^{\circ}$ – від 1070 до 1210° , що на $305 - 370^{\circ}$ більше за норму. В серпні переважала жарка погода, без ефективних опадів. Середня температура становила $22,0 - 24,0^{\circ}$ тепла, що на $1,5 - 2,5^{\circ}$ вище за норму.

2.2. Схема та методика досліджень

Вивчення впливу форм і доз мінеральних добрив на врожайність гібридів зернового сорго проводилося на дослідному полі Державного біотехнологічного університету протягом 2021, 2023–2024 рр. Дослідна ділянка розташована в межах Харківського району Харківської області, в зоні Східного Лісостепу України.

Полеві експерименти організовано згідно з загальноприйнятими методиками проведення агрономічних досліджень, із посиланням на відповідні науково-методичні джерела [109, 110]. Схема досліду була побудована із дотриманням принципу єдиної логічної різниці, що дозволило об'єктивно оцінити вплив окремих факторів і їхніх комбінацій. При встановленні оптимальних параметрів дії факторів та їх взаємодії враховувалися градації рівнів досліджуваних чинників.

Програму досліджень розроблено з урахуванням державних пріоритетів розвитку аграрного сектора, потреб сільськогосподарського виробництва, а також перспективних напрямів удосконалення технологій вирощування зернових культур. Перед початком досліджень проведено аналіз сучасної наукової літератури з відповідної тематики, після чого було складено схематичний план до-

сліду, затверджено програму та методики досліджень на кафедрі рослинництва та вченою радою агрономічного факультету.

Для реалізації поставлених завдань у полі закладали експеримент на тему: **«Формування врожаю сорго зернового залежно від впливу різних форм і доз добрив в Східному Лісостепу України».**

Завданням досліджень є з'ясування впливу різних форм і доз добрив на формування врожайності та якісних показників гібридів сорго зернового зарубіжної селекції Aggyl і Brigga (дод. А1–А2).

Схема досліду: *фактор А*– гібриди сорго зернового Aggyl і Brigga ; *фактор В*– форми і дози добрив – Абсолютний контроль, зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га, співвідношення NPK 16:16:16), Dura SOP– 80 кг/га, Dura SOP– 100 кг/га (співвідношення NPK 10:10:17), Renovation Fuerza – 80 кг/га, Renovation Fuerza – 100 кг/га (співвідношення NPK 8:14:6) (Рисунок 2.1).

Параметри досліду: $la = 2$, $lb = 6$, lc , $n = 3$. Дослід проведено методом систематичних повторювань у трьохкратній повторності. Площа посівної ділянки $15,0 \text{ м}^2$, площа облікової ділянки – $12,0 \text{ м}^2$. Норма висіву досліджуваних гібридів 200 тис. шт. /га схожого насіння, посіви проведені широкорядним способом з шириною міжрядь 45 см. Усі основні та допоміжні обліки, спостереження, а також відбір зразків проводили у триразовій повторності, що забезпечувало достовірність отриманих результатів. Кількість варіантів досліду становила 12, відповідно загальна кількість облікових ділянок — 36. Такий підхід дав змогу отримати репрезентативні дані для статистичної обробки та обґрунтованого аналізу впливу форм і доз мінеральних добрив на продуктивність сорго зернового.

Повторність	Aggyl	Brigga
1	Абсолютний контроль	Абсолютний контроль
	Зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га)	Зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га)
	Dura SOP 80 кг/га	Dura SOP 80 кг/га
	Dura SOP 100 кг/га	Dura SOP 100 кг/га
	Renovation Fuerza 80 кг/га	Renovation Fuerza 80 кг/га
	Renovation Fuerza 100 кг/га	Renovation Fuerza 100 кг/га
2	Абсолютний контроль	Абсолютний контроль
	Зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га)	Зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га)
	Dura SOP 80 кг/га	Dura SOP 80 кг/га
	Dura SOP 100 кг/га	Dura SOP 100 кг/га
	Renovation Fuerza 80 кг/га	Renovation Fuerza 80 кг/га
	Renovation Fuerza 100 кг/га	Renovation Fuerza 100 кг/га
3	Абсолютний контроль	Абсолютний контроль
	Зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га)	Зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га)
	Dura SOP 80 кг/га	Dura SOP 80 кг/га
	Dura SOP 100 кг/га	Dura SOP 100 кг/га
	Renovation Fuerza 80 кг/га	Renovation Fuerza 80 кг/га
	Renovation Fuerza 100 кг/га	Renovation Fuerza 100 кг/га

Рисунок 2.1 Схема польового досліджу за 2021, 2023, 2024 рр.

Програма досліджень була спрямована на всебічне вивчення окремих технологічних елементів вирощування гібридів сорго зернового, зокрема різних форм і доз мінеральних добрив, з метою оцінки їхнього впливу на ріст і розвиток рослин. Особлива увага приділялась вивченню динаміки проходження фенологічних фаз, змін біометричних показників упродовж вегетаційного періоду, а також адаптивним властивостям гібридів до ґрунтово-кліматичних умов Східного Лісостепу України. Окрім цього, досліджували біологічну продуктивність гібридів сорго зернового, рівень формування врожаю та його якісні характеристики згідно досліджуваних елементів технології вирощування для підвищення ефективності виробництва зерна сорго.

Супутні обліки, спостереження та аналітичні дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик агрохімічних і біологічних досліджень.

Зокрема:

- Вивчали дози внесення комплексних гранульованих добрив Duga SOP та Renovation Fuerza, рекомендовані виробником, для забезпечення оптимального живлення рослин.

- Визначення маси 1000 насінин та лабораторної схожості проводили згідно з ДСТУ 4138-2002 [120]. Польову схожість визначали після появи повних сходів як відсоткове співвідношення кількості пророслого насіння до висіяного.

- Фенологічні спостереження здійснювали візуально, фіксуючи настання певної фази розвитку, коли вона охоплювала 10–15 % рослин, а її повне завершення — при досягненні 70–75 %. Для сорго відмічали фази: повні сходи (близько 75 % рослин), кущіння, викидання волоті (75 %), початкове (10–15 %) і повне (75 %) цвітіння, молочно-воскову, воскову та повну стиглість зерна [119].

- Густоту рослин визначали на етапі сходів та перед збиранням, шляхом підрахунку рослин на 1 погонному метрі рядка у 5 точках по діагоналі ділянки, з подальшим перерахунком на 1 га [112].

- До біометричних показників включали висоту рослин протягом вегетації та площу листової поверхні, що обчислювали за формулою:

$S_n = 0,67ab$, (1) де S_n – площа одного листка, см^2 ; a – максимальна ширина листка, см ; b – довжина листка, см ; 0,67 – коефіцієнт, що відображає конфігурацію листової пластинки.

- Фотосинтетичний потенціал розраховували за формулою (2):

$$\text{ФП} = (Л1 + Л2) / (2 \times 1000) \times T, (2),$$

де $Л1$, $Л2$ – площа листової поверхні в певні фази розвитку, $\text{тис.м}^2 / \text{га}$;

T – тривалість міжфазного періоду, доба.

- Чисту продуктивність фотосинтезу визначали за рівнянням (3):

$$\text{ЧПФ} = 2(B1 - B2) / n(Л1 + Л2), (3),$$

де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м^3 за добу; B_1, B_2 – маса рослин на початку і в кінці облікового періоду, м^2 ; n – кількість днів за період;

- Визначали вміст сухої речовини у зерні та вегетативній масі.
- Урожайність фіксували методом суцільного збирання врожаю з облікової площі відповідно до схеми досліду [114].
- Для оцінки якісних показників зерна відбирали середні зразки, які аналізували у лабораторії «Агроскоп Інтернешнл» (м. Київ). Вміст білку визначали за методом К'ельдаля, жиру — методом Сокслета, крохмалю — за методом Еверса.
- Структурні елементи врожаю визначали за стандартною методикою [112, 115]. Дослідження проводили на 10 типових рослинах із кожної ділянки. Вивчали: густоту стояння рослин, висоту головного стебла, довжину волоті, кількість листків, площу листової поверхні, масу стебла та листків, масу 1000 зерен, кількість і масу зерен з волоті, біологічну урожайність зерна.
- Економічну ефективність досліджуваних агроприйомів визначали за методикою оцінки ефективності науково-дослідних робіт у сільському господарстві [116]. Вартість зерна та ресурсів обґрунтована на основі цін, що склалися в господарствах Східного Лісостепу станом на 1 грудня 2024 р., з урахуванням витрат згідно з технологічними картами [117].
- Біоенергетичну оцінку здійснювали відповідно до методики визначення енергетичної ефективності технологій виробництва сільськогосподарських культур [118].
- Загальні енергетичні витрати (E_o) та енергія, акумульована в урожаї (E_v), обчислювали у гігаджоулях (ГДж). Показником ефективності є коефіцієнт енергетичної ефективності (K_e), який визначали за формулою:

$Ke = E_v / E_o$, де: E_v – енергія, отримана з урожаєм; E_o – загальні затрати енергії на вирощування культури.

Технологія вирощування вважається енергетично ефективною, якщо $E_v > E_o$; $Ke \geq 1,0$. Навіть за значення $E_v < E_o$, за умови $Ke > 1,0$, технологію допустимо вважати доцільною для використання у виробництві [119].

Гібрид Aggy1 належить до звичайного (зернового) сорго та є середньораннім за тривалістю вегетаційного періоду, що становить близько 120 діб (рис. 2.2). Селекційне походження — Франція. Гібрид рекомендований для вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, зокрема для умов Східного Лісостепу, завдяки високій адаптивності та пластичності до різних умов зволоження і температурного режиму.

Відзначається потужним стартовим ростом, раннім настанням фази цвітіння, що сприяє ефективному використанню вологи й тепла у критичні періоди розвитку. Рослини середньорослі, висотою 110–130 см, характеризуються стійким стоянням протягом вегетації, що зумовлює високу стійкість до вилягання.

Волоть — напіврозлога, добре сформована, забезпечує високий потенціал урожайності зерна, який становить до 100 ц/га за сприятливих умов. Зерно велике, білозерне, без вмісту таніну, придатне для широкого спектру використання: харчового, кормового та технічного (виробництво крохмалю, спирту тощо).

Біохімічний склад зерна включає:

- білок — до 13 %,
- крохмаль — до 70 %,

що робить гібрид цінним для переробної промисловості та кормової бази.

Інші агрономічні показники:

- Маса 1000 насінин — 31–32 г.

- Продуктивне кушення — до 2 пагонів.
- Посухостійкість — висока, що підтверджено у стресових умовах недостатнього зволоження.
- Стійкість до основних хвороб — висока, що знижує потребу в захисних заходах.
- Рекомендована густота стояння рослин — 120–210 тис. шт./га, залежно від регіону вирощування та рівня вологозабезпечення.

Гібрид Aggy1 демонструє стабільну продуктивність, добру екологічну пластичність і є перспективним компонентом у технологічних рішеннях для інтенсифікації виробництва зернового сорго в Україні.



Рисунок 2.2 Фотографія на дослідному полі ДБТУ

Гібрид сорго зернового Brigga належить до звичайного (зернового) сорго та характеризується раннім строком досягання, що забезпечує його ефективне використання у посушливих регіонах із коротким вегетаційним періодом (рис. 2.3). Селекція — Франція. Гібрид розроблений для продовольчого

використання, а також є цінною сировиною для крохмального та спиртового виробництва, завдяки високому вмісту крохмалю та білка в зерні.

Рослини середньорослі, висотою 110–130 см, формують напіввідкриту волоть довжиною до 32 см, розміщену на високій ніжці, що сприяє кращому освітленню, а відповідно — й ефективнішому запиленню та формуванню зерна. Висока інтенсивність стартового росту на ранніх етапах розвитку дозволяє успішно конкурувати з бур'янами, знижуючи втрати від їх негативного впливу. Гібрид адаптований до умов дефіциту вологи, демонструє стійке цвітіння навіть за стресових умов, що забезпечує високу реалізацію потенціалу врожайності.

Основні агробіологічні показники гібриду:

- Тривалість вегетаційного періоду — 105–115 діб, що дозволяє уникати літньої посухи.
- Потенційна врожайність зерна — до 130 ц/га.
- Продуктивне кущення — 3–4 стебла.
- Маса 1000 насінин — 38 г.
- Колір зерна — білий, без танінів, придатний для харчових цілей.

За біохімічним складом зерна:

- вміст білку — до 15 %,
- вміст крохмалю — до 74 %,

що робить гібрид конкурентоспроможним серед кормових і харчових культур за рівнем енергетичної цінності.

Гібрид вирізняється:

високою посухостійкістю — завдяки ранньому викиданню волоті та скороченій фазі вегетації;

- стійкістю до вилягання — що забезпечує збереження врожаю на всіх етапах достигання;

- високою стійкістю до хвороб — зменшуючи потребу в захисних обробках.

Рекомендована норма висіву — 120–200 тис. насінин/га, залежно від регіону, рівня зволоження та особливостей агрофону.

Узагальнюючи, гібрид Brigga поєднує ранньостиглість, високу якість зерна, стабільну врожайність та екологічну пластичність, що робить його перспективним для вирощування у посушливих регіонах України, зокрема у Східному Лісостепу.



Рисунок 2.3 Фотографія на дослідному полі ДБТУ

Комплексні гранульовані мінеральні добрива Dura SOP та Renovation Fuerza розробила компанія Fertinagro, що входить до складу групи TERVALIS (Іспанія). Мінеральне добриво Dura SOP (Dura SOP elite) містить в своєму складі: $N_{10}P_{14}K_{17}SO_{3(20)}$ та мікроелементи: Mg_2 , $Mn_{0,02}$, $Zn_{0,02}$, $B_{0,1}$, $Fe_{0,5}$. Мінеральне добриво Renovation Fuerza в своєму складі містить: N_8 , $P_2O_{5(14)}$, K_2O_6 , $SO_{3(13)}$, $CaO_{2,5}$, Mg_2 , Fe_1 , $Zn_{0,1}$ гуміновий екстракт – 6 та L-амінова кислота

– 0,5. Дози внесення в обох форм добрив Dura SOP та Renovation Fuerza становили 80кг/га і 100 кг/га у передпосівну культивуацію. Комплексне гранульване добриво Нітроамофоска у якого співвідношення NPK 16:16:16) вносили в дозі 100 кг/га (зональний контроль досліда).

Агротехніка вирощування сорго зернового у проведеному польовому досліді була загальноприйнятою для східного Лісостепу України, за виключенням поставлених на вивчення технологічних елементів (форми і дози добрив). Попередником у досліді була пшениця озима. Попередник вирощували з урахуванням агротехнічних рекомендацій вирощування прийнятих для регіону. Після збирання попередника поле двічі лушили дисковою бороною БДТ-3,0 на глибину 10–12 см з інтервалом в 14 діб, що дало можливість знищити значну кількість сходів бур'янів і загорнути в ґрунт післяжнивні рештки рослин. Через 2–3 тижні після лушіння проводили оранку на глибину 24–26 см плугом ПЛН-5-35.

Передпосівний обробіток ґрунту, з урахуванням варіантів досліджень–внесення відповідних форм і доз добрив, здійснювали у відповідності з агрозаходами загальноадаптованими для регіону досліджень. Весняний комплекс робіт розпочинали з ранньовесняного боронування ґрунту при настанні його фізичної стиглості. Далі проводили дві культивуації – першу на глибину 10–12 см, другу (передпосівну) – на глибину загортання насіння сорго – 5–6 см.

Сівбу проводили при настанні температурних умов у першій-другій декадах травня сівалкою СН-16 на глибину 5–6 см з однаковою нормою висіву 200 тис. шт. /га згідно схеми досліду. Після сівби ґрунт прикочували кільчасто-шпоровими котками ЗКШ-6. Під час утворення генеративних органів проти шкідників, таких як види тлі посіви сорго обробляли інсектицидом Фастак (0,3 л/га). У період вегетації проводили міжрядні обробітки для боротьби з бур'янами та суцільний обробіток посівів гербіцидом Примекстра TZ Голд в дозі 3–4 л/га в фазу 3-5 листків у рослин сорго.

Висновки до розділу 2

1. Ґрунтово-кліматичні умови території дослідного поля ДБТУ є типовими і цілком придатними для вирощування сорго зернового. Погодні умови років досліджень були контрастними, що дозволило достатньо порівняти досліджувані гібриди сорго, а також вивчити вплив форм і доз добрив на рівень реалізації їх продуктивності та якості зерна.

2. Передбачені варіанти і методика досліджень повною мірою відповідає меті та поставленим завданням. Програма досліджень відображає весь перелік актуальних наукових положень, розкриття яких дозволило вирішити ряд важливих питань технології вирощування сорго зернового в умовах недостатнього зволоження і перевести процес виробництва зерна сорго зернового на більш високий рівень.

3. Проведення наукових досліджень за загальноприйнятими методиками дозволило отримати об'єктивні, цінні та достовірні результати. Багатовекторний статистичний аналіз основних результатів проведених досліджень дає можливість отримати максимально повний характер залежностей, зробити об'єктивні висновки і розробити цінні рекомендації виробникам сорго зернового.

РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ РІЗНИХ ФОРМ І ДОЗ ДОБРИВ НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО

3.1. Терміни настання та тривалість фенологічних фаз розвитку гібридів сорго зернового

Формування високопродуктивних посівів зернових культур – складний багатостадійний процес закономірних змін росту і розвитку рослин, у якому бере участь значна кількість екзогенних і ендогенних чинників, які «регламентують» рівень реалізації генетичного потенціалу продуктивності рослин.

Формування оптимальної щільності густоти рослин і рівномірного його розподілу по посівній площі живлення з урахуванням морфологічних особливостей певного сорту (гібриду), часто має вирішальне значення для формування високої врожайності зерна. Впливаючи на густоту рослин та рівномірність розподілу їх по площі живлення можна регулювати швидкість проходження фенологічних фаз росту і розвитку рослин, інтенсивність їх кущіння, синхронність розвитку рослин і дозрівання рослин [121]. За оцінкою строків настання фенофаз розвитку можна проводити біологічний контроль за ростом і розвитком рослин [122].

Мінливість погодних умов під час формування та наливання зерна, а також різна тривалість фенологічних фаз розвитку рослин значною мірою можуть впливати і на якісні показники вирощуваної продукції [123].

Елементи технології вирощування мають різний характер впливу на інтенсивність проходження фенологічних фаз росту і розвитку рослин сорго. Так, науковці відмічали, що система живлення фактично не має впливу на тривалість міжфазних періодів до фази трубкування, тоді як рівень густоти посівів і характер їх розподілу по площі живлення вже з початку росту й

розвитку рослин сорго помітно впливають на швидкість проходження окремих фенологічних фаз.

Аналіз дії різних форм і доз добрив не виявив істотного впливу на тривалість фази проростання насіння та сходів (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Тривалість фаз росту й розвитку гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga , залежно від форм і доз добрив (діб), середнє за 2021, 2023-2024 рр.

Фенологічні фази (тривалість днів)									
Варіанти дослідів	Сходи 3- лист	Кущіння	Вихід в трубку	Ріст стебла	Викидання волоті	Цвітіння	Формування зернівки	Воскова і повна стиглість	Тривалість вегетації, дні
Aggyl									
1*	6	16	14	14	6	5	10	27	98
2	7	17	15	15	6	6	12	30	108
3	7	17	15	15	7	6	12	32	113
4	7	18	16	16	7	6	13	33	117
5	8	19	16	16	7	6	13	34	120
6	8	20	17	17	7	6	14	36	126
Brigga									
1*	6	15	14	12	6	5	8	29	95
2	7	17	16	13	6	6	10	30	105
3	7	18	17	14	6	6	11	33	112
4	7	19	17	15	6	6	11	35	116
5	8	19	18	16	6	7	11	35	120
6	8	20	18	16	6	7	11	36	122

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль (застосування мін. добрива Нітроамофоска з нормою 100 кг/га) , 3 –застосування мін.добрива Dura SOP з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Dura SOP 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Renovation Fuerza 80 кг/га , 6 – застосування мін. добрива Renovation Fuerza 100 кг/га.

Починаючи з фази кущіння в середньому за три роки у гібрида Aggyl на фоні застосування різних форм і доз добрив на один 1–4 дні зростала тривалість цієї фази. За варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га тривалість фази кущіння становила 20 діб, що на 4 доби або 25 % більше за варіант абсолютного контролю. Мінеральне добриво Renovation Fuerza має комплекс мікроелементів, технологія actibion сприяє інтенсивному росту коріння, підвищення поглинанню поживних речовин та розвитку кореневої системи.

Мікроелементи добрива Dura SOP знаходяться в хелатній формі, що підвищує їх доступність, однак відсутність амінокислот та солей гумінових кислот та технології actibion в меншій мірі сприяє довшій тривалості цієї фази. Однак, порівняно із зональним контролем, де вносили Нітроамофоску в дозі 100 кг/га тривалість фенологічної фази кущіння зростає на 1–2 дні, але скорочується на 1–3 дні порівняно з варіантом застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га. Фенологічна фаза кущіння – період коли у рослини утворюються фітомери суцвіття рослин, що відіграють важливу роль у формуванні високопродуктивних посівів, тому більша тривалість цієї фази закладає майбутній потенціал врожайності зерна сорго.

Більшою мірою вплив різних форм і доз добрив відмічено у гібрида сорго зернового Aggyl в порівнянні з гібридом Brigga . Тривалість фенологічної фази кущіння у обох гібридів в середньому за три роки була однаковою за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га. На нашу думку домінуючим чинником впливу на мінливість тривалості фази кущіння за варіантів внесення різних форм і доз добрив були також погодні умови вегетаційних періодів років досліджень. Так, за сприятливих умов вегетації 2021 р. тривалість кущіння становила 21 добу за варіанта абсолютний контроль у гібрида Brigga . Внесення Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га перевищували тривалість цієї фази на 4 доби (дод. Б1–Б2).

Відсутність аналогії між показниками тривалості проходження фази кушіння обумовлені також погодними умовами років досліджень. Так, погодні умови вегетаційного періоду 2024 р. (дод. Б3–Б4) мали на початку росту і розвитку рослин гібридів сорго зернового низькі запаси вологи та різке коливання температур повітря. У гібрида Aggyl за варіанта абсолютний контроль фаза кушіння тривала 16 діб, у гібрида Brigga – 14 діб, однак застосування різних форм і доз добрив збільшувало тривалість фенологічної фази кушіння на 1–3 доби за варіантів застосування різних форм і доз добрив. У гібрида Brigga це перевищення становило від 3 до 5 діб.

Така тенденція впливу застосування різних форм і доз добрив відмічена за тривалості фази трубкування. В цю фазу розростаються міжвузля стебла, то ж не формуються елементи генеративної продуктивності. Тому проходження цієї фенологічної фази фактично не має впливу на врожайність.

В усі роки досліджень у фазу трубкування не доведено значного впливу застосування різних форм і доз добрив у обох гібридів сорго зернового. Екстримальні погодні умови вегетаційного періоду 2024 р. за варіантів застосування Dura SOP в дозах 80 і 100 кг та Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га у рослин гібриду сорго зернового Aggyl підвищували тривалість цього вегетаційного періоду на 3 доби, а Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га на 4 доби відповідно.

Інший характер мав проходження цієї фенологічної фази у рослин гібриду Brigga . Застосування всіх форм і доз добрив збільшувало тривалість фенологічної фази виходу в трубку від 3 до 6 діб.

В усі роки досліджень тривалість фази викидання волоті майже не змінювалася за впливу різних форм і доз добрив в обох досліджуваних гібридів сорго зернового в порівнянні з обома контролями. Тривалість періоду формування і досягання зернівки в роки досліджень показала відмінність за впливу різних форм і доз добрив. Найдовшим цей період був у обох гібридів за варіантів за-

стосування Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га. Збільшення періоду формування і досягання зерна у досліджуваних гібридів в усі роки досліджень було різним.

Так, в умовах вегетації 2021 р. за оптимальних погодних умов тривалість формування та досягання гібриду сорго зернового Aggyl складав за варіанта внесення Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га 46 і 49 діб відповідно. За критичних умов вегетації 2024 р. тривалість формування та досягання зернівки за цих варіантів складала 48 і 50 діб. Таку закономірність реакції ми просліджували і у рослин гібриду Brigga . Не зважаючи на екстримальні погодні умови тривалість вегетативного періоду за варіантів застосування цих форм і доз добрив становила 123 доби, а в оптимальних погодних умовах 2021 р. становили 121 і 127 діб відповідно.

Таким чином встановлено рівень впливу різних форм і доз добрив та погодних умов вегетаційних періодів на тривалість проходження окремих фаз росту і розвитку досліджуваних гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga . Вплив застосування різних форм і доз добрив починає проявлятися з фази куціння, коли зростає інтенсивність росту рослин та конкурентна боротьба між ними.

3.2. Польова схожість насіння і виживаність рослин сорго зернового

Удосконалення технології вирощування, як-то застосування різних форм і доз добрив, здатне реалізувати високий генетичний потенціал цих гібридів [124, 125]. Форми і дози добрив впливають на ріст і розвиток рослин сорго зернового, зокрема на дихання, водоспоживання та мінеральне живлення. Змінюючи умови росту і розвитку рослин, можна поліпшити показники польової схожості насіння та виживаності рослин, регулювати інтенсивність куціння,

синхронність розвитку головних і бічних пагонів та рівномірність їх дозрівання [126].

Метою наших досліджень було вивчення впливу різних форм та доз добрив на польову схожість і виживаність рослин в умовах Східного Лісостепу України. Метеорологічні показники за роки досліджень дозволили повніше дослідити вплив різних форм і доз добрив на польову схожість насіння та виживаність рослин гібридів сорго.

Аналіз впливу різних форм і доз добрив на показники польової схожості насіння свідчить, що застосування Dura SOP в дозі 100 кг/га та Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га суттєво впливає на показники польової схожості насіння та густоти рослин з урахуванням коефіцієнта кушення (табл. 3.2 та дод. В.1–В.3).

Таблиця 3.2

Польова схожість та коефіцієнт кушення гібридів сорго зернового залежно від форм та доз мінеральних добрив, середнє за 2021, 2023-2024 рр.

Гібрид	Варіанти досліджень	Густота рослин , тис. шт/га		Коефіцієнт кушення	Польова схожість, %
		сходи	достигання		
Aggyl	АК (абсолютний контроль)	157	179	1,13	78,3
	ЗК (зональний контроль – Нітроаммофоска 100 кг/га	179	197	1,14	84,7
	Dura SOP 80 кг/га	179	210	1,16	89,0
	Dura SOP 100 кг/га	185	220	1,17	92,5
	Renovation Fuerza 80 кг/га	184	229	1,21	91,7
	Renovation Fuerza 100 кг/га	186	232	1,21	92,6
Brigga	АК (абсолютний контроль)	154	171	1,11	76,7
	ЗК (зональний контроль – Нітроаммофоска 100 кг/га	167	196	1,16	83,3
	Dura SOP 80 кг/га	175	204	1,16	87,3
	Dura SOP 100 кг/га	181	220	1,17	90,3
	Renovation Fuerza 80 кг/га	182	228	1,19	91,0
	Renovation Fuerza 100 кг/га	182	232	1,20	91,0
НІР 0,5		-	-	-	3,70

Умови вегетації 2021 р. за варіанту застосування Dura SOP в дозі 100 кг/га у гібрида сорго зернового Aggyl сприяло отриманню польової схожості 92,5 %, але нижчою польова схожість у цього гібриду була за варіантів застосування Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га на 2 і 1 % відповідно відносно цього варіанта. Однак порівняно з абсолютним контролем застосування різних форм і доз добрив сприяло зростанню польової схожості насіння. Таку закономірність ми спостерігали у обох гібридів.

Несприятливі погодні умови 2024 р. на варіанті абсолютного контролю у обох гібридів забезпечували польову схожість на рівні 75,5 і 78,0 %. Застосування різних форм і доз добрив сприяло зростанню польової схожості насіння. Найвищою польову схожість у гібрида сорго зернового Aggyl ми відмітили за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 93,0 %, а у гібрида Brigga за варіанта застосування Renovation Fuerza, але в дозі 80 кг/га – 90,0 %. Застосування Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га не значно зменшувало польову схожість порівняно з цими варіантами.

Виживаність рослин досліджуваних гібридів характеризує ступінь їх адаптивності до ґрунтово-кліматичних умов та застосування різних форм і доз добрив (табл. 3.3 та дод. В4–6).

За нашими спостереженнями, найвищу виживаність у гібрида Aggyl спостерігалася на варіанті зональний контроль із внесенням Нітроамофоски в дозі 100 кг/га – 95,3 % та Dura SOP в дозі 100 кг/га – 95,0 % відповідно. На інших варіантах застосування добрив Dura SOP в дозі 80 кг/га та Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га збереженість рослин була нижчою відповідно на 3,5; 7,3 і 5,5 %.

У гібрида сорго зернового Brigga застосування Нітроамофоски на варіанті зонального контролю сприяло отриманню збереженості рослин 94,2 %. Застосування інших форм і доз добрив зменшувало збереженість рослин. У

цілому ми спостерігали значну розбіжність між показниками виживаності рослин за впливу застосування різних форм і доз добрив.

Таблиця 3.3

Густота та виживаність рослин сорго зернового за впливу форм та доз мінеральних добрив, %, середня за 2021, 2023–2024 рр.

Гібрид	Варіанти досліджень	Густота рослин , тис. шт/га		Вживаність рослин, %
		початок фаза достигання	перед збиранням	
Aggyl	АК (абсолютний контроль)	191	167	87,4
	ЗК (зональний контроль – Нітроамофоска 100 кг/га	204	186	91,2
	Dura SOP 80 кг/га	215	196	91,2
	Dura SOP 100 кг/га	229	208	90,8
	Renovation Fuerza 80 кг/га	250	218	87,2
	Renovation Fuerza 100 кг/га	245	218	88,9
Brigga	АК (абсолютний контроль)	189	165	87,3
	ЗК (зональний контроль – Нітроамофоска 100 кг/га	195	181	92,8
	Dura SOP 80 кг/га	213	193	90,6
	Dura SOP 100 кг/га	230	210	91,3
	Renovation Fuerza 80 кг/га	244	217	88,9
	Renovation Fuerza 100 кг/га	247	221	89,5
HIP 0,5		-	-	4,67

Оптимальні умови вегетації сорго зернового у 2021 р. свідчать, що застосування різних форм і доз добрив сприяли вищій виживаності рослин порівнянно з абсолютним контролем, так у гібрида Aggyl найвищу виживаність рослин ми спостерігали за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га 87,1 та 88,8 % відповідно, а у гібрида Brigga застосування Нітроамофоски в дозі 100 кг/га забезпечував виживаність рослин 96,1 %. Всі інші форми і дози добрив не підвищували виживаність рослин сорго зернового.

Висновки до розділу 3

1. Застосування комплексних мінеральних добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в дозах 80 та 100 кг/га суттєво підвищували показники польової схожості насіння сорго зернового. У гібрида Aggyl за цих варіантів вона становила 92,5 і 92,6 %. Таку ж закономірність ми отримали за цих варіантів у гібрида сорго зернового Brigga при дозі внесення 100 кг/га – 90,3 та 91,0 %.
2. Роки проведення досліджень характеризуються нестабільними температурними показниками та умовами зволоження. Оптимальні температурні показники та режим зволоження у 2021 р. сприяв отриманню найвищої виживаності рослин у обох досліджуваних гібридів сорго зернового.
3. Коливання температур, особливо в умовах вегетації 2024 р. забезпечили зростання польової схожості та виживаності рослин сорго зернового порівняно з абсолютним контролем. Однак, застосування Нітроамофоски в дозі 100 кг/га сприяло вищій виживаності рослин в обох гібридів Aggyl та Brigga . За варіантів застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в дозах 80 та 100 кг/га виживаність рослин була нижчою у обох гібридів.

РОЗДІЛ 4. ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ ФОРМ І ДОЗ ДОБРИВ

4.1. Площа листкової поверхні сорго зернового

Площа листкової поверхні дуже змінюється за різних умов вологозабезпеченості, температурного режиму, мінерального живлення та агротехнічних прийомів вирощування сорго зернового [129]. Це досить мобільний показник фотосинтетичної діяльності рослин. Швидкий розвиток та досягнення оптимальної площі листкової поверхні підвищує продуктивність фотозинтезу, зберігає листки в активному стані триваліший період, що сприяє кращому використанню продуктивності фотосинтезу для накопичення якомога більшої кількості органічних речовин, які є основними складовими врожаю рослин [130,131].

Проведені дослідження в умовах Східного Лісостепу України показали, що на площу листкової поверхні сорго зернового мали значний вплив форми і дози добрив (табл. 4.1 та дод. Г.1–Г.8).

Роки досліджень відрізнялись погодними умовами, особливо контрастними були вегетаційні умови 2021 та 2024 рр. Однак, незважаючи на такі погодні умови на початку свого росту і розвитку в усі роки рослини сорго зернового були забезпечені вологою у фенологічних фазах кущіння та виходу в трубку і тільки в 2024 р. рослини сорго зернового обох гібридів починаючи з викидання волоті і до досягання мали мінімум вологи.

Внесення всіх форм і доз добрив забезпечувало формування більшої фотосинтетично-активної площі листків сорго зернового на значно триваліший період. Найвищу площу листкової поверхні починаючи з фенологічної фази кущіння формують обидва гібрида за варіантів застосування комплексних мінеральних добрив Dura SOP та Renovation Fuerza

в дозах 80 і 100 кг/га.

Таблиця 4.1

Вплив різних форм і доз добрив на площу листової поверхні гібридів сорго зернового (середнє за 2021, 2023–2024 рр.)

Гібрид	Варіант	Площа листової поверхні у фазу:							
		Кущіння		вихід у трубку		викидання волоті–цвітіння		достигання	
		однієї рослини, см ²	на 1 га посіву, тис. м ² /га	однієї рослини, см ²	на 1 га посіву, тис.м ² /га	однієї рослини, см ²	на 1 га посіву, тис. м ² /га	однієї рослини, см ²	на 1 га посіву, тис. м ² /га
Aggyl	1*	66	10,36	792	14,67	844	17,38	796	16,40
	2	72	12,89	838	17,85	996	22,11	858	19,05
	3	77	13,78	933	19,71	1024	24,88	964	23,42
	4	82	15,17	990	22,16	1079	26,86	1023	25,47
	5	87	16,01	1066	24,91	1106	28,53	828	21,36
	6	88	16,37	1144	27,87	1289	34,03	1218	32,15
Brigga	1*	72	11,09	780	13,21	809	15,37	732	13,91
	2	77	12,86	828	16,18	886	19,23	804	17,45
	3	80	14,00	897	18,52	934	22,79	863	21,06
	4	84	15,20	963	21,09	1028	25,70	941	23,52
	5	88	16,02	1031	23,45	1099	28,24	998	25,65
	6	91	16,56	1066	24,64	1134	28,69	1049	26,54
НІР 0,5			0,71		1,92		2,84		0,96

1* – Абсолютний контроль, 2 – Зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га) ,
3 – Dura SOP 80 кг/га, 4 – Dura SOP 100 кг/га, 5 – Renovation Fuerza 80 кг/га , 6 – Renovation Fuerza 100 кг/га.

У цю фазу найвищу площу листової поверхні формував гібрид Brigga за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га, що забезпечило найвищу площу листової поверхні на одному гектарі – 91 см² і 16,56 тис.м²/га відповідно. За цього варіанта у гібрида Aggyl формувалася площа листової поверхні, як однієї рослини так і одного гектара посівів відповідно 88 см² та 16,37 тис. м²/га.

Формування надземної маси сорго зернового у фазу виходу в трубку

мали таку ж закономірність, однак, починаючи з цієї фази гібрид сорго зернового Aggyl за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га мав площу листової поверхні однієї рослини 1144 см², що перевищувало на 78 см² цю площу у гібрида Brigga за цього варіанта. У обох гібридів за варіанта внесення Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га ці показники були не значно меншими. Застосування добрива Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га у обох гібридів мали меншу площу листової поверхні порівняно з застосуванням добрива Renovation Fuerza в таких же дозах. Однак, навіть за варіанта застосування добрива Нітроамофоски в дозі 100 кг/га починаючи з фази кушіння та до фенологічної фази виходу в трубку підвищувалась площа однієї рослини так і площа з одного гектару посіву.

Найвищими ці показники відмічено за варіантів застосування всіх форм і доз добрив у міжфазний період викидання волоті і цвітіння сорго зернового. Площа однієї рослини у гібрида Aggyl за варіанта внесення Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 1289 см², а площа з одного гектару посіву 34,03 тис. м²/га, ці показники дещо поступались у гібрида Brigga на 155 см² та 5,34 тис. м²/га відповідно.

Фенологічна фаза досягання сорго зернового характеризується тим, що діяльність листків затухає і відповідно зменшується кількість листків тому і площа листової поверхні зменшується у однієї рослини так і на одному гектарі посіву. Найбільша кількість збережених листків за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га в середньому за три роки збереглася у гібрида Aggyl, що забезпечило сумарну площу листків на цей момент 1218 см² у однієї рослини та 32,15 тис. м²/га на одному гектарі посіву. Нижчими ці показники за цього варіанта були у гібрида Brigga – 169 см² та 5,61 тис. м²/га відповідно.

Застосування всіх форм і доз добрив сприяло формуванню вищої площі

листової поверхні однієї рослини та з одного гектара посіву у обох гібридів сорго зернового порівняно з абсолютним контролем. У гібрида Aggyl починаючи з фази кущіння за варіантів застосування Dura SOP і Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га збільшувалась площа листової поверхні однієї рослини відповідно на 11; 16; 21 і 22 см², у фазу виходу в трубку ці перевищення складали 141; 198; 274 та 352 см², у міжфазний період викидання волоті–цвітіння – 180; 235; 262 та 445 см²; дещо меншими ці перевищення були у фазу досягання – 168; 227 ; 32 та 422 см². Відповідно зростала за цих варіантів площа листової поверхні з одного гектара посіву. У фазу кущіння це зростання становило 3,42; 4,81; 5,65 і 6,01 тис. м²/га; у фенологічну фазу вихід у трубку – 5,04; 7,49; 10,24 і 13,20 тис. м²/га; у міжфазний період викидання волоті–цвітіння – 7,50; 9,48; 11,15 і 16,65 тис. м²/га; у фазу досягання – 7,02; 9,07; 4,96 і 15,75 тис. м²/га.

Порівняно з варіантом зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га) перевищення площі листової поверхні однієї рослини сорго зернового та з одного гектара посіву були нижчими у порівнянні з варіантом абсолютний контроль і становили відповідно : у фазу кущіння – 9; 10; 15 і 16 см², 95; 152; 228 і 306 см²; у міжфазний період викидання волоті–цвітіння – 28; 83; 110 і 293 см² та у фазу досягання – 106; 165; -30 та 360 см². Площа листової поверхні з одного гектара посівів зростала відповідно у фазу кущіння на 0,89; 2,28; 3,12 і 3,48 тис. м²/га; у фазу виходу в трубку на 1,86; 4,31; 7,06 і 10,02 тис. м²/га; у міжфазний період викидання волоті–цвітіння на 2,77; 4,75; 6,12 і 11,12 тис. м²/га та у фазу досягання на 4,37; 6,42; 2,31 і 13,10 тис. м²/га.

У гібрида сорго зернового Brigga збереглися закономірності зростання площі листової поверхні з однієї рослини та з одного гектара посіву. Ці перевищення були значно меншими порівняно з абсолютними і зональними контролюями ніж у гібрида сорго зернового Aggyl. Застосування добрив Dura

SOP і Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га мали перевищення у фазу кущіння порівняно з абсолютним контролем на 8 см²; 12; 16 і 19 см²; у фазу виходу в трубку на 117; 183; 251 і 286 см²; у міжфазний період викидання волоті–цвітіння на 125; 219 ; 290 і 325 см²; та у фазу досягання на 131; 209; 266 і 317 см² (табл.4.1).

Площа листової поверхні сорго зернового з одного гектара посівів порівняно з абсолютним контролем у фазу кущіння у гібрида Brigga зростала на 2,91; 4,11; 4,93 і 5,36 тис. м²/га; у фазу виходу в трубку на 5,31; 7,88; 10,24 і 11,43 тис. м²/га; у міжфазний період викидання волоті – цвітіння на 7,42; 10,33; 12,89 і 13,32 тис. м²/га та у фазу досягання на: 7,15; 9,61; 11,74 та 12,63 тис. м²/га.

Порівняно з варіантом зональний контроль площа листової поверхні з однієї рослини сорго зернового збільшувалась за цих варіантів у гібрида Brigga у фазу кущіння на 3; 7; 11 і 14 см²; у фазу виходу в трубку на 69; 135; 263 і 238 см²; у міжфазний період викидання волоті – цвітіння на 48; 142; 213 і 248 см² та у фазу досягання на: 59; 137; 194 та 245 см². Змінюється під їх дією також площа листової поверхні з одного гектара посіву, у фазу кущіння цей показник збільшувався на: 1,14 тис. м²/га; 2,34; 3,16 та 3,70 тис. м²/га; у фазу виходу в трубку на: 2,34 тис. м²/га; 4,91; 7,27 та 8,46 тис. м²/га; у міжфазний період викидання волоті–цвітіння на: 3,5 тис. м²/га ; 6,47; 9,01 і 9,46 тис. м²/га та у фазу досягання цей показник збільшувався на 3,61 тис. м²/га; 6,07; 8,20 і 9,09 тис. м²/га.

4.2. Фотосинтетичний потенціал гібридів сорго зернового

Більш детальну оцінку роботи фотосинтетичної листової поверхні посіву за вегетаційний період показує фотосинтетичний потенціал, який спряє формуванню сумарої площі листків за весь вегетаційний період, показує

темпи росту і розвитку рослин відповідно до умов вегетації за цей період. Він повніше характеризує реальні можливості синтезу органічної речовини посівами. Висока продуктивність посіву забезпечується оптимальними умовами, де фотосинтетичний потенціал досягає максимальної величини – не менше 2 млн. м²/га за 100 днів вегетації рослин [132, 133, 135].

Фотосинтез рослин – основний процес їх життєдіяльності, який дозволяє утворювати органічні речовини, врожай, його величину та якість. Оптимальні розміри площі живлення та продуктивна робота фотосинтетичного апарату забезпечують врожайність польових культур, а тому в процесі росту і розвитку рослин площа листкової поверхні повинна сягати належних параметрів. Дієвим фактором, що регулює площу асиміляційної поверхні є рівень мінерального живлення. Для формування максимально можливої врожайності слід створювати для рослини оптимальні умови живлення, щоб рослини сформували площу листків для активної фотосинтетичної діяльності [142,145]. Недостатнє мінеральне живлення призводить до зниження фотосинтетичної асиміляції культури [139, 140, 146–148].

Висока фотосинтетична діяльність агроценозу визначається такими показниками, як площею листкової поверхні, фотосинтетичним потенціалом та чистою продуктивністю фотосинтезу, це запорука формування високої врожайності культури [134, 136, 137, 151].

Фотосинтетична діяльність виначається потенціалом культури та складовими технології вирощування, зокрема добривами [149–150].

Вплив різних форм і доз комплексних мінеральних добрив на врожайність сорго зернового це достньо вивчене питання для України тому потребує детального дослідження.

Фотосинтетичний потенціал посівів сорго зернового досліджуваних

гібридів в середньому за три роки представлений в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

**Фотосинтетичний потенціал посівів сорго зернового
в середньому за 2021, 2023-2024 рр., тис. м²/га×дів**

Гібрид	Варіант	Міжфазний період			
		повні сходи- кущення	Вихід у трубку	Викидання волоті- цвітіння	Достигання
Aggyl	1*	0,11	0,29	0,56	0,80
	2	0,15	0,35	0,73	1,03
	3	0,16	0,40	0,86	1,32
	4	0,19	0,46	0,95	1,49
	5	0,22	0,55	1,04	1,28
	6	0,23	0,64	1,29	2,02
Brigga	1*	0,12	0,23	0,44	0,66
	2	0,15	0,32	0,62	0,92
	3	0,17	0,39	0,77	1,18
	4	0,20	0,45	0,90	1,36
	5	0,22	0,53	1,04	1,54
	6	0,23	0,57	1,08	1,62
НІР 0,5		-	-	-	0,26

1* – Абсолютний контроль, 2 – Зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га) ,
3 – Dura SOP 80 кг/га, 4 – Dura SOP 100 кг/га, 5 – Renovation Fuerza 80 кг/га , 6 – Renovation Fuerza 100 кг/га.

Значна площа листкової поверхні та збереженість листків на момент збирання у обох гібридів спостерігалася за варіантів внесення всіх форм і доз мінеральних добрив.

Найвищий фотосинтетичний потенціал посіву гібриду Aggyl відмічено за застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га, така ж закономірність спостерігалась за цього варіанта і у гібрида Brigga , відповідно 2,02 і 1,62 тис. м² /га×дів. За варіантів застосування менших доз цього добрива зменшувався фотосинтетичний потенціал посіву у гібрида Aggyl на 0,25 тис. м²/га×дів, а у гібрида Brigga за цього варіанта спостерігалась тенде-

нція до зменшення фотосинтетичного потенціалу, так як математично не доведена перевага застосування меншої дози добрив.

Найвищий фотосинтетичний потенціал посіву гібриду сорго зернового Aggyl відмічено за застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га, така ж закономірність спостерігалась за цього варіата і у гібрида Brigga, відповідно 2,02 і 1,62 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{діб}$. За варіантів застосування менших доз цього добрива зменшувався фотосинтетичний потенціал посіву у гібрида Aggyl на 0,25 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{діб}$, а у гібрида Brigga за цього варіанта спостерігалась тенденція до зменшення фотосинтетичного потенціалу, так як математично не доведена перевага застосування меншої дози добрив.

Без внесення добрив (абсолютний контроль) фотосинтетичний потенціал посівів сорго зернового обох гібридів був найнижчим – 0,80 і 1,62 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{діб}$ відповідно. Порівняно з зональним контролем (Нітроамофоска 100 кг/га) фотосинтетичний потенціал посівів сорго зернового зростав у гібрида Aggyl на 0,23 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{діб}$, а у гібрида Brigga на 0,26 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{діб}$.

Чиста продуктивність фотосинтезу характеризує інтенсивність фотосинтезу посівів і показує відношення добового приросту сухої речовини до площі листків (табл. 4.3).

Найвищою чиста продуктивність фотосинтезу асиміляційного апарату гібриду сорго зернового була за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 4,67 $\text{г}/\text{м}^2$. За варіанта застосування цього добрива, але в меншій дозі ми спостерігали тенденцію до зменшення чистої продуктивності фотосинтезу, однак математично не доведено перевага їх застосування в більшій дозі 100 кг/га в порівнянні з дозою цього добрива 80 кг/га.

Результати кореляційно-регресійного аналізу свідчать про тісну кореляцію між площею листової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу у гібрида сорго зернового Aggyl, де коефіцієнт детермінації $R^2=0,88$, а кое-

фіцієнт кореляції при цьому становить $R=0,80$ (рис. 4.1).

Результати кореляційно-регресійного аналізу також свідчать про тісну кореляцію між площею листкової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу у гібрида сорго зернового Brigga, де коефіцієнт детермінації $R^2=0,88$, а коефіцієнт кореляції при цьому становить $R=0,80$ (рис. 4.2).

Збільшення площі листкової поверхні рослин гібриду сорго зернового Aggyl відбулося за рахунок зміни форми та дози мінерального добрива Renovation Fuerza 100 кг/га під передпосівну культивуацію.

Чиста продуктивність фотосинтезу у обох гібридів за цього варіанта також була найвищою.

Таблиця 4.3

Показники фотосинтетичної продуктивності гібридів сорго зернового залежно від форм і доз мінеральних добрив, середнє за 2021, 2023–2024 рр.

Гібрид	Варіант	Фотосинтетичний потенціал, (тис.м ² /га)×діб	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ²
Aggyl	АК (абсолютний контроль)	0,80	2,19
	ЗК (зональний контроль – Нітроамофоска 100 кг/га)	1,03	2,46
	Dura SOP 80 кг/га	1,32	3,35
	Dura SOP 100 кг/га	1,49	3,65
	Renovation Fuerza 80 кг/га	1,28	4,65
	Renovation Fuerza 100 кг/га	2,02	4,67
Brigga	АК (абсолютний контроль)	0,66	2,64
	ЗК (зональний контроль – Нітроамофоска 100 кг/га)	0,92	2,87
	Dura SOP 80 кг/га	1,18	3,17
	Dura SOP 100 кг/га	1,36	3,38
	Renovation Fuerza 80 кг/га	1,54	3,66
	Renovation Fuerza 100 кг/га	1,62	3,74
HIP 0,5		0,26	0,98

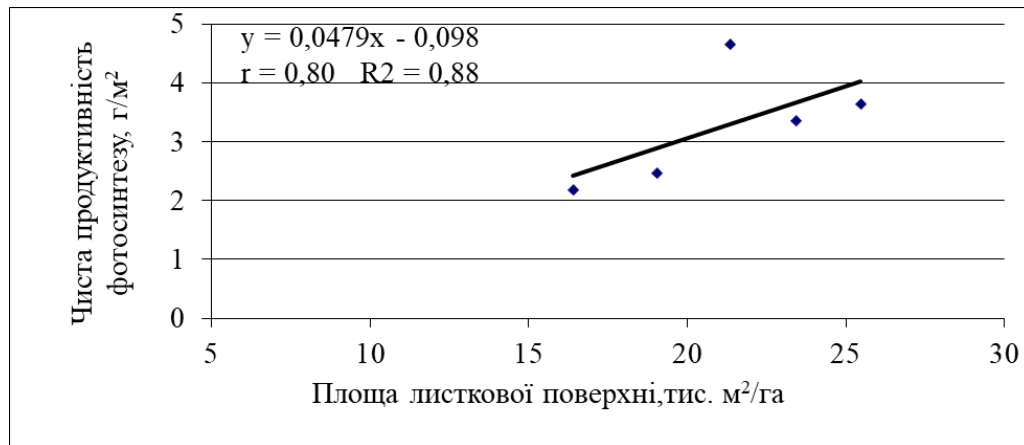


Рисунок. 4.1 Кореляційно-регресійний зв'язок між площею листкової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу гібриду сорго зернового Aggil, середнє за 2021, 2023–2024 рр.



Рисунок. 4.2 Кореляційно-регресійний зв'язок між площею листкової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу гібриду сорго зернового Brigga, середнє за 2021, 2023-2024 рр.

Встановлена лінійно-кореляційна залежність між площею листкової поверхні та чистої продуктивності фотосинтезу сорго зернового, яка описується рівнянням регресії у гібрида Aggil: $y = 0,0479x - 0,098$ ($R^2 = 0,88$) і гібрида Brigga: $y = 0,0479x - 0,098$ ($R^2 = 0,88$). Розмір площі асиміляційної поверхні рослин не дає чіткої інформації щодо фотосинтетичної діяльності посівів сорго, слід враховувати період їх активної роботи. Крім досліджуваних елементів технології вирощування на чисту продуктивність фотосинтезу сорго зерново-

го впливають також погодні умови років досліджень.

Висновки до розділу 4

1. Досліджено, що найкращий розвиток площі листкової поверхні у обох гібридів сорго зернового спостерігався за варіанта застосування Renovation Fuerza 100 кг/га і становила в фенологічну фазу досягання у гібрида Aggyl 32,15 тис. м²/га, а у гібрида Brigga 26,54 тис. м²/га відповідно.

2. Встановлено, що найвищий фотосинтетичний потенціал посівів сорго зернового у гібрида Aggyl за внесення добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га 2,02 тис.м² /га×діб та у гібрида Brigga – 1,62 тис.м² /га. Чиста продуктивність фотосинтезу сорго зернового залежить від застосування різних форм і доз добрив. Найвищою вона була за варіанта внесення мінерального добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га у обох гібридів сорго зернового відповідно: 4,67 і 3,74 г/м².

3. Кореляційно-реграсійний аналіз даних між фотосинтетичним потенціалом посівів та площею листкової поверхні сорго зернового показав тісну кореляцію при цьому коефіцієнт детермінації $R^2=0,88$, а коефіцієнт кореляції $R=0,80$ для обох гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga. Рівняння регресії лінійно-кореляційної залежності між площею листкової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу для обох досліджуваних гібридів має вигляд : $y=0,0479x - 0,098$ ($R^2=0,88$).

4. Чиста продуктивність фотосинтезу сорго зернового найвищі показники мала за вирощування середньораннього гібриду Aggyl 4,67 г/м² за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га, та була нижчою за цього ж варіанта у ранньостиглого гібриду Brigga і становила 3,74 г/м² відповідно.

РОЗДІЛ 5. ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНИХ ФОРМ ТА ДОЗ ДОБРИВ

5.1. Структура врожаю гібридів сорго зернового

Вплив різних форм і доз добрив можна прослідкувати за підвищенням чи зниженням продуктивності посівів досліджуваних гібридів сорго зернового. Аналіз структури врожаю дає можливість з'ясувати за рахунок яких складових формується максимальна продуктивність посівів, а також можна визначити частку кожного структурного елементу у формуванні рівня продуктивності посівів (дод. Д.1– Д.6).

В середньому за три роки застосування різних форм і доз добрив, погодні умови періоду вегетації, морфо-біотип досліджуваних гібридів сорго зернового викликали зміни кількості волотей на 1 га (табл.5.1.).

Найвищі показники кількості волотей в досліді ми отримали за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га у обох гібридів сорго зернового Aggyl і Brigga відповідно 201,8 і 208,8 тис.шт. /га. Застосування цього добрива в меншій дозі (80 кг/га) зменшувало кількість волотей на гектарі на 7,1 і 1,4 тис. шт. /га або на 3,52 і 4,98 % порівняно з внесенням добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га.

Вищу кількість волотей за всі роки досліджень відмічено у гібрида сорго зернового Brigga . Найвищою кількістю волотей за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza була у 2021 р. – 234,0 тис.шт. /га. Погодні умови цього року були найбільш сприятливими для росту і розвитку рослин цього гібриду. За цього варіанта у 2023 та 2024 роках ми відмічали суттєве коливання за сформованою кількістю волотей – 13,4 і 18,9 %. За цього варіанта рослини гібриду Aggyl формували меншу кількість волотей та коливання по роках дослідження (2023– 2024 рр.) становило 8,8–16,8 %, це

свідчить про значний вплив погодних умов на формування кількості волотей.

Таблиця 5.1

Кількість волотей сорго зернового залежно від впливу форм і доз добрив на одному гектарі посіву, тис. шт.

Гібрид	Варіант дослідження	Роки			Середнє
		2021	2023	2024	
Aggyl	АК (абсолютний контроль)	145,0	136,0	127,0	136,0
	ЗК (зональний контроль–Нітроамофоска 100 кг/га)	168,1	156,3	148,4	157,6
	Dura SOP 80 кг/га	182,6	171,1	162,9	172,2
	Dura SOP 100 кг/га	196,7	189,4	168,3	184,8
	Renovation Fuerza 80 кг/га	219,2	193,3	171,6	194,7
	Renovation Fuerza 100 кг/га	220,6	201,4	183,6	201,8
Brigga	АК (абсолютний контроль)	140,9	138,6	125,8	135,1
	ЗК (зональний контроль–Нітроамофоска 100 кг/га)	178,8	164,9	138,4	160,7
	Dura SOP 80 кг/га	186,2	173,1	160,9	173,4
	Dura SOP 100 кг/га	209,7	180,3	171,0	187,0
	Renovation Fuerza 80 кг/га	223,9	192,4	178,9	198,4
	Renovation Fuerza 100 кг/га	234,0	202,6	189,8	208,8
Середнє по гібридах	Aggyl	188,7	174,6	160,3	157,6
	Brigga	195,6	175,3	187,5	172,2
Середнє по добривах	АК (абсолютний контроль)	142,9	137,3	126,4	184,8
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	173,4	160,6	143,4	194,7
	Dura SOP 80 кг/га	184,4	172,1	161,9	201,8
	Dura SOP 100 кг/га	203,2	184,8	169,6	135,1
	Renovation Fuerza 80 кг/га	221,6	192,8	175,2	160,7
	Renovation Fuerza 100 кг/га	227,3	202,0	186,7	173,4
HIP 0,5		2,15	0,82	1,72	
HIP А		0,88	0,33	0,70	
HIP Б		1,52	0,58	1,22	

Застосування добрива Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га сприяло формуванню меншої кількості волотей сорго зернового у порівнянні з внесенням добрива Renovation Fuerza в таких же дозах. У гібрида Aggyl в середньому за роки досліджень їх зменшення становило відповідно в 2021 р. на 36,6 тис. шт. /га, в 2023 р. – 28,2 і 2024 р. – 8,7 тис. шт. /га, а за внесення в дозі 100 кг/га по роках досліджень відповідно на 23,9 тис. шт. /га; 11,8 і 15,3 тис. шт. /га. Таку ж закономірність ми спостерігаємо і у гібрида сорго зернового Brigga.

Застосування добрива Нітроамофоски в дозі 100 кг/га за варіанта зональний контроль сприяло формуванню більшої кількості волотей сорго зернового порівняно з варіантом абсолютного контролю у обох гібридів, однак більш суттєво зростала кількість волотей за варіанта зональний контроль у гібрида Brigga.

Озерненість однієї волоті гібридів сорго зернового залежно від впливу форм і доз добрив представлено в табл. 5.2. За роки досліджень найвищу кількість зерен формували обидва гібриди за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га. Однак, вища озерненість за цього варіанта була у гібрида Brigga – 1563 ш., що на 36,0 шт більше ніж у гібрида Aggyl.

Застосування Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га незначно зменшує озерненість волоті сорго зернового по роках дослідень у гібрида Aggyl на 94 штук ; 83 і 46 штук, у гібрида Brigga 62; 47 і 31 штук в порівнянні з дозою внесення 100 кг/га цього добрива.

За варіанта абсолютний контроль у обох гібридів сорго зернового була найнижча озерненість волоті в середньому за роки досліджень – 957,7 та 895,0 шт. Застосування добрива Нітроамофоски в 100 кг/га (зональний контроль) збільшувало озерненість волоті у обох гібридів Aggyl і Brigga на 236,6 і 306,4 шт відповідно.

Таблиця 5.2

Озерненість однієї волоті гібридів сорго зернового залежно від впливу форм і доз добрив, шт.

Гібрид	Варіант дослідження	Роки			Середнє
		2021	2023	2024	
Aggyl	АК (абсолютний контроль)	1024	940	909	957,7
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	1290	1209	1084	1294,3
	Dura SOP 80 кг/га	1414	1290	1237	1313,7
	Dura SOP 100 кг/га	1422	1306	1249	1325,7
	Renovation Fuerza 80 кг/га	1536	1444	1392	1457,3
	Renovation Fuerza 100 кг/га	1630	1527	1438	1531,7
Brigga	АК (абсолютний контроль)	933	893	859	895,0
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	1244	1197	1163	1201,4
	Dura SOP 80 кг/га	1404	1326	1291	1340,3
	Dura SOP 100 кг/га	1410	1399	1296	1368,3
	Renovation Fuerza 80 кг/га	1547	1516	1439	1500,7
	Renovation Fuerza 100 кг/га	1609	1563	1470	1547,3
Середнє по гібридах	Aggyl	1386	1286	1218	1313,4
	Brigga	1358	1316	1456	1308,8
Середнє по добривах	АК (абсолютний контроль)	978	916	884	926,3
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	1267	1203	1123	1247,8
	Dura SOP 80 кг/га	1409	1308	1264	1327,0
	Dura SOP 100 кг/га	1416	1352	1272	1347,0
	Renovation Fuerza 80 кг/га	1541	1480	1415	1479
	Renovation Fuerza 100 кг/га	1619	1545	1454	1539,5
НІР 0,5	71,8				
НІР 0,5 (А)	29,3				
НІР 0,5 (Б)	50,8				

Застосування Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га у гібрида сорго зернового Aggyl збільшувало озерненість волоті в середньому за три роки на 356 і 368 шт., а у гібрида Brigga на 445,3 і 473,3 штук у порівнянні з абсолютним контролем.

При порівнянні з зональним контролем (внесення добрива Нітроамофо-

ски в 100 кг/га) зростання озерненості волоті сорго зернового за варіантів застосування добрива Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га у гібрида Aggyl 124; 81 і 153 шт. та 132; 97 і 165 штук відповідно.

За варіантів застосування добрива Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га озерненість волоті сорго зернового зростала по роках досліджень у гібрида Aggyl відповідно на 246 шт; 235 і 308 шт та 340; 318 і 354 шт, а у гібрида Brigga на 303 шт; 319 і 276 шт та 365; 366 і 307 шт. відповідно. У обох гібридів сорго зернового спостерігається вища озерненість волоті за варіантів застосування добрив Dura SOP і Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га за несприятливих погодних умов 2024 р. у порівнянні з абсолютним і зональним контролюми.

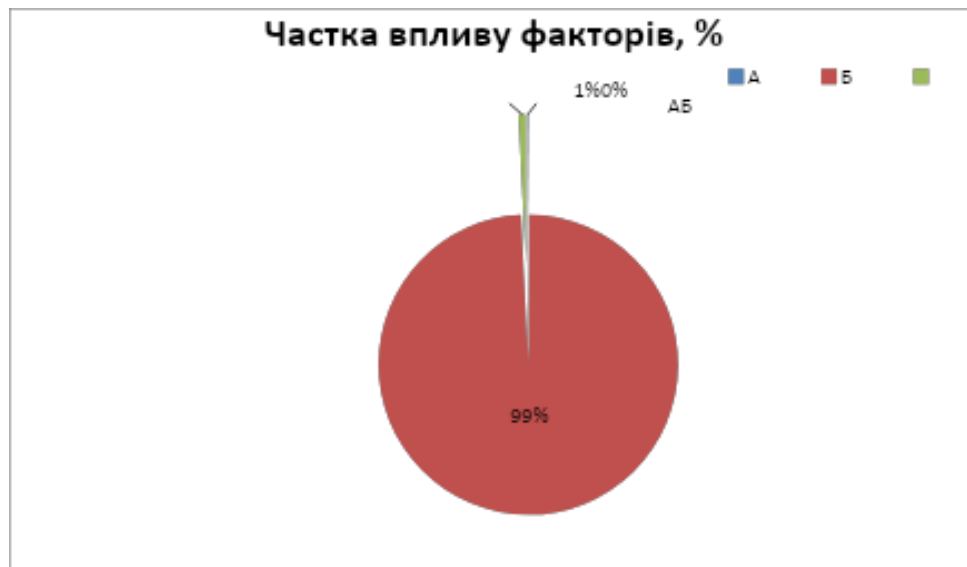


Рис. 5.1. Частка впливу досліджуваних елементів технології на мінливість озерненості волоті досліджуваних гібридів сорго зернового

Аналіз досліджуваних елементів за часткою впливу на мінливість показників озерненості волоті сорго зернового показав значну перевагу поєднання гібридів та застосованих добрив. Частка впливу взаємодії гібридів та варіантів застосування різних форм і доз добрив на мінливість кількості зерен з во-

лоті становила 1 %, а частка впливу варіантів застосування різних форм і доз добрив становила 99 %.

Для формування вищої зернової продуктивності у рослин гібридів сорго зернового важливе значення має кількість фотосинтетичноактивних листків збережених до фенологічної фази досягання. Облистяність рослин має значний вплив на фотосинтетичну діяльність рослин, тобто значна площа листової поверхні рослини створює більш якісні умови для реалізації генетичного потенціалу гібридів. Досліджувані гібриди Aggyl і Brigga за роки досліджень формували різну кількість фотосинтетичноактивних листків, як за роками так і за варіантами досліджень (табл.5.3.).

Максимальна кількість листків у обох гібридів сорго зернового формувалась за варіанта внесення добрив Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га у обох гібридів Aggyl і Brigga і становила 6,1 і 5,8 шт та 6,3 і 6,2 шт. Найменша облистяність у обох гібридів в усі роки дослідження ми спостерігали за варіанта абсолютний контроль 4,4 і 4,3 шт. відповідно.

Застосування усіх форм і доз добрив сприяло більшій збереженості листків на головному стеблі. За варіанта застосування добрива Нітроамофоски в дозі 100 кг/га число фотосинтетичноактивних листків у обох гібридів сорго зернового зростало в середньому до 4,6 шт., у гібрида Aggyl кількість листків збільшувалась на 4,54 % , а у гібрида Brigga на 6,97 %.

За варіантів внесення добрива Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га кількість листків у гібрида сорго зернового Aggyl збільшилась порівняно з абсолютним контролем на 18,2 і 27,3 %, а у гібрида Brigga на 18,6 і 25,6 %. Така закономірність зберігається і за варіантів застосування добрива Renovation Fuerza в таких же дозах. Зростання кількості листків на головному стеблі у гібрида Aggyl збільшувалася порівняно з абсолютним контролем на 38,6 і 43,2 %, а у гібрида Brigga на 34,9 і 44,2 %. Порівняно з варіантом зональний контроль кі-

лькість листків на головному стеблі у рослин гібрида Aggyl зростала у відповідності до варіантів досліджень на 13,0 % ; 21,7; 32,6 і 36,9 %, а у гібрида Brigga – 10,9 %; 17,4; 28,3 і 34,8 %.

Таблиця 5.3

Кількість листків на головному стеблі гібридів сорго зернового залежно від форм і доз добрив, шт.

Гібрид	Варіант дослідження	Роки			Середнє
		2021	2023	2024	
Aggyl	АК (абсолютний контроль)	4,7	4,3	4,1	4,4
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	4,9	4,6	4,4	4,6
	Dura SOP 80 кг/га	5,5	5,1	4,9	5,2
	Dura SOP 100 кг/га	5,8	5,7	5,3	5,6
	Renovation Fuerza 80 кг/га	6,3	6,3	5,7	6,1
	Renovation Fuerza 100 кг/га	6,5	6,4	6,1	6,3
Brigga	АК (абсолютний контроль)	4,2	4,5	4,1	4,3
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	4,6	4,8	4,4	4,6
	Dura SOP 80 кг/га	5,0	5,3	4,9	5,1
	Dura SOP 100 кг/га	5,3	5,9	5,1	5,4
	Renovation Fuerza 80 кг/га	5,7	6,2	5,5	5,8
	Renovation Fuerza 100 кг/га	6,3	6,4	5,8	6,2
Середнє по гібридах	Aggyl	5,6	5,4	5,1	5,4
	Brigga	5,2	5,5	5,0	5,2
Середнє по добривах	АК (абсолютний контроль)	4,4	4,4	4,1	4,3
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	4,8	4,7	4,4	4,6
	Dura SOP 80 кг/га	5,2	5,2	4,9	5,1
	Dura SOP 100 кг/га	5,5	5,8	5,2	5,5
	Renovation Fuerza 80 кг/га	6,0	6,2	5,6	5,9
	Renovation Fuerza 100 кг/га	6,4	6,4	5,9	6,2
HIP 0,5		1,00	1,05	0,97	
HIP А		0,41	0,43	0,40	
HIP Б		0,71	0,74	0,69	

Мінливість кількості листків залежно від застосовуваних форм і доз добрив у обох гібридів сорго зернового на нашу думку була фактично однако-

вою. Максимальну розбіжність по кількості листків в усі роки досліджень у обох гібридів ми спостерігали за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га. Найбільш сталою ознакою в дослідженні елементів структури врожаю була довжина волоті рослин гібридів сорго зернового. В оптимальному за умов вегетації 2021 р. дослідження спостерігалось не значне коливання довжини волоті (табл. 5.4.).

Таблиця 5.4

**Довжина волоті гібридів сорго зернового залежно від форм і доз
добрив, см**

Гібрид	Варіант дослідження	Роки			Середнє
		2021	2023	2024	
Aggyl	АК (абсолютний контроль)	22,2	17,9	16,3	18,8
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	22,6	18,6	17,2	19,5
	Dura SOP 80 кг/га	22,8	19,3	18,3	20,1
	Dura SOP 100 кг/га	23,2	19,3	18,5	20,3
	Renovation Fuerza 80 кг/га	23,7	20,4	19,3	21,1
	Renovation Fuerza 100 кг/га	24,7	21,0	19,6	21,8
Brigga	АК (абсолютний контроль)	21,7	19,2	17,4	19,4
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	22,5	19,9	17,9	20,1
	Dura SOP 80 кг/га	22,9	20,1	18,2	20,4
	Dura SOP 100 кг/га	23,4	21,4	18,6	21,1
	Renovation Fuerza 80 кг/га	23,8	22,5	19,1	21,8
	Renovation Fuerza 100 кг/га	24,8	21,7	19,3	21,9
Середнє по гібридах	Aggyl	23,2	19,4	18,2	20,3
	Brigga	23,2	20,8	18,4	20,8
Середнє по добривах	АК (абсолютний контроль)	21,9	18,5	16,8	19,1
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	22,5	19,2	17,5	19,7
	Dura SOP 80 кг/га	22,8	19,7	18,2	20,2
	Dura SOP 100 кг/га	23,3	20,3	18,5	20,7
	Renovation Fuerza 80 кг/га	23,7	21,4	19,2	21,4
	Renovation Fuerza 100 кг/га	24,7	21,3	19,4	21,8
HIP 0,5		0,82	1,33	0,97	
HIP А		0,33	0,54	0,40	
HIP Б		0,58	0,94	0,69	

Порівняно з варіантом абсолютний контроль у рослин гібрида сорго зернового Aggyl за варіантів застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в

дозах 80 і 100 кг/га збільшувалася довжина волоті відповідно на 0,6 см; 1,0; 1,5 і 2,5 см у 2021 році. У 2023 р. зростання становило 1,4 см; 1,4; 2,5 і 3,1 см відповідно. У 2024 р. довжина волоті збільшувалася на 2,0 см; 2,2; 3,0 і 3,3 см.

Така ж закономірність спостерігається у гібрида сорго зернового Brigga за варіантів внесення цих форм і доз добрив. У 2021 р. це збільшення відмічено на 1,2 см; 1,7; 2,1 та 3,1 см. У 2023 р. також збільшувалась довжина волоті на: 0,9 см; 2,2; 2,3 та 2,5 см відповідно. У 2024 р. 0,8 см; 1,2; 1,7 та 1,9 см.

На фоні застосування форм і доз добрив зростання довжини волоті за сприятливих погодніх умов 2021 та 2023 років у обох гібридів сорго зернового було значне, а у не сприятливий за погодними умовами 2024 р. приросту довжини волоті майже не відбувалося. В середньому за три роки досліджень найвищі показники маси 1000 зерен у гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga формувалися за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га – 32,0 і 31,6 г та 32,8 і 32,1 г відповідно (табл. 5.5).

На формування маси 1000 зерен сорго зернового впливали форми і дози добрив та погодні умови років дослідження. Найменшу масу 1000 зерен гібриди Aggyl та Brigga формували у 2024 р. на варіанті абсолютний контроль 26,5 і 25,4 г відповідно. За варіанта зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га) зростала маса 1000 зерен у гібрида Aggyl на 0,3 г, а у гібрида Brigga на 0,5 г, або 1,2 і 1,9 %. В цей рік найвищою маса 1000 зерен була за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га і становила у гібрида Aggyl 30,3 г, а у гібрида Brigga за внесення цього добрива у дозах 80 і 100 кг/га 28,7 і 29,1 г відповідно. Порівняно з абсолютним контролем маса 1000 зерен зростала відповідно на 3,8 та 3,7 г, або на 14,3 та 14,6 % за варіанта внесення Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га у обох гібридів. За варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га в 2024 р. маса 1000 зерен у обох гібридів сорго зернового зростала лише у гібрида Brigga.

Таблиця 5.5

**Маса 1000 зерен гібридів сорго зернового залежно від впливу
форм і доз добрив, г**

Гібрид	Варіант дослідження	Роки			Середнє
		2021	2023	2024	
Aggyl	АК (абсолютний контроль)	29,3	27,9	26,5	27,9
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	29,7	28,2	26,8	28,2
	Dura SOP 80 кг/га	31,7	31,4	27,1	30,1
	Dura SOP 100 кг/га	32,1	31,8	27,9	30,6
	Renovation Fuerza 80 кг/га	34,0	33,3	28,6	32,0
	Renovation Fuerza 100 кг/га	34,9	33,1	30,3	32,8
Brigga	АК (абсолютний контроль)	28,4	28,7	25,4	27,5
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	29,9	29,4	25,9	28,4
	Dura SOP 80 кг/га	31,8	30,6	26,4	29,6
	Dura SOP 100 кг/га	32,1	31,3	27,3	30,2
	Renovation Fuerza 80 кг/га	33,4	32,7	28,7	31,6
	Renovation Fuerza 100 кг/га	34,3	33,0	29,1	32,1
Середнє по гібридах	Aggyl	31,9	30,9	27,9	30,2
	Brigga	31,6	30,9	27,1	29,9
Середнє по добривах	АК (абсолютний контроль)	28,8	28,3	25,9	27,8
	ЗК (Нітроамофоска 100 кг/га)	29,8	28,8	26,3	28,3
	Dura SOP 80 кг/га	31,7	31,0	26,7	29,8
	Dura SOP 100 кг/га	32,1	31,5	27,6	30,4
	Renovation Fuerza 80 кг/га	33,7	33,0	28,6	31,8
	Renovation Fuerza 100 кг/га	34,6	33,0	29,7	32,4
НІР 0,5	1,31				
НІР0,5(А)	0,54				
НІР0,5(Б)	0,93				

У гібрида сорго зернового Aggyl зростала маса 1000 зерен в порів'янні з абсолютним контролем на 7,9 г , а у гібрида Brigga на 13,0 г. Порів'яно з зональним контролем маса 1000 зерен зростала в меншій мірі у обох гібридів. Це зростання становило відповідно у гібрида Aggyl на 1,1; 4,1; 6,7 і 13,1 %. У

гібрида сорго зернового Brigga ця закономірність зберігалася і збільшувалася маса 1000 зерен на 1,9; 5,4; 10,8 і 12,3 %.

Аналіз досліджуваних чинників, як джерел варіабельності показників маси 1000 зерен виявив домінуючий вплив різних форм і доз добрив, частка мінливості ознаки якого становила 99 %, а частка впливу гібриду на мінливість маси 1000 зерен була 1 % (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Частка впливу досліджуваних елементів технології на мінливість маси 1000 зерен гібридів сорго зернового

5.2. Урожайність гібридів сорго зернового залежно від досліджуваних чинників

Урожайність будь-якої сільськогосподарської культури є основним показником який залежить від впливу технології вирощування та ґрунтово-кліматичних умов місця проведення досліджень, в результаті яких формується продуктивність посівів і їх якість, як зерна, так і надземної частини рослин.

Урожайність рослин сорго зернового є вирішальним чинником перевірки дієвості різних заходів догляду за посівами у польових умовах [180]. Головна роль у формуванні біологічної урожайності належить системі головних стебел рослин. Це закономірно пояснюється біологічно зумовленою особливістю рос-

лин сорго формувати продуктивну кущистість залежно від чинників технології вирощування та погодних умов періоду вегетації. Наші дослідження показали, що частка головних стебел у формуванні загальної біологічної урожайності зерна коливається у досліджуваних гібридів за варіантами досліджень та погодними умовами років (табл. 5.6 та дод. Є.1).

У гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga найбільша частка головних стебел формується за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га. Особливо високий відсоток головних стебел формується за цього варіанта у обох гібридів за несприятливих погодних умов – 95 %. За цього варіанта у найбільш сприятливий для росту і розвитку 2021 р. відсоток головних стебел у досліджуваних гібридів становив відповідно 88 і 91 %.

Умови вегетації 2024 р. сприяли зменшенню кількості бічних стебел сорго зернового за варіантів застосування Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га. В середньому за три роки у гібрида Aggyl цей показник становив 15 і 11 % ,а у гібрида Brigga –13 і 10 %.

Найвищий відсоток бічних стебел за цих варіантів формується у обох гібридів сорго зернового в умовах вегетації 2023 р. у гібрида Aggyl – 20 і 17 %, у гібрида Brigga – 17 % за обох варіантів.

За варіантів абсолютного і зонального контролю ці показники найвищі за наших досліджень у гібрида сорго зернового Aggyl– 29 і 23 %, а у гібрида Brigga – 24 і 23 % відповідно.

Таблиця 5.6

**Частка різних систем стебел гібридів сорго зернового у біологічній
урожайності зерна за впливу різних форм і доз добрив, %
(середнє за 2021, 2023–2024 рр.)**

Гібрид (В)	Варіант (В)	2021 р.		2023 р.		2024 р.		Середнє за 2021, 2023– 2024 рр.	
		ГС	БС	ГС	БС	ГС	БС	ГС	БС
Aggyl	1*	74	26	75	25	82	18	77	23
	2	75	25	76	24	88	12	80	20
	3	77	23	78	22	92	8	82	18
	4	79	21	81	19	93	7	84	16
	5	78	22	80	20	97	3	85	15
	6	83	17	84	16	97	3	88	12
Brigga	1*	71	29	73	27	89	11	78	22
	2	72	28	74	26	93	7	80	20
	3	77	23	78	22	94	6	83	17
	4	77	23	80	20	96	4	84	16
	5	78	22	81	19	98	2	86	14
	6	86	14	89	11	99	1	91	9
НІР 0,5		3,56		4,80		3,44			
НІР А		1,45		1,96		1,41			
НІР Б		2,51		3,40		2,44			

*1– АК (абсолютний контроль); 2 – ЗК (зональний контроль–
Нітроамофоска 100 кг/га); 3 – Dura SOP 80 кг/га; 4 – Dura SOP 100 кг/га; 5 – Renovation Fuerza
80 кг/га; 6 – Renovation Fuerza 100 кг/га, ГС – головні стебла, БС – бічні стебла.

На нашу думку застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza за обох доз 80 і 100 кг/га сприяли формуванню більшої частки головних стебел сорго зернового за рахунок переваги у ефективності використання елементів живлення з цих добрив. У обох форм добрив контролюється вивільнення азоту пристосованого до потреб культури і умов навколишнього середовища та не великий відсоток фосфору 10 та 14 % захищений від зв'язування. Ці добрива вміщують мікроелементи у хелатній формі – сірка, магній, кальцій, марганець, цинк, бор, залізо, джерело калію– сульфат калію. Однак різні за погодними

умовами роки досліджень на нашу думку впливали також підсилюючи чи зменшуючи дію добрив.

Частка впливу факторів у обох гібридів сорго зернового за оптимальних погодних умов 2021 р. становила : вплив гібридів – 1 %, форм і доз добрив 97 % та взаємодію гібридів та форм і доз добрив – 2 %. Гірші погодні умови 2023 р., розподіл часток впливу факторів дещо змістив на долю гібриду – 18 %, впливу форм і доз добрив – 40 % та їх взаємодія – 42 %. Посушливі умови 2024 р. сприяв найвищому впливу добрив – 54 %, взаємодія гібридів та форм і доз добрив 45 %, а частка впливу гібридів – 1 %.

Досліджувані варіанти застосування різних форм і доз добрив спричиняли значні зміни показників біологічної урожайності зерна гібридів сорго зернового (табл. 5.7 та дод. Е.1– Е.6).

Найвища врожайність в досліді у обох гібридів сорго зернового в середньому за три роки була за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га : у гібрида сорго зернового Aggyl– 7,30 і 7,75 т/га, у гібрида Brigga – 7,27 і 7,41 т/га. Коливання урожайності у гібрида Aggyl за варіанта з внесенням добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га по роках досліджень від показника середньої становить 1,12; 0,04 та -1,15 т/га або на 14,4; 0, та -14,8 %. У гібрида Brigga ці показники відповідно становлять 13,6; 8,6 та -22,4 %.

Застосування Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га формує дещо меншу врожайність зерна сорго зернового порівняно з дозою 100 кг/га, але перевага цієї дози внесення під передпосівну культивуацію математично доведена лише для 2023 та 2024 років для гібрида Aggyl, а для гібрида Brigga лише для умов вегетації 2023 р. В умовах вегетації 2021 р. отримана нами врожайність за варіантів Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га у обох гібридів – це цифри одного порядку і спостерігається лише тенденція до зростання врожайності.

Таблиця 5.7

Біологічна врожайність гібридів сорго зернового Aggyl і Brigga залежно від форм і доз добрив, середня за 2021, 2023–2024 рр.

Гібрид	Варіант	Урожайність, т/га			Середня	Прибавка, т/га	
		2021 р.	2023 р.	2024 р.		АК	ЗК
Aggyl	АК (абсолютний контроль)	6,26	5,30	4,21	5,26	-	-
	ЗК (зональний контроль–Нітроамофоска 100 кг/га)	7,38	6,24	4,73	6,12	-	-
	Dura SOP 80 кг/га	8,00	6,75	5,30	6,68	1,42	0,56
	Dura SOP 100 кг/га	8,20	6,87	5,76	6,94	1,68	0,82
	Renovation Fuerza 80 кг/га	8,51	7,23	6,15	7,30	2,04	1,18
	Renovation Fuerza 100 кг/га	8,87	7,79	6,60	7,75	2,49	1,63
Brigga	АК (абсолютний контроль)	5,91	4,98	3,85	4,91	-	-
	ЗК (зональний контроль)	6,86	5,44	4,73	5,68	-	-
	Dura SOP 80 кг/га	7,65	6,10	5,22	6,32	1,41	0,64
	Dura SOP 100 кг/га	7,81	6,52	5,33	6,55	1,64	0,87
	Renovation Fuerza 80 кг/га	8,37	7,64	5,81	7,27	2,36	1,59
	Renovation Fuerza 100 кг/га	8,42	8,05	5,75	7,41	2,50	1,73
HIP 0,5		1,39	0,27	0,64			
HIP (A)		0,37	0,29	0,43			
HIP (B)		0,57	0,38	0,26			

За варіанта зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га) зростає врожайність у обох гібридів сорго зернового на 0,86 та 0,77 т/га у порівнянні з абсолютним контролем. У гібрида Aggyl застосування добрива Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га сприяє отриманню прибавки врожаю порівняно з

абсолютним контролем на 1,42 і 1,68 т/га, а з зональним контролем на – 0,56 і 0,82 т/га.

Застосування Renovation Fuerza в цих же дозах порівняно з абсолютним контролем збільшував врожайність сорго зернового на 2,04 і 2,49 т/га або 26,9 і 31,9 та 1,18 і 1,63 т/га або 9,2 і 13,4 % в порівнянні з зональним контролем.

У гібрида сорго зернового Brigga застосування добрива Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га забезпечує прибавку 1,41 і 1,64 т/га порівняно з абсолютним контролем або 28,7 і 33,4 %, а порівняно з зональним контролем на 0,64 і 0,87 т/га або 15,3 і 28,0 %.

За варіантів застосування Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га прибавки врожаю сорго зернового порівняно з абсолютним і зональним контролем становлять 2,36 і 2,50 т/га та 1,59 і 11,73 т/га або відповідно 48,1; 50,9 ; 28,0 і 30,5 %.

Факторіальний аналіз впливу чинників на формування біологічної врожайності зерна сорго зернового дозволяє з'ясувати відсоток кожного досліджуваного елемента за кожен вегетаційний рік. Факторіальний аналіз за роки наших досліджень наведений у рисунках 5.3 та 5.4.

Факторіальний аналіз за впливу форм і доз добрив на врожайність нових гібридів сорго зернового за 2021 р. свідчить, що найбільший вплив за оптимальних погодних умов, які скалалися в цьому році мають варіанти досліду – 95 %, дія гібридів Aggyl і Brigga – 4 %, взаємодія варіантів застосування форм і доз добрив та гібридів – 1 %. (рис. 5.3)



Рисунок 5.3. Факторіальний аналіз гібридів та добрив на мінливість врожайності зерна сорго в 2021 р.

Факторіальний аналіз за впливу форм і доз добрив та гібридів сорго зернового за 2024 р. показав, що найвищий вплив за жостких погодних умов мав фактор впливу форм і доз 92 %, частка впливу гібридів Aggyl і Brigga –5 %, взаємодія варіантів застосування форм і доз добрив та гібридів 3 % (рис.5.4).



Рисунок 5.4. Факторіальний аналіз гібридів та добрив на мінливість врожайності зерна сорго в 2024 р.

5.3. Якість зерна сорго зернового

Розширення посівних площ під сорго зерновим створює надійний фундамент для впровадження зональних технологій його вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах України. Нові сорти і гібриди вітчизняної та

зарубіжної селекції створюють сталі врожаї зерна, а за умов подальшого потепління вони будуть займати значно ширшу нішу серед зернових культур. Мінеральні добрива є одним з факторів впливу на врожайність зерна сорго зернового та сприяють формуванню високої якості зерна [151–157].

Дослідженнями вчених підтверджено протидію рослин сорго зернового до несприятливих умов вегетації, однак слід оптимізувати ріст і розвиток рослин від початкових етапів органогенезу до фази досягання [158, 159]. Дослідження проведенні в різних ґрунтово-кліматичних умовах України та зарубіжжі свідчать про ефективність внесення різних форм і доз добрив та їх поєднання в орґано-мінеральній системі удобрення. На їх думку це найбільш перспективний шлях отримання високих та якісних врожаїв зерна сорго зернового [160, 161].

Вартість добрив та фінансова обмеженість різних агрофірм та фермерських господарств різної форми власності потребує розробки оптимальних доз добрив для підвищення врожайності та його якості для реалізації зерна сорго на продовольчі цілі [162].

Останнім часом пропонується використовувати сорго як харчову культуру, але без застосування добрив майже не можливо отримати високоякісне зерно навіть при виконанні агротехнічних операцій якісно і в строки [163 – 165].

Численними дослідженнями доведено, що застосування мінеральних добрив – дієвий засіб для підвищення якості зерна сорго зернового, причому найбільшу частку впливу на якість чинять азотні добрива [166, 170].

Дефіцит азоту в ґрунті спричиняють попередні культури сівозміни, які поглинають з ґрунту значну кількість цього елемента. Значна частина його втрачається під час мінералізації органічної речовини післяжнивних решток, коли обробіток ґрунту проводять не своєчасно та неякісно [171].

Бездефіцитний баланс поживних речовин в ґрунті повинен сприяти високому вмісту білка і клейкови в зерні. Найбільш дієві в цьому випадку азотні добрива [172–175].

Трирічні дослідження по виявленню впливу різних форм і доз добрив на якість зерна сорго зерна свідчать, що різні погодні умови років досліджень сприяли формуванню зерна з різними показниками якості (табл.5.8).

Таблиця 5.8

Вплив різних форм і доз добрив на якість зерна гібридів сорго зернового
(середнє за 2021, 2023–2024 рр.)

Гібрид	Варіант	Вміст, % на суху речовину			
		білок	клітковина	жир	крохмаль
Aggyl	АК (абсолютний контроль)	8,9	1,96	3,25	69,14
	ЗК (зональний контроль– Нітроамофоска 100 кг/га)	10,7	2,21	3,31	69,55
	Dura SOP 80 кг/га	11,2	2,38	3,38	69,79
	Dura SOP 100 кг/га	11,4	2,41	3,40	70,11
	Renovation Fuerza 80 кг/га	12,4	2,45	3,49	70,22
	Renovation Fuerza 100 кг/га	12,8	2,51	3,56	70,45
Brigga	АК (абсолютний контроль)	9,7	2,01	3,15	71,29
	ЗК (зональний контроль– Нітроамофоска 100 кг/га)	11,8	2,13	3,19	71,80
	Dura SOP 80 кг/га	12,7	2,24	3,24	72,14
	Dura SOP 100 кг/га	12,9	2,33	3,25	72,38
	Renovation Fuerza 80 кг/га	13,3	2,44	3,28	73,04
	Renovation Fuerza 100 кг/га	13,8	2,50	3,30	73,58
НІР 0,5		0,7	0,11	0,17	0,37

Вміст протеїну в зерні сорго зернового у обох гібридів за варіанта абсолютний контроль близький до заявленого селекціонерами і становить у гібрида Aggyl – 8,9 % та у гібрида Brigga – 9,7 %.

Застосування різних форм і доз добрив Нітроамофоски, Dura SOP та Renovation Fuerza сприяло збільшенню вмісту протеїну за всіх варіантів у обох

досліджуваних гібридів сорго зернового. Особливо якісно впливали на збільшення вмісту протеїну комплексні мінеральні добрива Dura SOP та Renovation Fuerza, в яких за технологією Duramon відбувається повільне вивільнення азоту, яке пристосоване до потреб рослин сорго та умов навколишнього середовища.

До комплексного добрива Renovation Fuerza додаються мікроелементи, амінокислоти та солі гумінових кислот, які стимулюють метаболічні процеси в рослині та покращують фізико-хімічний стан ґрунту. Суттєве підвищення вмісту білку в зерні сорго зернового за внесення цього добрива в дозах 80 і 100 кг/га збільшувало вміст цього показника порівняно з абсолютним контролем у гібрида Aggyl на 3,5 і 3,9 %, а у гібрида Brigga на 3,6 і 4,1 %.

При порівнянні цих варіантів з варіантом зональний контроль зростання вмісту білку в зерні сорго зернового був дещо нижче і перевищення становило відповідно у гібрида Aggyl на 1,7 і 2,1 %, а у гібрида Brigga на 1,5 та 2,0 %.

Найбільший вміст білку в зерні сорго зернового в середньому за три роки ми отримали у гібрида сорго зернового Brigga за внесення Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га – 13,3 і 13,8 %, але застосування більшої дози цього добрива свідчить лише про тенденцію зростання вмісту білка, так як, математично не доведена перевага застосування цієї дози добрив.

За варіантів застосування добрива Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га у гібрида Aggyl збільшення вмісту білку в зерні сорго зернового зростав порівняно з абсолютним контролем на 2,3 і 2,5 %, а у гібрида Brigga на 3,0 і 3,2 % відповідно, тому збільшення дози цього добрива не сприяло вищому вмісту білку у обох досліджуваних гібридів сорго зернового. Однак, порівняно з абсолютним контролем обидва гібриди збільшують його вміст.

Важливим харчовим складником зерна сорго є крохмаль за вмістом якого визначається подальша технологічна переробка зерна. Крохмаль за його

високого вмісту переробляється на біоетанол. При харчовому використанні зерна сорго крохмаль забезпечує людський організм енергією, сприяє повноцінній роботі головного мозку та нервової системи.

Застосування різних форм і доз добрив сприяє збільшенню вмісту крохмалю в зерні сорго зернового у обох гібридів. Найвищий його вміст у гібрида Aggyl ми отримали за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га, застосування меншої дози цього добрива дещо знижувало вміст крохмалю, однак ми говоримо лише про цифри однакового порядку так, як математично не доведена перевага застосування дози 100 кг/га. У гібрида Brigga зростання вмісту крохмалю за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га забезпечувало вміст крохмалю 73,58 %, що перевищувало на 0,54 % вміст крохмалю за варіанта застосування цього ж добрива в дозі 80 кг/га.

За варіантів застосування добрива Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га у обох гібридів зростав вміст крохмалю в зерні сорго зернового порівняно з варіантом абсолютний контроль у гібрида Aggyl на 0,65 і 0,97 %, у гібрида Brigga це перевищення складало 1,75 та 2,29 % відповідно.

Математично не доведено збільшення вмісту крохмалю в зерні сорго зернового за варіантів застосування комплексних мінеральних добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га у обох досліджуваних гібридів порівняно з вмістом цього нутрієнта за варіанта абсолютний контроль, ми говоримо лише про тенденцію зростання вмісту крохмалю за цих варіантів.

При визначенні жиру в зерні сорго зернового за варіантів дослідження із застосуванням різних форм і доз добрив просліджується у обох гібридів тенденція до підвищення його вмісту із збільшенням рівня азотного добрива або зміни його форми. Однак, в цілому отримані нами дані по вмісту жиру в зерні сорго перебувають в межах похибки (НІР 0,5).

Рослинна клітковина в зерні сорго представлена частинами оболонок рослинних клітин. Найвищий вміст накопичується за варіантів застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га у обох гібридів порівняно з вмістом клітковини на варіанті абсолютний контроль. У гібрида Aggyl це зростання складало 0,42 %; 0,45; 0,49 та 0,55 %, а у гібрида Brigga 0,23 %; 0,32; 0,43 і 0,49 % відповідно.

Маса тисячі зерен в обох гібридів в зерні сорго зернового зростала за варіантів застосування всіх форм і доз добрив. Гібриди сорго зернового Aggyl і Brigga мають майже однаковий генотип, і характер збільшення маси тисячі насінин був схожим. Найвищу масу 1000 насінин у середньому за три роки мав гібрид Aggyl за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га – 32,8 г, за цього варіанта у гібрида Brigga маса 1000 становила 32,1 г.

Висновки до розділу 5

1. Трирічні дослідження за різних умов вегетаційного періоду дали змогу виявити залежність продуктивної кущистості від застосування різних форм і доз добрив у поєднанні з біологічними особливостями досліджуваних гібридів сорго зернового. Застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza, де елементи живлення знаходяться в хелатній формі сприяли формуванню більшої кількості продуктивних пагонів на перших етапах росту і розвитку у обох гібридів сорго зернового. На наступних етапах хелатна форма азоту забезпечувала рослини цим елементом, що сприяло вищому кущінню та подальшому росту і розвитку.

2. Застосування різних форм і доз добрив формувало більшу кількість волотей сорго зернового на 1 га та вищу озерненість волоті в обох гібридів сорго зерново відносно обох контролів, що доведено математично.

3. Маса зерна з однієї рослини сорго зернового в середньому була вищою в гібрида Brigga за внесення усіх форм і доз добрив, однак цей гібрид мав меншу масу 1000 насінин та нижчу продуктивну кущистість порівняно з гібридом сорго зернового Aggyl.

Вища маса зерна з волоті формувалася в обох гібридів сорго зернового за варіантів застосування добрива Renovation Fuerza в дозах 80 та 100 кг/га.

Найвищу масу 1000 насінин у середньому за три роки мав гібрид Aggyl за варіанта внесення Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га – 34,1 г, за цього варіанта у гібрида Brigga маса 1000 становила 32,1 г.

4. За середніми трьохрічними результатами досліджень встановлені оптимальні комбінації досліджуваних гібридів та форм і доз добрив, які в умовах Східного Лісостепу України забезпечували формування найбільшої біологічної урожайності зерна.

Вищу врожайність зерна сорго зернового формував гібрид сорго зернового Aggyl за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га – 7,30 і 7,75 т/га. За всіх інших варіантів застосування добрив у цього гібрида спостерігається стала тенденція до збільшення врожайності порівняно з абсолютним і зональним (Нітроамофоска 100 кг/га) контролюми.

У гібрида сорго зернового Aggyl застосування добрива Dura SOP в дозах 80 і 100 кг/га сприяє отриманню прибавки врожаю порівняно з абсолютним контролем на 1,42 і 1,68 т/га, а з зональним контролем на – 0,56 і 0,82 т/га. Застосування добрива Renovation Fuerza в цих же дозах порівняно з абсолютним контролем збільшувало врожайність на 2,04 і 2,49 т/га або 26,9 і 31,9 та 1,18 і 1,63 т/га або 9,2 і 13,4 % в порівнянні з зональним контролем.

5. Високий відсоток головних стебел сорго зернового формується за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га у обох гібридів і становив 95 %. За цього варіанта у найбільш сприятливий для росту і

розвитку 2021 р. відсоток головних стебел у досліджуваних гібридів становив відповідно 88 і 91 %.

6. Застосування добрив істотно покращило якість зерна сорго зернового у обох гібридів: збільшився вміст білка в зерні у гібрида Aggy1 з 2,5 до 3,9 %, а у гібрида Brigga це зростання становила від 3,0 до 4,1 %.

Спостерігалася тенденція до збільшення жиру в зерні за варіантів застосування різних форм і доз добрив. Зростав вміст крохмалю та маса 1000 зерен.

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ДОСЛІДЖУВАНИХ СКЛАДОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ СОРГО

На економічну ефективність вирощування сорго зернового суттєво впливають такі чинники, як врожайність, ціни на зерно, витрати на вирощування, засоби захисту рослин, близькість шляхів до реалізації та інше [181, 182]. Сучасні сорти і гібриди сорго зернового зазвичай пристосовані до ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування, але навіть у цих сортів і гібридів урожайність може варіювати в широких межах залежно від комплексного впливу та взаємодії факторів. Не існують сорти адаптовані до усього— посухи, впливу наднизьких чи надмірно високих температур, надлишку вологи та іншого. Глобальні зміни клімату в умовах України сприяють різким коливанням його і навіть адаптовані до них сучасні сорти та гібриди піддаються цьому впливу [183, 184].

Коливання цін на зерно залежать від попиту та пропозицій на ринку. Важко передбачити ринкову ситуацію і визначити можливість вигідної ціни на зерно сорго. Істотно змінити собівартість можуть застосовані вартісні агротехнічні прийоми догляду та збільшити цим рівень рентабельності [185, 186, 195].

В воєнні та повоєнні часи вартість зерна сорго тримається на рівні вартості зерна пшениці, що суттєво погіршує ефективність вирощування цієї культури. В найближчий час не слід розраховувати на дешеві ресурси та високу вартість зерна [187, 188].

Складові технології вирощування сорго та післязбиральна доробка зерна суттєво впливають на економічну ефективність вирощування сорго, тому слід знайти баланс між оптимумом кількості агрозаходів та їх доцільністю [190, 191]. Доступність ресурсів: енерго ресурси, засоби захисту, вода, праця є досить важливими факторами впливу на ефективність вирощування сорго [192, 193].

Для більшої ефективності вирощування сорго зернового слід налагодити шляхи збуту та переробку зерна. Бажано щоб вітчизняні переробники зерна сорго мали можливість переробляти його на борошно, крупи, корми для тварин чи біопаливо. Чим глибша переробка, тим ефективність сільськогосподарського виробництва буде вищою [194].

Із засобів захисту рослин по боротьбі з бур'янами в усі роки досліджень використовували гербіцид Примекстра TZ Голд 500 SC. Свої економічні розрахунки ми проводили використовуючи технологічні карти для зональної технології вирощування сорго зернового в Лісостеповій зоні України. Ціна мінерального добрива, вартість зерна та паливно-мастильних матеріалів враховувалась за цінами 2024 р. Реалізаційна вартість зерна сорго складала 8400 грн. Ціна за добрива в умовах 2024 р. становили: Нітроамофоска (16:16:16) 26500 гривень за тону; Dura SOP 600 кг – 36000 та Renovation Fuerza 40600 гривень за тону. Насіннєвий матеріал гібридів сорго зернового Aggyl за 1 кг – 250 грн, Brigga – 185 грн. Економічну та енергетичну ефективність вирощування сорго зернового досліджуваних гібридів залежно від різних форм та доз добрив представлено в табл. 6.1–6.2.

Зростання врожайності зерна сорго зернового у гібрида Aggyl за варіанта застосування добрив сприяло отриманню більшої вартості врожайності. Коливання у вартості за варіанта абсолютний контроль порівняно з варіантом застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га становить 10,12 тис. грн. Зростали загальні витрати за цих варіантів з 28,35 до 38,04 тис. грн (на 9,69 тис. грн), завдяки цьому умовний чистий прибуток за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га становив 27,06 тис. грн.

Таблиця 6.1

Економічна та енергетична ефективність вирощування гібриду сорго зернового Aggyl залежно від різних форм та доз мінеральних добрив (середнє за 2021, 2023–2024 рр.) в розрахунку на 1 га

Показники	Варіанти дослідів					
	1*	2	3	4	5	6
Урожайність, т/га	5,26	6,12	6,68	6,94	7,30	7,75
Вартість врожайності, тис. грн	44,18	51,41	56,11	58,30	61,32	65,10
Загальні витрати, тис. грн	28,35	31,06	31,75	33,65	33,16	38,04
Умовний чистий прибуток, тис. грн	15,83	20,25	24,36	24,68	25,14	27,06
Рентабельність, %	55,8	65,2	76,2	73,3	75,8	71,1
Енергетична цінність зерна, ГДж/га	79,43	92,41	100,87	104,79	110,23	117,02
Енергетичні витрати, ГДж/га	37,51	43,50	46,02	48,50	46,37	48,81
Приріст валової енергії, ГДж/га	41,92	48,91	54,85	56,29	63,86	68,21
Коефіцієнт енергетичної ефективності (КЕЕ)	2,12	2,12	2,41	2,16	2,34	2,40

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га , 6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Найвища рентабельність виробництва зерна сорго зернового в досліді була за варіанта застосування добрива Dura SOP в дозі 80 кг/га . Застосування вищих доз змешували рентабельність на 2,4 %. За варіанта застосування добрива Renovation Fuerza у гібрида Aggyl вища рентабельність була за дози 80 кг/га –

75,8 %, збільшення дози внесення до 100 кг/га зменшувало рентабельність на 4,7 %.

Застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га свідчить про високу рентабельність виробництва зерна сорго зернового, але високий рівень її значно залежав від того, що для проведення досліджень ми отримали добрива Dura SOP та Renovation Fuerza по собівартості. В критичних погодних умовах вегетації 2024 р. врожайність зерна сорго у гібрида Aggyl за цих варіантів коливалась від 5,30 до 6,60 т/га, що значно знизило середню врожайність в досліді за три роки.

Аграрний сектор України опинився в умовах, за яких необхідно орієнтуватися на використання вітчизняної сировини та енергії. Це пов'язано з постійним зростанням вартості енергетичних і матеріальних ресурсів. У такій ситуації важливо не лише застосовувати мінеральні добрива, а й залучати всі чинники, що впливають на родючість ґрунтів і розвиток рослин. До них належать: сучасна техніка, меліорація, пестициди у науково обґрунтованих дозах, а також удосконалення зональних ресурсозберігаючих технологій [196].

Одним із підходів до підвищення ефективності є енергетична оцінка технологій вирощування. Вона дозволяє визначити, які технологічні операції є найменш енерговитратними, мають найвищу ефективність і забезпечують кращу окупність витрат.

У нашому дослідженні енергоефективність технології вирощування сорго оцінювали за окремими технологічними операціями. Усі трудові та виробничі витрати переводили у єдину систему виміру — кілокалорії або джоулі. Це дало змогу порівняти ефективність окремих елементів технології за однаковими критеріями та виявити найдоцільніші у використанні [196].

Таблиця 6.2

Економічна та енергетична ефективність вирощування гібриду сорго зернового Brigga залежно від різних форм та доз мінеральних добрив (середнє за 2021, 2023–2024 рр.) в розрахунку на 1 га ГДж/га.

Показники	Варіанти дослідів					
	1*	2	3	4	5	6
Урожайність, т/га	4,91	5,68	6,32	6,55	7,27	7,41
Вартість врожайності, тис. грн	41,24	47,71	53,09	55,02	61,07	62,24
Загальні витрати, тис. грн	27,64	30,87	31,56	32,80	32,64	35,43
Умовний чистий прибуток, тис. грн	13,60	16,84	21,53	22,22	28,45	26,81
Рентабельність, %	49,2	54,6	68,3	67,7	87,2	75,7
Енергетична цінність зерна, ГДж/га	74,14	85,77	95,43	98,90	109,78	111,8 9
Енергетичні витрати, ГДж/га	36,95	42,81	45,34	47,62	46,28	47,59
Приріст валової енергії, ГДж/га	37,19	42,96	50,09	51,28	63,50	64,30
Коефіцієнт енергетичної ефективності (КЕЕ)	2,01	2,00	2,10	2,08	2,37	2,38

1* – Абсолютний контроль, 2 – Зональний контроль (Нітроамофоска 100 кг/га) ,

3– Dura SOP 80 кг/га, 4 – Dura SOP 100 кг/га, 5 – Renovation Fuerza 80 кг/га ,

6 – Renovation Fuerza 100 кг/га.

Біонергетична оцінка на відміну від економічної ефективності не залежить від цінової політики, а тому більш ефективно порівнює між собою варіанти досліджень.

Акумуляована врожаєм енергія зростала пропорційно росту показників врожайності зерна сорго зернового і була вищою за варіанта застосування доб-

рива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 117,02 ГДж/га. За варіанта застосування цього добрива в дозі 80 кг/га вона дещо знижувалася. Енергетична цінність зерна зростала за всіх варіантів застосування добрив та коливалася від 79,43 до 117,02 ГДж/га. Дози добрив сприяли більшим енергетичним витратам від 43,50 до 48,81 ГДж/га.

Приріст валової енергії за виробництва зерна сорго зернового коливався в широкому діапазоні від 48,91 до 68,21 ГДж/га. В середньому за варіантів застосування добрива Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га була на рівні 63,86 і 68,21 ГДж/га, за варіантів застосування добрива Dura SOP в таких же дозах приріст валової енергії становив відповідно 54,85 і 56,29 ГДж/га.

Максимальне значення коефіцієнту енергетичної ефективності сорго зернового на рівні 2,41 було відмічено за варіанта застосування добрива Dura SOP в дозі 80 кг/га та 2,40 за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га.

Висока врожайність сорго зернового за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 7,41 т/га забезпечило найвищу вартість врожайності за цього варіанта в середньому за три роки у гібрида Brigga – 62,24 тис. грн. При цьому зростають загальні вирати в досліді до 35,43 тис. грн. та зменшився умовний чистий прибуток до 26,81 тис. грн порівняно з прибутком за варіанта застосування цього добрива в дозі 80 кг/га – 25,48 тис. грн. Менші загальні витрати та вищий умовний чистий прибуток забезпечили найвищу рентабельність в досліді за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га, збільшення дози до 100 кг/га зменшувало рентабельність на 11,5 %.

Найвища енергетична цінність зерна сорго зернового була отримана за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 111,89 ГДж/га, однак, за цього варіанта значні енергетичні витрати 47,59 ГДж/га забезпечили коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,35. За варіанта застосування добрива

Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га були менші енергетичні витрати, що сприяли значному приросту валової енергії 63,50 ГДж/га і за цього варіанта коефіцієнт енергетичної ефективності у гібрида Brigga був – 2,37.

Висновки до розділу 6

1. Комплекс показників економічної ефективності виробництва зерна сорго зернового: вартість зерна, загальні витрати, чистий прибуток та рентабельність свідчать про високу ефективність застосування добрив Dura SOP і Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га. Коливання рентабельності у гібрида Aggyl становило від 76,7 і 71,1 % . При цьому максимальна вартість врожаю 65,10 тис. грн/га була відмічена за варіанта застосування добрив Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га.

2. Приріст валової енергії залежно від досліджуваних чинників коливався в широкому діапазоні від 48,91 до 68,21 ГДж/га, але найвищим був за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га. Максимальний показник енергетичної ефективності отримано за варіанта внесення добрив Dura SOP в дозі 80 кг/га – 2,41 та Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 2,40. Енергоємність продукції зростала до 15 ГДж/т, що не відповідає вимогам сучасних енергозберігаючих культур – не більше 10 ГДж/т.

3. Зростання врожайності зерна у гібрида сорго зернового Aggyl за варіанта застосування добрив сприяло отриманню більшої вартості врожайності. Коливання у вартості за варіанта абсолютний контроль порівняно з варіантом застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 10,12 тис. грн. При зростанні загальних витрат за цих варіантів з 28,35 до 38,04 тис. грн (на 9,69 тис.грн), завдяки цьому умовний чистий прибуток за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га становив 27,06 тис. грн. Найвища рентабельність в досліді була за варіанта застосування добрива Dura SOP в дозі 80 кг/га . Застосування вищих доз зменшували рентабельність на 2,4 %.

4. За варіанту застосування добрива Renovation Fuerza вища рентабельність виробництва зерна сорго зернового була за дози 80 кг/га – 75,8 %, збільшення дози внесення добрива до 100 кг/га зменшувало рентабельність на 4,7 %.

5. Застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га свідчить про високу рентабельність виробництва зерна сорго зернового, але високий рівень її значно залежав від того, що для проведення досліджень ми отримали добрива Dura SOP та Renovation Fuerza по собівартості. В критичних погодних умовах вегетації 2024 р. врожайність зерна сорго у гібрида Aggyl за цих варіантів коливалась від 5,30 до 6,60 т/га, що значно знизило середню врожайність в досліді за три роки.

6. Висока врожайність сорго зернового за варіантами застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 7,41 т/га забезпечила найвищу вартість врожайності за цього варіанта в середньому за три роки у гібрида Brigga – 62,24 тис. грн. При цьому зростають загальні вирати в досліді до 35,43 тис. грн. Зменшився умовний чистий прибуток до 26,81 тис. грн порівняно з прибутком за варіанта застосування цього добрива в дозі 80 кг/га – 25,48 тис. грн. Менші загальні вирати та вищий умовний чистий прибуток забезпечили найвищу рентабельність в досліді за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га, збільшення дози до 100 кг/га зменшувало рентабельність на 11,5 %.

7. Найвища енергетична цінність зерна сорго зернового була отримана у гібрида Brigga за варіанта внесення добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 111,89 ГДж/га, однак, за цього варіанта були значні енергетичні витрати 47,59 ГДж/га, що забезпечили коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,35. Застосування добрива Renovation Fuerza у дозі 80 кг/га зумовило зниження енергетичних витрат, приріст валової енергії до 63,50 ГДж/га та підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності гібрида Brigga до 2,37.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та практичне вирішення закономірностей формування високопродуктивних посівів сорго зернового для отримання високих та сталих врожаїв зерна в умовах Східного Лісостепу України.

1. Роки проведення досліджень характеризуються різними температурними показниками та умовами зволоження. Внесення добрив Dura SOP в дозі 100 кг/га та Renovation Fuerza суттєво підвищували показники польової схожості насіння сорго зернового. У гібрида Aggyl за цих варіантів вона становила 92,5 ; 90,5 і 91,5 %. Таку ж закономірність ми отримали за цих варіантів у гібрида сорго зернового Brigga.

2. Оптимальні температурні показники та режим зволоження у 2021 р. сприяли отриманню вищої виживаності рослин у обох досліджуваних гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga . В умовах вегетації 2024 року застосування всіх форм і доз добрив забезпечило зростання виживаності рослин. Застосування добрива Нітроамофоски в дозі 100 кг/га сприяло вищій виживаності рослин в обох досліджуваних гібридів порівняно із застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza в дозах 80 та 100 кг/га.

3. З'ясовано, що найкращий розвиток площі листкової поверхні у обох гібридів сорго зернового був за варіанта застосування комплексного мінерального добрива Renovation Fuerza 100 кг/га і становив у фазу достигання у гібридів Aggyl і Brigga відповідно: 32,15 та 26,54 тис. м²/га.

4. Вставлено, що найвищий фотосинтетичний потенціал посівів сорго зернового формується у гібрида Aggyl за внесення добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га 2,02 тис.м²/га×діб, а у гібрида Brigga за внесення цього добрива в дозах 80 і 100 кг/га – 1,57 та 1,62 тис.м²/га.

5. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів сорго зернового найвищою була за варіанта внесення мінерального добрива Renovation Fuerza в дозах 80 та 100 кг/га у обох гібридів сорго зернового і становила відповідно: 4,65 і 4,67 та 3,66 і 3,74 г/м².

6. Кореляційно-реграсійний аналіз даних між фотосинтетичним потенціалом посівів та площею листкової поверхні сорго зернового показав тісну кореляцію, при цьому коефіцієнт детермінації становить $R^2=0,88$, а коефіцієнт кореляції – $R=0,80$ для обох гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga. Складене рівняння регресії лінійно-кореляційної залежності між площею листкової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу для обох досліджуваних гібридів має вигляд: $y = 0,0479x - 0,098$ ($R^2=0,88$).

7. Різні умови вегетаційних періодів дали змогу виявити залежність продуктивної кущистості від застосування різних форм і доз добрив у поєднанні з біологічними особливостями досліджуваних гібридів сорго зернового. Застосування добрив Dura SOP та Renovation Fuerza сприяли формуванню більшої кількості продуктивних пагонів на перших етапах росту і розвитку у обох гібридів сорго зернового. На наступних етапах хелатна форма азоту забезпечувала рослини цим елементом, що сприяло інтенсивнішому кущінню та подальшому росту і розвитку.

8. Застосування різних форм і доз добрив формувало більшу кількість волотей на 1 га та вищу озерненість волоті в обох гібридів сорго зернового відносно обох контролів, що доведено математичним обробітком даних.

Маса зерна з однієї рослини сорго зернового в середньому за роки досліджень була вищою у гібрида Brigga за внесення усіх форм і доз добрив, однак цей гібрид мав меншу масу 1000 насінин та нижчу продуктивну кущистість порівняно з гібридом сорго зернового Aggyl. Вища маса зерна з волоті формувалася в обох гібридів сорго зернового за варіантів застосування

Renovation Fuerza в дозах 80 та 100 кг/га. Найвищу масу 1000 насінин у середньому за три роки мав гібрид Aggyl за варіанта внесення Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га – 32,0 і 34,1 г, за цього варіанта у гібрида Brigga маса 1000 становила 31,6 і 32,1 г.

9. Вищу врожайність зерна формував гібрид сорго зернового Aggyl за варіанта застосування Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га – 7,30 і 7,75 т/га. За всіх інших варіантів застосування добрив у цього гібрида спостерігається стала тенденція до збільшення врожайності порівняно з абсолютним і зональним (Нітроамофоска 100 кг/га) контролюми.

У гібридів сорго зернового Aggyl та Brigga найбільша частка головних стебел формується за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га та становила 88 і 91 % відповідно.

10. У гібрида Aggyl застосування добрива Duga SOP в дозах 80 і 100 кг/га сприяє отриманню прибавки врожаю порівняно з абсолютним контролем на 1,42 і 1,68 т/га, а з зональним контролем на – 0,56 і 0,82 т/га. Застосування добрива Renovation Fuerza в цих же дозах порівняно з абсолютним контролем збільшував врожайність обох гібридів на 2,04 і 2,49 т/га або 26,9 і 31,9 та 1,18 і 1,63 т/га або 9,2 і 13,4 % в порівнянні з зональним контролем.

11. Застосування добрив істотно підвищувало якість зерна сорго зернового у обох гібридів: збільшився вміст білка в зерні у гібрида Aggyl з 2,5 до 3,9 %, а у гібрида Brigga це зростання становила від 3,0 до 4,1 %. Спостерігалась тенденція до збільшення вмісту жиру в зерні та зростав вміст крохмалю за варіантів застосування різних форм і доз добрив.

12. Висока врожайність сорго зернового за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 7,41 т/га забезпечила найвищу вартість врожайності за цього варіанта в середньому за три роки у гібрида Brigga – 62,24 тис. грн. При цьому зростали загальні вирати до 35,43 тис. грн, що

зменшило умовний чистий прибуток до 26,81 тис. грн порівняно з прибутком за варіанта застосування цього добрива в дозі 80 кг/га – 25,48 тис. грн. Менші загальні витрати та вищий умовний чистий прибуток забезпечили найвищу рентабельність в досліді за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозі 80 кг/га, збільшення дози до 100 кг/га зменшувало рентабельність на 11,5 %.

13. Зростання врожайності зерна сорго зернового у гібрида Aggyl за варіанта застосування добрива Renovation Fuerza в дозах 80 і 100 кг/га сприяло отриманню більшої вартості врожайності. Зростання загальних витрат не сприяло значному збільшенню умовного чистого прибутку за цих варіантів та зменшувало рівень рентабельності, однак енергетична цінність зерна була найвищою за цих варіантів, що забезпечувала більший приріст валової енергії та коефіцієнта енергетичної ефективності.

Найвища рентабельність за виробництва зерна сорго зернового в досліді була у гібрида Aggyl за варіанта застосування добрива Duga SOP в дозі 80 кг/га . Застосування вищих доз добрив зменшували рентабельність на 2,4 %. За варіантів застосування Renovation Fuerza вища рентабельність була за застосування дози 80 кг/га – 75,8 %, збільшення дози внесення до 100 кг/га зменшувало рентабельність на 4,7 %.

14. Найвища енергетична цінність зерна сорго зернового була отримана у гібрида Brigga за варіанта добрива Renovation Fuerza в дозі 100 кг/га – 111,89 ГДж/га, однак, за цього варіанта значні енергетичні витрати 47,59 ГДж/га забезпечили коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,35.

Застосування добрива Renovation Fuerza у нормі 80 кг/га сприяло зниженню енергетичних витрат, що, у свою чергу, обумовило істотне зростання валової енергії до 63,50 ГДж/га. За цього варіанта рівень енергетичної ефективності гібрида сорго зернового становив 2,37.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою підвищення продуктивності та розкриття генетичного потенціалу гібридів сорго зернового та забезпечення високих якісних показників зерна в умовах Східного Лісостепу України рекомендуємо наступне:

1. Вирощувати гібриди сорго зернового Aggyl та Briggy у яких в середньому за три роки за внесення досліджуваних мінеральних добрив реалізація генетичного потенціалу урожайності складала до 70 % у гібрида Aggyl та до 57 % у гібрида Brigga.

2. Вносити комплексне гранульоване мінеральне добриво Dura SOP або Renovation Fuerza, які за різних погодних умов років досліджень забезпечили високу врожайність гібридів сорго зернового Aggyl та Briggy. Врожайність в середньому в досліді у гібрида сорго зернового Aggyl за внесення добрива Dura SOP з нормою 80 кг/га становила 6,68 т/га, а за норми 100 кг/га– 6,94 т/га відповідно. Засосування добрива Renovation Fuerza в таких же дозах (80 і 100 кг/га) для гібрида сорго зернового Aggyl забезпечує врожайність 7,30 т/га та 7,75 т/га відповідно. Для гібрида сорго зернового Brigga застосування добрива Dura SOP з нормою 80 і 100 кг/га забезпечує врожайність зерна 6,32 т/га та 6,55 т/га, а внесення добрива Renovation Fuerza відповідно–7,27 т/га та 7,41 т/га.

3. Найвищі врожаї за припосівного внесення мінерального добрива Dura SOP або Renovation Fuerza у обох гібридів сорго зернового Aggyl та Briggy формуються за норми застосування 100 кг/га, але вищу рентабельність посіви сорго зернового формують за норми добрив–80 кг/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Черенков А. В., Шевченко М. С., Дзюбецький Б. В. та ін. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти : *метод. рекомендації*. Дніпропетровськ, 2011. 63 с.
2. Бойко М. О. Агробіологічне обґрунтування елементів технології вирощування гібридів сорго зернового в Південному Степу України : *дис. канд. с.-г. наук* : 06.01.09. Херсон, 2017. 230 с.
3. Фарафонов В. А., Зозуля О. Л. Сорго завойовує світ. *Агроном*. 2007. № 1. С. 24.
4. Чубко О. Сорго – унікальна культура. *Агросектор*. 2007. № 5. С. 10–11.
5. Лапа О. М., Свиридов А. М., Щербаков В. Я., Фарафонов В. А. Вирощування зернового сорго в умовах України. Київ : *Глобус-Принт*, 2008. 36 с.
6. Маслак О. Перспективне сорго. Агробізнес сьогодні. 2011. № 11. С. 12–15.
7. Програма «Зерно України 2008–2015». Київ : Мінагрополітики України, 2007. 38 с.
8. Радченко М., Маслак О., Полежай О. Сорго: невикористаний потенціал. *Agroexpert*. 2011. № 5. С. 22–26.
9. Фарафонов В. А. Сорго – потенційно стратегічна культура. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2003. № 17. С. 4.
10. Шепель М. О., Болдирева Л. П., Корж Г. С. Сорго повинно вирішити проблему кормів. *Пропозиція*. 2005. № 5. С. 52–54.
11. Narkhede B. N., Shinde M. S., Patil S. P. Stability performance of sorghum varieties for grain and fodder yields. *Journal of the Maharashtra Agricultural Universities*. 1997. Vol. 22. P. 179–181.

12. Чубко О. Сорго – унікальна культура. *Агросектор*. 2007. № 5. С. 23–24.
13. Архипенко Ф. М., Слюсар С. М. Сорго – перспективи вирощування. *Агроном*. 2006. № 4. С. 82–83.
14. Самойленко В. В., Самойленко А. Т. Сорго зернофуражне і харчове. Збереження та переробка зерна. 2001. № 2. С. 30–31.
15. Subramanian V. B., Rao D. Y. Basis of grain yield compensation on in dryland sorghum at low density. *Indian Journal of Plant Physiology*. 1987. Vol. 30, Iss. 2. P. 154–159.
16. Попитченко Л. М. Аналіз погодно-кліматичних умов вирощування сорго зернового в Донбасі. *Наук. вісн. Луган. НАУ*. 2010. № 12. С. 154–156. Серія: Сільськогосподарські науки.
17. Луцько Г. Сорго: новий погляд на знайому культуру. *Пропозиція*. 2014. № 3. С. 68–70.
18. Безручко О. Сорго набуває популярності. *Agroexpert*. 2012. № 5. С. 36–38.
19. Музиченко Ф. Сорго в Україні: лише. *Пропозиція*. 2010. № 3. С. 68.
20. Повноцінно замінити "Королеву полів" на вітчизняних ланах може лише сорго. *Зерно і хліб*. 2015. № 2. С. 29–31.
21. Радченко М. Сорго: невикористаний потенціал. *Agroexpert*. 2011. № 5. С. 22–26.
22. Рекунова Н. Сорго в Україні: практичний досвід. *Agroexpert*. 2013. № 9. С. 18–21.
23. Фарафонов В. За посухо– й солестійкістю сорго лідирує серед культурних рослин світу. *Зерно і хліб*. 2011. № 3. С. 50.
24. FAO STAT Crops statistics. 2023. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (10.01.2024).

25. Trouche G., Bastianelli D., Hamadou T. та ін. Exploring the variability of a photoperiod-insensitive sorghum genetic panel for stem composition and related traits in temperate environments. *Field Crops Research*. 2014. Vol. 166. P. 72–81. doi:10.1016/j.fcr.2014.06.008.
26. Ndiaye M., Adam M., Ganyo K. K. та ін. Genotype-environment interaction: trade-offs between the agronomic performance and stability of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes in Senegal. *Agronomy*. 2019. Vol. 9. P. 1–16. doi:10.3390/agronomy9120867.
27. Цайзе, Корен. Сорго вместо кукурузы. *Агроном*. 2013. № 4. С. 94–96.
28. Черенков А. В., Дзюбецький Б. В., Черчель В. Ю. та ін. Оптимізація виробництва зерна сорго в Україні на період до 2020 р. Дніпропетровськ : ДУ Ін-т сільського госп-ва степової зони, 2013. 32 с.
29. Рудик-Іващенко О. І., Сторожик Л. І. Біоенергетична цінність соргових культур. *Вісн. аграр. науки*. 2011. № 5. С. 46–49.
30. Пшеничний Н. І. Сорго – посухостійка і високоврожайна кормова культура. Київ, 1956. 32 с.
31. Безручко О. Сорго набуває популярності. *Agroexpert*. 2012. № 5. С. 36–38.
32. Karampisin E., Vamvuka D., Sfakiotakis S. Comparative Study of Combustion Properties of Five Energy Crops and Greek Lignite. *Energy & Fuels*. 2012. Vol. 26, № 2. P. 869–878. URL: <http://www.researchgate.net/publication/224437353> (дата звернення: [вказати дату]).
33. Гринюк І. Ще одна сировина для біопалива. *Агросектор*. 2007. № 4 (18). С. 33.
34. Дремлюк Г. К., Гамадій В. Л. Багатогранна культура. *Насінництво*. 2011. № 4 (100). С. 14–21.

35. Каражбей Г. М. Значення сорго зернового як біоенергетичної культури. *Зб. наук. пр. ІБКІЦБ*. 2011. Вип. 12. С. 148–152.
36. Українські науковці. Сорго – культура багатоцільового використання. *Аграрна наука та практика*. – 2023. – №1. – С. 20–25.
37. Morey R. V., Hatfield D. L., Sears R. та ін. Fuel properties of biomass feed streams at ethanol plants. URL: http://www.biomasschpethanol.umn.edu/papers/Fuel%20Property%20Paper_Published_Online_Jan%2030_2009.pdf (18.12.2021).
38. New dedicated energy crops for solid biofuels. *AEBIOM–FP6RESTMAC*. 2008. Р. 30–36.
39. Калашник Н. С., Олексенко Ю. Ф., Пустовар А. В. Сорго. Київ : *Урожай*, 1978. 72 с.
40. Lakhdiv B. A. Sorghum yield on micronutrient containing fertilizers. *Indian Journal of Agronomy*. 1977. Vol. 19, № 1. Р. 207–219.
41. Petrov M., Ivanov V., Kovalenko O. Efficiency of different mineral fertilization systems on grain sorghum yield in the Forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, № 1. Р. 78–83.
42. Tishchenko V., Trokhymchuk A., Vasilyeva N. Features of agrobiological characteristics of grain sorghum varieties in the conditions of the Forest-steppe of Ukraine. *Agro-Science*. 2016. Vol. 15, № 3. Р. 39–45.
43. Калачова Т., Костенко О. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сорго зернового у Лісостепу України. *Наук. зап. Таврійського нац. ун-ту ім. В. І. Вернадського. Серія: Біологія, Хімія*. 2012. Т. 25 (64). С. 143–148.
44. Коваленко І., Харченко Л. Формування врожайності сорго зернового в умовах Лісостепу України. *Вісник селекції і насінництва рослин*. 2011. № 7 (1). С. 144–150.

45. Anon. Sorgho da granella (*Sorghum vulgare* o *Sorghum bicolor*). Terra e vita. 1987. Vol. 28, № 9. P. 89–90.
46. Wall G. W., Garcia R. L., Kimball B. A., Hunsaker D. J., Pinter Jr P. J. Elevated atmospheric CO₂ increased sorghum biomass under drought conditions. *New Phytologist*. 2005. Vol. 167, № 3. P. 907–917.
47. Wachendorf M. Thermal use of agricultural biomass. BOVA course «Energy Crops and Biomass Production». Tartu, Estonia, 2008. 212 p.
48. Zhao Y. L., Dolat A., Steinberger Y. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. *Field Crops Research*. 2009. Vol. 111, № 1–2. P. 55–64.
49. Євтушенко В. І., Петрова І. В. Сорго в Україні: стан вирощування та перспективи розвитку. *Аграрна наука та харчові технології*. 2017. № 1. С. 5–9.
50. Бойко О. В., Ковальова Л. І. Особливості вирощування сорго зернового в умовах України. *Аграрна наука та харчові технології*. 2016. № 4. С. 8–12.
51. Фарафонов В. А. Сорго – потенційно стратегічна культура. *Хімія. Агрохімія. Сервіс*. – 2003. – № 17. – С. 4.
52. Шепель М. А. Соргові культури просяться на лани України. *Пропозиція*. – 2004. – № 6. – С. 54–55.
53. Choudhari M. L., Shrivastava R. L., Singh R. K., Singh A. Influence of plant density and nitrogen level on growth, yield, and quality of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Journal of Agrometeorology*. – 2011. – Vol. 13, № 1. – P. 62–66.
54. Singh R. K., Singh S. P., Singh A., Singh R. K. Influence of nitrogen level and plant population on yield and quality of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Journal of Agrometeorology*. – 2012. – Vol. 14, № 2. – P. 190–194.

55. Adepoju A. B., Oladele M. O., Odedina M. O. Influence of spacing and plant-ing density on growth, yield, and quality of grain sorghum. *Journal of Agricultural Science and Technology*. – 2017. – Vol. 17, № 3. – P. 643–652.
56. Демиденко Б. Г. Особливості вирощування сорго в Степу України та його використання. – Київ : Вид-во УАСГН, 1963. – 127 с.
57. Chapin F. S. The mineral nutrition. *Annual Review of Ecology and Systematics*. – 1978. – Vol. 10. – P. 200–223.
58. Chapin F. S. The mineral nutrition of vied plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. – 1980. – Vol. 11. – P. 233–260.
59. The effects of nitrogen treatments, cultivars and harvest stages on stalk yield and sugar content in sweet sorghum A. Almodares, M. R. Hadi, M. Ranjbar, R. Taheti. *Asian Journal of Plant Sciences*. – 2007. – Vol. 6, № 2. – P. 423–426.
60. Каражбей Г. М., Тегун С. В. Продуктивність сорго звичайного двоколь-орового (*Sorghum bicolor* L.) залежно від рівня мінерального живлення та густоти стояння. *Зб. наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. – 2012. – № 14. – С. 67–70.
61. Коваленко А. В., Шевченко І. В. Вплив засобів захисту рослин на уро-жайність сорго зернового в Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. – 2020. – Т. 3. – С. 35–40.
62. Марченко М., Шерстюк І., Горілко І. Забур'яненість сорго зернового в за-лежності від густоти посіву та агротехнічних заходів. *Аграрна наука Євро-пи*. – 2010. – Т. 4, № 2. – С. 10–15.
63. Пащенко Ю. М., Андрієнко А. Л. Густота стояння рослин гібридів сорго в умовах північного Степу України. *Бюл. ІЗГ*. – 2003. – № 20–25. – С. 17–25.

64. Сорго зернове: ботанічна характеристика, вирощування та використання, за ред. І. І. Мельничука, В. В. Калініченка. – Київ : *Аграр Медіа Груп*, 2017. – 140 с.
65. Сичук Л. В. Виробництво біопалива: вплив мінеральних добрив та ширини міжрядь на продуктивність цукрового сорго. *Цукрові буряки*. – 2012. – № 4. – С. 15–16.
66. Adepoju A. B., Oladele M. O., Odedina M. O. Influence of spacing and plant-ing density on the growth, yield, and quality of grain sorghum. *Journal of Agricultural Science and Technology*. – 2017. – Vol. 17, № 3. – P. 643–652.
67. Танчик С. П., Мокрієнко В. А., Скалій І. М. Новітні елементи в технологіях вирощування сорго. *Хімія. Агрономія*. – Київ : ТОВ «Дельта-Агро», 2009. – № 19–20 (287–288). – С. 48–50.
68. Abd El-Hakim H. F., El-Monem A. A., Mahmoud Y. A. G. Response of grain sorghum yield and yield components to different row spacing and seeding rates under sandy soil conditions. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2019. – Vol. 10, № 3. – P. 63–72.
69. Коноваленко В. М., Сушкевич А. В., Луценко В. А. Особливості вирощування сорго зернового в умовах Лісостепу України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. – 2014. – Т. 3, № 69. – С. 83–86.
70. Каленська С. М., Найденко В. М. Урожайність сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. – 2018. – № 26. – С. 67–75. – DOI: <https://doi.org/10.47414/np.26.2018.211203>
71. Шевченко В. Г., Гайда Ю. О. Вплив густоти посіву на урожайність та якість зернового сорго в умовах Степу України. *Вісник Дніпропетровського аграрного університету*. – 2017. – № 4. – С. 106–110.

72. Бабенко В. М. Вплив густоти рослин на врожайність та якість зернового сорго в умовах Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. – 2018. – № 3. – С. 37–43.
73. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
74. Kutman U. B., Yildiz B., Cakmak I. Effect of nitrogen on uptake, remobilization and partitioning of zinc and iron throughout the development of durum wheat. *Plant and Soil*. – 2011. – Vol. 342(1–2). – P. 149–164.
75. Jayaraj D., Subramanian P. Effect of micronutrients on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under rainfed condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. – 2020. – Vol. 9(10). – P. 2571–2576.
76. Smith F. W., Read D. J. Mycorrhizal Symbiosis. – Academic Press, 2008. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/ywoH9jnQ>
77. Sattar A., Cheema M. A., Sher A. та ін. Molybdenum nutrition of crop plants. *Molybdenum in Agriculture*. – Springer, 2018. – С. 113–131.
78. Zhang F. S., Shen J. B., Li L. Nitrogen uptake and utilization efficiency in crops: an overview. *Nitrogen in Agriculture: Updates*. – Springer, 2010. – С. 59–77.
79. Marschner P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. – Academic Press, 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschnersmineral-nutrition-of-higher-plants>
80. Gram G., Roobroeck D., Pypers P. та ін. Combining organic and mineral fertilizers... // *PLoS ONE*. – 2020. – Vol. 15(9): e0239552. – DOI: 10.1371/journal.pone.0239552

81. Maw M. J. W., Houx J. H., Fritsch F. B. Nitrogen fertilization of high biomass sorghum. *Industrial Crops and Products*. – 2020. – Vol. 156. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112819.
82. Serme I., Ouattara K., Ouattara D. та ін. Sorghum Grain Yield... *Improving the Profitability...* – Springer, Cham, 2018. – DOI: 10.1007/978-3-319-58792-9_14
83. Кулішенко О. М., Чепурна Н. В., Кулішенко М. О. Вплив органічних та мінеральних добрив. *Агроекологічний журнал*. – 2015. – № 2. – С. 29–34.
84. Мельник О. А., Лазарева І. М., Чередніченко О. В. Якісні показники зерна сорго. *Агроекологічний журнал*. – 2017. – № 1. – С. 46–51.
85. Ramu G., Reddy M. S., Ramaya M. S. Influence of nutrient management. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. – 2019. – Vol. 8(5). – P. 121–125.
86. Климович П. В. Ефективність доз і строків застосування добрив: авто-реф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.04. – Харків: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії», 2007. – 23 с.
87. Білецький М. В. Ефективність застосування різних доз добрив. *Наукові праці ННЦ "Інститут землеробства НААН"*. – 2019. – Т. 1. – С. 22–28.
88. Ostmeier T. J., Bahuguna R. N., Kirkham M. B. та ін. Enhancing Sorghum Yield. *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. – Article 845443. – DOI: 10.3389/fpls.2022.845443
89. Wang C., Zhou L., Gao J. та ін. Nutrient Accumulation... in Waxy Sorghum–Soybean Systems. *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. – Article 921860. – DOI: 10.3389/fpls.2022.921860
90. Gupta P. K., Kumar A. Effect of phosphorus and potassium. *Journal of Plant Nutrition*. – 2016. – Vol. 39(13). – P. 1821–1830.
91. Гринюк І. П. Соргові культури як сировина для виробництва біопалива...: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. – К., 2013. – 21 с.

92. Reddy B. S., Rao K. V., Subramanyam D. Influence of nitrogen and phosphorus. *Journal of Plant Nutrition*. – 2018. – Vol. 41(3). – P. 324–332.
93. Демиденко Б. Г. Вирощування сорго в Степу України... – К.: Вид-во Укр. академії с.-г. наук, 1961. – 89 с.
94. Мельник О. А., Лазарєва І. М., Чередніченко О. В. Якісні показники зерна сорго. *Агроекологічний журнал*. – 2017. – № 1. – С. 46–51.
95. Шукайло С. П. Продуктивність і якість зерна сорізу : автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. – Херсон, 1999. – 16 с.
96. Gopalakrishnan S., Srinivas V., Surekha K. Influence of potassium and zinc. *Int. J. of Curr. Microbiology and Applied Sciences*. – 2017. – Vol. 6(11). – P. 1572–1579.
97. Бойко М. О. Обґрунтування агротехнічних прийомів. *Наук. вісн. НУБіП України. Серія «Агрономія»*. – 2016. – Вип. 235. – С. 33–39.
98. Pessi V., Vlanen V., Syvalahti J. The effect of fertilisation. *Suomen maato-ustic teell seuran juek*. – 1971. – №123. – P. 206–216.
99. Черенков А. В., Остапенко М. А., Самойленко А. Т. та ін. Сорго на зерно. *Агроном*. – 2006. – № 3. – С. 36–38.
100. Макаров Л. Х., Скорий М. В. Соріз: монографія. – Херсон: Айлант, 2009. – 224 с.
101. Лихочвор В. В. Практичні поради з вирощування зернових. – Львів: Українські технології, 2001. – С. 66–69.
102. Барановський О. В., Трофименко М. М., Вечеров В. І. та ін. Вплив азотних добрив. *Наук. вісн. Луган. нац. аграр. ун-ту*. – 2012. – Вип. 36. – С. 9–16.
103. Правдива Л. А., Доронін В. А. Влив мінеральних добрив. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. – 2022. – Вип. 72(1). – С. 51–64. – DOI: 10.32636/01308521.2022-(72)-1-4

104. Іваніна В. В., Пашинська К. Л., Костащук М. В. Вплив добрив на врожайність. *Новітні агротехнології*. – 2019. – № 7. – С. 2–4. – DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.9>
105. Малярчук М. П., Лужанський І. Ю., Марковська О. Є. Продуктивність сорго. *Таврійський науковий вісник*. – № 105. – С. 98–106. – DOI: 10.31548/bio2019.01.011
106. Малярчук В. М., Сидоренко В. В., Малярчук А. С. Поживний режим і за-бур'яненість. *Техніко-технологічні аспекти* – 2024. – Т. 34, № 48. – С. 114–124. – DOI: 10.31548/bio2019.01.011
107. Тітаренко О. С. Розробка елементів технології вирощування сорго: дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. – Херсон, 2017. – 230 с.
108. Ушкаренко В. О., Коковіхін С. В., Вожегова Р. А., Голобородько С. П. Методика польового досліджу... – Херсон: Грінь Д. С., 2014. – 448 с.
109. Методика проведення дослідів з сільськогосподарськими культурами за ред. О.О. Ушкаренка. – Херсон: *Айлант*, 2010. – 376 с.
110. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії : *підручник*. – Київ : Дія, 2005. – 288 с.
111. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур за ред. В. В. Волкодава. – Київ, 2001. – 65 с.
112. Єщенко В. О., Мойсейченко В. Ф. Основи наукових досліджень в агрономії : *підручник*. – Київ : Вища школа, 1994. – 334 с.
113. Правдива Л. А., Ганженко О. М., Доронін В. А. та ін. Методичні рекомендації з проведення спостережень, обліків та визначення якісних показників у дослідженнях сорго зернового. – Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2021. – 34 с.
114. Методика проведення дослідів по кормовиробництву за ред. А. О. Бабича. – Вінниця, 1994. – 87 с.

115. Рослинництво : лабораторно-практичні заняття для студентів аграрних спеціальностей за ред. М. А. Бобро, М. А. Танчика, Д. М. Алімова. – Київ : *Урожай*, 2001. – 392 с. – (ХНАУ ім. В. В. Докучаєва).
116. Харченко О. В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур : навч. посібник / за ред. акад. УААН В. О. Ушкаренка. – 2-е вид., пере-робл. і допов. – Суми : *Університетська книга*, 2003. – 296 с.
117. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол. : М. В. Зубець та ін. – Київ : *Аграрна наука*, 2010. – С. 14–40.
118. Курило В. Л., Яланський О. В., Гамандій В. Л. та ін. Біоенергетична оцінка соргових культур. *Збірник наукових праць ІБКІЦБ*. – 2012. – Вип. 14. – С. 554–558.
119. Медведовський В. П. Енергетичний аналіз в системі рослинництва. – Київ : *Урожай*, 1986. – 137 с.
120. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості : ДСТУ 4138–2002. – Київ : Держспоживстандарт України, 2003. – 173 с.
121. Гринюк І. П. Соргові культури як сировина для виробництва біопалива залежно від удобрення та строку збирання в Правобережному Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво». – Київ, 2013. – 21 с.
122. Іваненко О. П., Ковальчук С. В. Фенологія сільськогосподарських культур: методи спостереження та аналіз. *Агрономія і біологія рослин*. 2021. Вип. 15. С. 45–57.
123. Рудник-Іващенко О. І. Просо. Особливості біології, фізіології, генетики : *монографія* , УААН, Інститут цукрових буряків. – Київ : Колобіг, 2009. – 160 с.
124. Макаров Л. Х. Соргові культури. – Херсон : Айлант, 2006. – 263 с.

125. Каражбей Г. М. Стан і перспективи сорго зернового в Україні. *Селекція і насінництво*. – 2012. – Вип. 101. – С. 150–155.
126. Черенков А. В., Шевченко М. С., Дзюбецький Б. В. та ін. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти : рекомендації / Інститут сільського господарства Степової зони НААН України. – Дніпропетровськ, 2011. – 65 с.
127. Дослідна справа в агрономії : навч. посіб. Кн. 2. Статистична обробка ре-зультатів агрономічних досліджень / за ред. проф. А. О. Рожкова. – Харків : Майдан, 2016. – 342 с.
128. Тихоненко Д. Г., Дегтярьов Ю. В. Ґрунтовий покрив дослідного поля «Роганського стаціонару» Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва*. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». – 2016. – № 2. – С. 5–13.
129. Коваленко В. П. Фізіологія рослин: навчальний посібник. – К. : Аграрна наука, 2015. – 420 с.
130. Рудник-Іващенко О. І. Управління процесом формування проса посівного : дис. канд. с.-г. наук : 06.01.09 – рослинництво. – Київ, 2010. – 350 с.
131. Томашевський Д. П. Кукурудза. – К. : Урожай, 1970. – 362 с.
132. Іваненко С. І. Фізіологія рослин: навчальний посібник. – Харків : Основа, 2019. – 450 с.
133. Мусієнко М. М. Фотосинтез. – Київ : Вища школа, 1995. – 247 с.
134. Сторожик Л. І. Агробіологічні основи формування агрофітоценозів сорго цукрового як біоенергетичної культури в Степу та Лісостепу України : дис. канд. с.-г. наук : 06.01.09 – рослинництво. – Київ, 2016. – 342 с.

135. Гринюк І. П. Фотосинтетична продуктивність соргових культур у Право-бережному Лісостепу України. *Науковий вісник НУБіП України. Серія : Агрономія*. – 2013. – Вип. 183(2). – С. 104–109.
136. Герасименко Л. А. Вплив строків сівби та глибини загортання насіння на фотосинтетичну продуктивність посівів сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. – 2014. – № 4. – С. 73–76. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.4\(25\).2014.55980](https://doi.org/10.21498/2518-1017.4(25).2014.55980)
137. Василенко Р. М. Фотосинтетична продуктивність сорго зернового залежно від умов зволоження на півдні України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. – 2018. – Вип. 2. – С. 46–50.
138. 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. *European Journal of Agronomy*. – 2005. – Vol. 22, Iss. 4. – P. 391–403. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.06.005>
139. Свиридова Л. А. Формування продуктивності гібридів сорго зернового залежно від норм та способу сівби у Східному Лісостепу України : *автореф. дис. канд. с.-г. наук : 06.01.09 – рослинництво*, – Харківський НАУ ім. В. В. Докучаєва. – Харків, 2019. – 24 с.
140. Грищенко Р. Є., Любич О. Г., Глієва О. В., Алексєєв Я. В. Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового залежно від системи удобрення. *Зернові культури*. – 2020. – № 1. – С. 122–129. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0115>
141. Salas Fernandez M. G., Strand K., Hamblin M. T. et al. Genetic analysis and phenotypic characterization of leaf photosynthetic capacity in a sorghum (*Sorghum* spp.) diversity panel. *Genetic Resources and Crop Evolution*. – 2015. – Vol. 62, Iss. 6. – P. 939–950. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0202-6>

142. Правдива Л. А. Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] залежно від строків сівби та глибини заготання насіння. *Plant Varieties Studying and Protection*. – 2020. – Т. 16, № 2. – С. 199–206. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.2.2020.209254>
143. Pravdyva L., Zatserkovna N., Vakhniy S., Khakhula V., Hornovska S. Photosynthetic productivity of sorghum (*Sorghum bicolor* L. (Moenh)) in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. – 2023. – Vol. 26, No. 5. – P. 56–64. <https://doi.org/10.48077/scihor5.2023.56>
144. Salas Fernandez M. G., Strand K., Hamblin M. T. et al. Genetic analysis and phenotypic characterization of leaf photosynthetic capacity in a sorghum (*Sorghum* spp.) diversity panel. *Genetic Resources and Crop Evolution*. – 2015. – Vol. 62, Iss. 6. – P. 939–950. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0202-6>
145. Bagayoko M. Effects of plant density, organic matter and nitrogen rates on rice yields in the system of rice intensification (SRI) in the ‘office du Niger’ in Mali. *Journal of Agricultural and Biological Science*. – 2012. – Vol. 7, Iss. 8. – P. 620–632.
146. Ajeigbe H. A., Akinseye F. M., Ayuba K., Jonah J. Productivity and water use efficiency of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] grown under different nitrogen applications in Sudan Savanna Zone, Nigeria. *International Journal of Agronomy*. – 2018. – Vol. 2018. – Article ID 7676058.
147. Abdulai A. L., Parzies H., Kouressy M. et al. Yield stability of photoperiod sensitive sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) accessions under diverse climatic environments. *International Journal of Agricultural Research*. – 2012. – Vol. 7, Iss. 1. – P. 17–32. <https://doi.org/10.3923/ijar.2012.17.32>
148. 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. *European Journal of Agronomy*. – 2005. – Vol. 22, Iss. 4. – P. 391–403.
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.06.005>

149. Ratnavathi C. V., Kumar S. R., Kumar B. S. et al. Effect of time planting on cane yield and quality characters in sweet sorghum. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*. – 2012. – Vol. 2, Iss. 1. – P. 1–9.
<https://doi.org/10.4236/jsbs.2012.21001>

150. Дзюбецький Б. В., Яланський О. В., Кух М. В. Сорго : *практичні рекомендації*. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я. І., 2014. – 96 с.

151. Каражбей Г.М. Стан і перспективи сорго зернового в Україні. *Селекція і насінництво*. – 2012. – Вип. 101. – С. 37–42. – doi:10.308.35/2413-7510.2012.59749.

152. Wortmann C. S., Ferguson R. B., Hergert G. W. et al. Nutrient management suggestion for grain sorghum. – 2013. – URL:
<https://agronomy.unl.edu/faculty/ferguson/g1669.pdf>

153. Melaku N.D., Bayu W., Ziadat F. et al. Effect of nitrogen fertilizer rate and timing on sorghum productivity in Ethiopian highland Vertisols. *Arch. Agron. Soil Sci.* – 2018. – Vol. 64, Iss. 4. – P. 480–491. – doi:10.1080/03650340.2017.13625585.

154. Базалій В.В., Бойко М.О., Алмашова В.С., Онищенко С.О. Рослинницькі аспекти та агроекологічні засади вирощування сорго зернового на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. – 2015. – Вип. 91. – С. 3–6.

155. Господаренко Г.М., Климович П.В. Реакція сорго зернового на удобрення на чорноземі опідзоленому. *Зб. наук. праць Луганського НАУ*. – 2006. – № 69. – С. 20–25.

156. Каленська С.М., Гринюк І.В., Каленський В.П. Соргові культури як дже-рело цінної сировини для виробництва біопалива : *матеріали наукової*

конф., Бот. сад ім. Гришка: «Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив», 9–11 вересня 2014. – Київ, 2014. – С. 33–36.

157. Elhassan M. S. M., Emmambux M. N., Hays D. B., Peterson G. C., Taylor J. R. N. Novel biofortified sorghum lines with combined waxy (high amylopectin) starch and high protein digestibility traits: Effects on endosperm and flour properties. *Journal of Cereal Science*. – 2015. – Vol. 65. – P. 132–139. – <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.017>.

158. Сторожик Л.І., Присяжнюк О.І., Завгородня С.В. Екологічна пластичність сорго зернового. *Новітні агротехнології*. – 2019. – № 7. – URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204818>

159. Zavhorodnia S., Losieva A., Storozhyk L. Evaluation of Biometric Indicators of Sorghum Using Cluster Analysis. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. – 2021. – Vol. 1, № 72. – P. 8–14. – <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-72-1-8-13>.

160. Криницька Л.А., Рось В.І. Стан і перспективи світового виробництва сорго (огляд іноземної літератури). *Таврійський науковий вісник*. – Херсон : Айлант, 2000. – Вип. 15. – С. 20–25.

161. Liu L., Herald T.J., Wang D., Wilson J.D., Bean S., Aramouni F.M. Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system. *Journal of Cereal Science*. – 2012. – Vol. 55. – P. 31–36. – <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.09.007>.

162. Любич В.В., Войтовська В.І., Крижанівський В.Г., Третякова С.О. Формування біохімічної складової борошна із зерна різних гібридів соризу. *Вісник Уманського НУС*. – 2021. – № 1. – С. 66–70.

163. Wieser H., Koehler P. The biochemical basis of celiac disease. *Journal Chemistry*. – 2008. – Vol. 85. – P. 1–13. – <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-1-0001>.

164. Ковальчук Н. І., Сидоренко Т. П. Вплив зернових продуктів на здоров'я населення України. *Вісник харчової науки і технологій*. – 2022. – № 1. – С. 40–46.
165. Дробот В.І. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібо-булочних виробів : *монографія*. – К. : Кондор-Видавництво, 2016. – С. 1–84.
166. Semenova A., Prihodko Ju. Gluten-free bakery products. 8th Central European Congress on Food 2016 – *Food Science for Well-being (CEFood 2016)*, 23–26 May 2016 p. : book of Abstracts. – Київ : NUFT, 2016. – 146 p.
167. Mohapatra D., Patel A.S., A Kar, Deshpande S.S., Tripathia M.K. Effect of dif-ferent processing conditions on proximate composition, anti-oxidants, antinutrients and amino acid profile of grain sorghum. *Journal Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 271, № 15. – P. 129–135. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.196.
168. Bean S.R., Wilson J.D., Moreau R.A., Galant A., Awika J.M., Kaufman R.C., Adrianos S.L., Ioerger B.P. Structure and composition of the sorghum grain. *Sor-ghum: A State of the Art and Future Perspectives. Journal of Dairy Science*. – 2019. – Vol. 58. – P. 23–29. – <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16759>.
169. Smolensky D., Rhodes D., McVey D.S., Fawver Z., Perumal R., Herald T., No-ronha L. High-polyphenol sorghum bran extract inhibits cancer cell growth through ROS induction, cell cycle arrest, and apoptosis. *Journal Med. Food*. – 2018. – Vol. 21. – P. 990–998. – DOI: 10.1089/jmf.2018.0008.
170. Сторожик Л.І., Войтовська В.І., Завгородня С.В., Третьякова С.О. Хімічна складова насіння сорго зернового (*Sorghum bicolor*) залежно від біологічних особливостей гібридів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Частина I. Сільськогосподарські та технічні науки*. – 2020. – С. 149–166. – DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-149-166.

171. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті STATISTICA 6.0. – Київ : Поліграф Консалтинг, 2007. – 55 с.
172. Piper C.S. Soil and plant analysis. *Scientific Publishers*. – 2017. – 368 с.
173. Грицаєнко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. – К. : Нічлава, 2003. – 316 с.
174. JB Jones Jr. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. – 2001. – 357 с.
175. ДСТУ 4117:2007 Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії.
176. Каленська С.М., Найденко В.М. Якісний склад зерна сорго залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. – 2019. – Вип. 105. – С. 82–89.
177. 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. – Vol. 6, Iss. 5. – P. 2224–3186.
178. Правдива Л.А., Федорук Ю.В. Формування показників структури врожайності сорго зернового залежно від способу сівби насіння та густоти стояння рослин у Правобережному Лісостепу України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. – 2021. – Вип. 28 (42). – С. 215–223. – doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-18.
179. Правдива Л.А., Яланський О.В. Продуктивність та елементи структури врожайності різних сортів сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.). *Новітні агротехнології*. – 2022. – Т. 10, № 3. – doi: 10.47414/na.10.3.2022.270497.

180. Тітаренко О.С., Карпук Л.М. Урожайність та енергетична ефективність сорго звичайного двокольорового за різних заходів догляду за посівами. *Агробіологія*. – 2022. – № 1. – С. 145–151. – <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151>.
181. Месель-Веселяк В. Я. Виробництво зернових культур в Україні: потенційні можливості. *Економіка АПК*. – 2018. – № 5. – С. 5–14.
182. Ільчук М. М., Коновал І. А., Барановська О. Д., Євтушенко В. Д. Розвиток ринку зерна в Україні та його стабілізація. *Економіка АПК*. – 2019. – № 4. – С. 29–38. – DOI: 10.32317/2221-1055.201904029.
183. Черемісіна С. Г. Ринок зернових культур в Україні: аналіз сучасного стану та перспективи розвитку. *Економіка АПК*. – 2021. – № 2. – С. 48–58. – DOI: 10.32317/2221-1055.202102048.
184. Національна економічна стратегія України на період до 2030 року / Міністерство аграрної політики та продовольства України. – Режим доступу: <https://minagro.gov.ua/napryamki/programi-rozvitku-apk>.
185. Гадзало Я. М., Лузан Ю. Я. Зовнішньоекономічна діяльність та результативність функціонування аграрного сектору економіки України. *Економіка АПК*. – 2021. – № 4. – С. 6–17. – DOI: 10.32317/2221-1055.202104006.
186. Хаєцька О. П. Перспективи розвитку зовнішньоекономічної діяльності агропромислових ринків. *Міжрегіональна взаємодія логістичних систем в умовах трансформації економіки : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 18–19 травня 2018 р.)*. – Умань : Візаві, 2018. – С. 118–121.
187. Кравченко В. Сутінки агрохолдингів: як війна змінить сільське господарство України. – Режим доступу: <https://mind.ua/publications/20245288->.
188. Рихліцький В. Бізнес в умовах війни: хто зазнав найбільших втрат та як відновлюються підприємства. – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/03/23/684549/>.

189. Економіка регіонів України в умовах війни: ризики та напрямки забезпечення стійкості, *наук. ред. І. З. Сторонянська*. – Львів : ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України», 2022. – 70 с.
190. Нечипорук К. О., Щерба Р. І. Угода про асоціацію України та ЄС: процес укладення угоди та його наслідки для України. *Наук. вісн. Ужгород. нац. ун-ту*. – 2018. – Вип. 22. – С. 5–9.
191. Данкевич В., Наумчук В. Стан продовольчої безпеки країни в умовах запровадження ринкового обігу сільськогосподарських земель. *The Scientific Heritage*. – 2021. – № 69. – С. 12–18. – DOI: 10.24412/9215-0365-2021-69-1-12-18.
192. Залізнюк В. П. Державна підтримка аграрного сектору економіки країни як основа забезпечення продовольчої безпеки. *Інвестиції: практика та досвід*. – 2019. – № 3. – С. 123–127. – DOI: 10.32702/2306-6814.2019.3.123.
193. Яремчук Н. В. Продовольча безпека як стратегічний пріоритет аграрної політики та основа національної безпеки держави. *Інвестиції: практика та досвід*. – 2019. – № 23. – С. 70–79. – DOI: 10.32702/2306-6814.2019.23.70.
194. Шнайдер А. О. Проблеми реалізації земельної реформи та становлення ринку землі в Україні. *Студ. вісн. Нац. ун-ту вод. госп-ва та природокористування*. – 2021. – Вип. 1. – С. 110–113.
195. Ягодзінська А. С. Волатильність цін на продукти харчування в Україні. *Інноваційна економіка*. – 2020. – № 5–6. – С. 49–57. – DOI: 10.37332/2309-1533.2020.5-6.7.
196. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. – К. : Урожай, 1988. – 208 с.
197. Тітаренко О. С., Карпук Л. М. Урожайність та енергетична ефективність сорго звичайного двокольорового за різних заходів догляду за посівами.

Агробіологія. – 2022. – № 1. – С. 145–151. – DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151.

198. Курило В. Л., Яланський О. В., Гамандій В. Л. та ін. Біоенергетична оцінка соргових культур. *Наук. пр. Ін-ту біоенергет. культур і цукр. буряків*. – 2012. – Вип. 14. – С. 554–558.

199. Pravdyva L. A., Doronin V. A., Dryha V. V., Khakhula V. S., Vakhniy S. P., Mykolaiko I. I. Yield capacity and energy value of sorghum grain depending on the application of mineral fertilisers. *Zemdirbyste-Agriculture*. – 2022. – Vol. 109, No. 2. – P. 115–122. – DOI: 10.13080/z-a.2022.109.015.

ДОДАТКИ

АКТ впровадження науково-технічного досягнення (НТД)

АКТ

впровадження науково-технічного досягнення (НТД) як результат закінченої науково-дослідної роботи (НДР)

1. Назва НДР, що впроваджується елементи технології вирощування сорго зернового спрямовані на формування високої врожайності, а саме: внесення комплексного мінерального добрива Реновейшн Фуерза в дозі 80 кг/га за вирощування гібриду Аггіл під передпосівну культивуацію.
2. Яким закладом вищої освіти одержано НТД та запропоновано до його впровадження і його авторка: **Державний біотехнологічний університет, Могилевська В.В.**
3. Коли і ким прийнято рішення про впровадження НТД: **вченою радою агрономічного факультету Державного біотехнологічного університету**
4. **ТОВ АФ «Заросянська» Київська область, Білоцерківський район, с. Салиха, вул. Молодіжна, 1А**
5. Рік і обсяг впровадження(план, фактично) : **у 2024 році план 7 га, фактично 7 га**
6. **Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, машину, голову і тому подібне) і на весь обсяг впровадження: порівняно з прийнятою в господарстві технологією вирощування сорго зернового отримано на всю площу додатковий прибуток 123 тис. грн.**

Акт складено 06 лютого 2024 року
Представник ТОВ АФ «Заросянська»
Директор Пашенко В.І.

Головний агроном Кохан К.М.

Здобувач Вікторія Могилевська



Продовження додатку А

АКТ

впровадження науково-технічного досягнення (НТД) як результат закінченої науково-дослідної роботи (НДР)

1. Назва НДР, що впроваджується елементи технології вирощування сорго зернового спрямовані на формування високої врожайності, а саме: внесення комплексного мінерального добрива Реновейшн Фуерза в дозі 80 кг/га за вирощування гібриду Брігга під передпосівну культивуацію.
2. Яким закладом вищої освіти одержано НТД та запропоновано до його впровадження і його авторка: **Державний біотехнологічний університет, Могилевська В.В.**
3. Коли і ким прийнято рішення про впровадження НТД: **вченою радою агрономічного факультету Державного біотехнологічного університету**
4. **ТОВ «Ісаївська машино-технологічна станція» Одеська область, Березівський район, вул. П. Лещенка, 120**
5. Рік і обсяг впровадження(план, фактично) : **у 2023 році план 5 га, фактично 5 га**
6. **Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, машину, голову і тому подібне) і на весь обсяг впровадження: порівняно з прийнятою в господарстві технологією вирощування сорго зернового отримано на всю площу додатковий прибуток 95 тис.грн.**

Акт складено 18 грудня 2023 року

Представник ТОВ «Ісаївська машино-технологічна станція»

Директор Албул А.Ю.

Здобувач Вікторія Могилевська



Фото гібриду сорго зернового Aggy1 на дослідному полі ДБТУ



Фото гібриду сорго зернового Brigga на дослідному полі ДБТУ



Додаток Б.1

Фенологічні фази розвитку гібриду сорго зернового Aggyl, залежно від форм і доз добрив (кг/га), за 2021 р.

Фенологічні фази (дати настання тривалість днів)									
Варіанти дослідів	Сходи 3-лист	Кушіння	Вихід в трубку	Ріст стебла	Викидання волоті	Цвітіння	Формування зернівки	Воскова і повна стиглість	Тривалість вегетації, дні
1*	6	17	15	15	6	5	11	30	105
2	7	18	16	15	6	6	12	32	112
3	7	18	17	15	6	6	12	33	114
4	7	19	17	16	7	7	13	34	120
5	8	19	18	16	7	7	12	34	121
6	8	21	18	17	7	7	13	36	127

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га , 6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Б.2

Фенологічні фази розвитку гібриду сорго зернового Brigga , залежно від форм і доз добрив (кг/га), за 2021 р.

Фенологічні фази (дати настання тривалість днів)									
Варіанти дослідів	Сходи 3- лист	Куціння	Вихід в трубку	Ріст стебла	Викидання волоті	Цвітіння	Формування зернівки	Воскова і повна стиглість	Тривалість вегетації, дні
1*	6	16	15	12	5	5	8	30	97
2	7	17	16	13	6	6	10	32	107
3	7	19	17	14	6	6	10	33	112
4	8	19	17	14	6	6	10	34	114
5	8	20	18	16	6	7	11	35	121
6	8	20	18	16	7	7	11	36	123

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га , 6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Б 3

Фенологічні фази розвитку гібриду сорго зернового Aggyl, залежно від форм і доз добрив (кг/га), за 2024 р.

Фенологічні фази (дати настання тривалість днів)									
Варіанти дослідів	Сходи 3- лист	Куціння	Вихід в трубку	Ріст стебла	Викидання волоті	Цвітіння	Формування зернівки	Воскова і повна тривалість	вегетації, дні
1*	6	16	14	13	6	6	10	26	97
2	6	17	15	14	6	6	12	29	105
3	7	17	17	16	6	6	12	31	112
4	7	18	17	16	7	6	13	33	117
5	7	18	17	16	7	6	13	35	123
6	7	19	18	16	7	6	14	36	123

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Б 4

Фенологічні фази розвитку гібриду сорго зернового Brigga , залежно від форм і доз добрив (кг/га), за 2024 р.

Фенологічні фази (дати настання тривалість днів)									
Варіанти дослідів	Сходи 3- лист	Кущіння	Вихід в трубку	Ріст стебла	Викидання волоті	Цвітіння	Формування зернівки	Воскова і повна стиглість	Тривалість вегетації, дні
1*	6	14	12	12	6	5	8	28	91
2	6	16	16	13	6	5	11	30	103
3	7	17	17	14	6	5	11	32	109
4	7	19	17	14	6	6	11	34	114
5	7	19	18	16	6	6	10	36	118
6	7	19	18	16	6	6	11	37	120

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,

6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток В.1

Польова схожість та коефіцієнт кушіння гібридів сорго зернового залежно від форм та доз мінеральних добрив, середня за 2021 р.

Гібрид	Варіанти досліджень	Густота рослин , тис. шт/га		Коефіцієнт кушіння	Польова схожість, %
		сходи	достигання		
Aggyl	1*	162	206	1,27	81
	2	169	222	1,31	84
	3	176	243	1,38	88
	4	182	249	1,34	92
	5	181	258	1,42	90
	6	183	264	1,44	91
Brigga	1*	159	190	1,19	79
	2	168	217	1,30	84
	3	180	244	1,35	90
	4	183	250	1,37	91
	5	180	257	1,43	90
	6	182	253	1,39	91

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток В.2

Польова схожість та коефіцієнт кушіння гібридів сорго зернового залежно від форм та доз мінеральних добрив, середня за 2023 р.

Гібрид	Варіанти досліджень	Густота рослин , тис. шт/га		Коефіцієнт кушіння	Польова схожість, %
		сходи	достигання		
Aggyl	1*	159	172	1,08	79
	2	176	188	1,07	88
	3	187	198	1,06	93
	4	188	203	1,07	94
	5	190	211	1,09	95
	6	189	221	1,17	94
Brigga	1*	147	163	1,11	73
	2	166	174	1,05	83
	3	172	181	1,05	86
	4	184	196	1,06	92
	5	186	205	1,08	93
	6	188	214	1,14	94

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток В.3

Польова схожість та коефіцієнт кушіння гібридів сорго зернового залежно від форм та доз мінеральних добрив, середня за 2024 р.

Гібрид	Варіанти досліджень	Густота рослин , тис. шт/га		Коефіцієнт кушіння	Польова схожість, %
		сходи	достигання		
Aggyl	1*	151	159	1,05	75
	2	164	182	1,05	82
	3	173	190	1,04	86
	4	182	209	1,10	91
	5	181	219	1,11	90
	6	186	212	1,01	93
Brigga	1*	156	161	1,03	78
	2	166	178	1,07	83
	3	172	186	1,08	86
	4	177	213	1,08	88
	5	180	221	1,06	90
	6	176	228	1,07	88

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток В.4

Вживаність рослин сорго зернового за впливу форм та доз мінеральних добрив, %, середня за 2021 р.

Гібрид	Варіанти досліджень	Густота рослин , тис. шт/га		Збереженість рослин, %
		початок фаза досягання	перед збиранням	
Aggyl	1*	201	169	84,1
	2	219	189	86,3
	3	227	201	88,5
	4	249	211	84,7
	5	257	224	87,1
	6	250	222	88,8
Brigga	1*	196	170	86,7
	2	204	196	96,1
	3	226	211	93,4
	4	241	220	91,3
	5	253	226	89,3
	6	244	221	90,6

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток В.5

Вживаність рослин сорго зернового за впливу форм та доз мінеральних добрив, %, середня за 2023 р.

Гібрид	Варіанти досліджень	Густота рослин , тис. шт/га		Збереженість рослин, %
		початок фаза досягання	перед збиранням	
Aggyl	1*	197	172	87,3
	2	202	188	93,1
	3	211	198	93,8
	4	219	203	92,7
	5	243	211	86,8
	6	249	221	88,7
Brigga	1*	188	163	86,7
	2	192	174	90,6
	3	209	181	86,6
	4	212	196	92,4
	5	236	205	86,9
	6	249	214	85,9

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Вживаність рослин сорго зернового за впливу форм та доз мінеральних добрив, %, середня за 2024 р.

Гібрид	Варіанти досліджень	Густота рослин , тис. шт/га		Збереженість рослин, %
		початок фаза досягання	перед збиранням	
Aggy1	1*	176	159	90,3
	2	191	182	95,3
	3	207	190	91,8
	4	220	09	95,0
	5	249	219	88,0
	6	236	212	89,8
Brigga	1*	184	161	87,5
	2	189	178	94,2
	3	203	186	91,6
	4	237	213	89,9
	5	244	221	90,6
	6	249	228	91,6

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Динаміка наростання вегетативної маси рослин сорго зернового, 2021 р.

Гібрид	Варіанти дослідів	Сходи			Фаза кущення			Фаза виходу в трубку			Достигання		
		Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової по-верхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової по-верхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової по-верхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової по-верхні, см ²
Aggyl	1*	7	11	14	16	40	73	57	107	935	97	186	884
	2	8	13	17	17	42	80	61	111	1007	99	200	916
	3	9	15	21	17	46	83	62	119	1198	102	218	1059
	4	9	17	2	18	49	86	64	123	1297	103	237	1124
	5	9	19	25	19	47	92	66	121	1312	109	219	1395
	6	10	21	24	19	48	90	67	120	1406	106	286	1348

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га , 6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Г.2

Динаміка наростання вегетативної маси рослин сорго зернового, 2021 р.

Гібрид	Варіанти дослідів	Сходи			Фаза кущення			Фаза виходу в трубку			Достигання		
		Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²
Brigga	1*	6	9	12	16	47	85	64	115	910	92	140	773
	2	7	11	13	17	49	91	66	130	975	95	165	814
	3	8	12	15	19	50	93	70	135	1050	102	170	887
	4	8	14	19	20	54	95	72	138	1102	103	175	918
	5	8	15	21	22	58	98	68	144	1153	97	180	961
	6	10	17	23	23	55	97	70	148	1112	100	184	929

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
 6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Динаміка наростання вегетативної маси рослин сорго зернового, 2023 р.

Гібрид	Варіанти дослідів	Сходи			Фаза кущення			Фаза виходу в трубку			Достигання		
		Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²
Aggyl	1*	5	8	11	12	32	56	53	101	647	93	156	709
	2	7	12	15	15	39	62	59	110	692	95	182	836
	3	8	13	18	19	44	71	61	117	714	99	214	924
	4	8	15	20	21	46	76	63	121	755	106	226	1020
	5	10	16	23	22	48	83	65	124	769	17	231	1140
	6	10	18	24	20	47	84	68	121	823	105	244	1260

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Г.4

Динаміка наростання вегетативної маси рослин гібридів сорго зернового,
2023 р.

Гібрид	Варіанти дослідів	Сходи			Фаза кущення			Фаза виходу в трубку			Достигання		
		Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²
Brigga	1*	6	10	13	14	30	63	59	112	697	94	167	809
	2	7	13	17	17	37	67	63	123	718	101	194	874
	3	8	15	19	21	41	70	65	137	827	107	216	924
	4	8	17	21	23	43	77	68	141	912	109	231	1112
	5	9	16	24	26	47	82	70	154	1027	112	240	1206
	6	9	18	26	27	49	85	74	158	1148	110	257	1304

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Г.5

Динаміка наростання вегетативної маси рослин сорго, 2024 р.

Гібрид	Варіанти дослідів	Сходи			Фаза кущення			Фаза виходу в трубку			Достигання		
		Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²
Aggyl	1*	6	10	12	14	33	68	54	88	794	91	121	796
	2	7	14	14	15	39	73	59	93	816	93	154	823
	3	8	17	18	16	41	79	63	97	887	95	169	909
	4	8	19	22	17	44	84	64	1011	919	97	177	924
	5	9	18	23	17	43	86	65	110	1118	101	189	978
	6	8	20	24	17	45	90	65	116	1203	103	197	1047

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Г.6

Динаміка наростання вегетативної маси рослин сорго, 2024 р.

Гібрид	Варіанти дослідів	Сходи			Фаза кушення			Фаза виходу в трубку			Достигання		
		Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²
Brigga	1*	6	12	16	15	34	69	55	86	734	84	137	614
	2	6	13	19	16	38	73	58	89	792	87	169	723
	3	7	15	23	18	41	77	61	94	814	93	174	779
	4	7	16	24	18	43	81	64	99	875	95	188	793
	5	8	17	25	20	45	84	67	101	912	98	196	826
	6	9	16	24	20	44	91	68	107	937	96	212	914

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Г.7

**Динаміка наростання вегетативної маси рослин сорго, середнє за 2021,
2023, 2024 рр.**

Гібрид	Варіанти досліду	Сходи			Фаза кущення			Фаза виходу в трубку			Достигання		
		Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²
Aggyl	1*	6	10	12	14	35	66	55	99	792	94	154	796
	2	7	13	15	16	40	72	60	105	838	96	179	858
	3	8	15	19	17	44	77	62	111	933	96	200	964
	4	8	17	2	19	46	82	64	115	990	102	213	1023
	5	9	18	24	19	46	87	65	118	1066	106	213	828
	6	9	20	24	19	47	88	67	119	1144	105	242	1218

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Г.8

Динаміка наростання вегетативної маси рослин сорго, середнє за 2021, 2023, 2024 рр.

Гібрид	Варіанти дослідів	Сходи			Фаза кущення			Фаза виходу в трубку			Достигання		
		Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²	Висота рослини, см	Маса рослини, г	Площа листової поверхні, см ²
Brigga	1*	6	10	14	15	37	72	59	104	780	90	148	732
	2	7	12	16	17	41	77	62	114	828	94	176	804
	3	8	14	19	19	44	80	65	122	897	101	187	863
	4	8	16	21	20	47	84	68	126	963	102	198	941
	5	8	16	23	23	50	88	68	133	1031	102	205	998
	6	9	17	24	23	49	91	71	137	1066	102	218	1049

1* – абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 – застосування мін. добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 – застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га, 6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Д.1

Структура врожаю гібриду сорго зернового Aggyl, середнє за 2021, 2023, 2024 рр.

Гібрид(А)	Варіант (В)	Кількість листків на головному стеблі, шт	Висота рослин, см	Площа листків, см ²	Довжина волоті, см	Маса, г			
						волоті	листя	стебел+ піхв листіків	всієї рослини
Aggyl	1*	4,4	91,8	828	18,8	60,0	28,2	74,0	162,2
	2	4,6	94,6	887	19,5	67,3	32,4	85,2	184,9
	3	5,2	97,6	989	20,1	75,3	40,8	104,0	220,1
	4	5,6	101,1	1126	20,3	82,2	47,3	112,4	242,0
	5	6,1	103,8	1275	21,1	84,4	51,0	117,2	252,6
	6	6,3	103,5	1318	21,8	91,8	54,3	124,9	271,0

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Д.2

Структура врожаю гібрид сорго зернового Brigga,
середнє за 2021, 2023, 2024 рр.

Варіант (В)	Кількість листків на головному стеблі, шт	Висота рослин, см	Площа листків, см ²	Довжина волоті, см	Маса, г			
					волоті	листя	стебел+ півх листіків	всієї рослини
1*	4,3	90,1	762	19,4	57,0	28,1	69,2	154,3
2	4,6	94,4	846	20,1	65,3	32,8	81,4	179,5
3	5,1	99,2	910	20,4	71,6	40,7	87,1	199,4
4	5,4	100,8	997	21,1	77,1	47,0	89,9	214,0
5	5,8	102,7	1100	21,8	81,1	52,4	86,4	219,9
6	6,2	101,6	1170	21,9	84,8	56,0	95,4	236,2

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива
Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – засто-
сування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Д.3

Структура врожаю гібриду сорго зернового Aggyl, середнє за 2021 р.

Варіант (В)	Кількість листків на головному стеблі, шт	Висота рослин, см	Площа листків, см ²	Довжина волоті, см	Маса, г			
					волоті	листя	стебел+ піхв листків	всієї рослини
1*	4,7	95,4	878	22,2	74,0	30,5	70,0	174,5
2	4,9	96,9	932	22,6	81,9	33,2	79,7	194,8
3	5,5	98,9	1047	22,8	85,8	41,3	87,1	214,2
4	5,8	98,3	1112	23,2	90,6	51,9	89,4	231,9
5	6,3	100,4	1335	23,7	88,2	54,0	80,6	222,8
6	6,5	98,4	1326	24,7	104,3	54,8	92,9	252,0

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,

6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Д.4

Структура врожаю гібриду сорго зернового Brigga, середнє за 2021 р.

Варіант (В)	Кількість листків на головному стеблі, шт	Висота рослин, см	Площа листків, см ²	Довжина волоті, см	Маса, г			
					волоті	листя	стебел+ півхв листіків	всієї рослини
1*	4,2	92,4	864	21,7	70,0	24,3	64,7	159,0
2	4,6	95,3	941	22,5	78,8	30,4	75,3	184,5
3	5,0	97,6	1026	22,9	83,7	38,2	86,4	208,3
4	5,3	98,4	1087	23,4	89,2	45,0	88,7	222,9
5	5,7	98,0	1269	23,8	90,3	51,2	82,1	223,6
6	6,3	98,8	1291	24,8	94,5	53,9	91,2	239,6

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,
6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Д.5

Структура врожаю гібриду сорго зернового Aggyl, середнє за 2023 р.

Варіант (В)	Кількість листків на головному стеблі, шт	Висота рослин, см	Площа листків, см ²	Довжина волоті, см	Маса, г			
					волоті	листя	стебел+ піхв листків	всієї росли- ни
1*	4,3	9	709	17,9	59	22	75	156
2	4,6	95	836	18,6	64	28	90	182
3	5,1	99	924	9,3	76	37	101	214
4	5,7	106	1020	19,3	80	42	104	226
5	6,3	107	1140	20,4	86	46	99	231
6	6,4	105	1260	21,0	84	49	111	244

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – засто-
сування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,

6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Д.6

Структура врожаю гібриду сорго зернового Brigga, середнє за 2023 р.

Варіант (В)	Кількість листків на головному стеблі, шт	Висота рослин, см	Площа листків, см ²	Довжина волоті, см	Маса, г			
					волоті	листя	стебел+ піхв листоків	всієї росли- ни
1*	4,5	94	809	19,2	54	29	84	167
2	4,8	101	874	19,9	63	33	98	194
3	5,3	107	924	20,1	69	40	107	216
4	5,9	109	1112	21,4	73	47	111	231
5	6,2	112	1206	22,5	82	49	109	240
6	6,4	110	1304	21,7	86	52	119	257

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – засто-
сування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,

6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Д.7

Структура врожаю гібриду сорго зернового Aggyl, середнє за 2024 р.

Варіант (В)	Кількість листків на головному стеблі, шт	Висота рослин, см	Площа листків, см ²	Довжина волоті, см	Маса, г			
					волоті	листя	стебел+ піхв листіків	всієї рослини
1*	4,1	87	898	16,3	47	32	77	156
2	4,4	92	894	17,2	56	36	86	178
3	4,9	95	996	18,3	64	44	124	232
4	5,3	99	1247	18,5	76	48	144	268
5	5,7	104	1349	19,3	79	53	172	304
6	6,1	107	1369	19,6	87	59	171	317

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,

6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Д.8

Структура врожаю гібриду сорго зернового Brigga, середнє за 2024 р.

Варіант (В)	Кількість листків на головному стеблі, шт	Висота рослин, см	Площа листків, см ²	Довжина волоті, см	Маса, г			
					волоті	листя	стебел+ піхв листіків	всієї рослини
1*	4,1	84	614	17,4	47	31	59	137
2	4,4	87	723	17,9	54	35	71	160
3	4,9	93	779	18,2	62	44	68	174
4	5,1	95	793	18,6	69	49	70	188
5	5,5	98	826	19,1	71	57	68	196
6	5,8	96	914	19,3	74	62	76	212

1* –абсолютний контроль, 2 – зональний контроль, 3 –застосування мін.добрива Дюра Соп з нормою 80 кг/га, 4 –застосування мін. добрива Дюра СОП 100 кг/га, 5 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 80 кг/га ,

6 – застосування мін. добрива Реновейшн Фуерза 100 кг/га.

Додаток Е.1

Урожайність гібридів сорго зернового Aggyl і Brigga залежно від форм і доз добрив, за 2021 р.

Гібрид	Варіант	Повторення			Середня	Прибавка, т/га	
		1	2	3		АК	ЗК
Aggyl	АК	6,22	6,48	6,1	6,26	-	-
	ЗК	7,15	7,82	7,19	7,38	-	-
	Дюра СОП 80	8,14	8,02	7,85	8,00	1,74	0,62
	Дюра СОП 100	7,93	8,16	8,42	8,20	1,94	0,82
	Реновейшн Фуерза 80	8,50	8,69	8,35	8,51	2,25	1,13
	Реновейшн Фуерза 100	8,70	9,15	8,85	8,87	2,61	1,49
Brigga	АК	5,48	5,97	6,29	5,91	-	-
	ЗК	6,54	6,90	7,14	6,86	-	-
	Дюра СОП 80	7,93	7,48	7,55	7,65	1,74	0,79
	Дюра СОП 100	7,88	7,63	7,91	7,81	1,90	0,95
	Реновейшн Фуерза 80	8,26	8,34	8,51	8,37	2,46	1,51
	Реновейшн Фуерза 100	8,42	8,34	8,44	8,42	2,51	1,56
НІР 0,5					1,39		
НІР (А)					0,37		
НІР (В)					0,57		

Додаток Е.2

Урожайність гібридів сорго зернового Aggyl і Brigga залежно від форм і доз добрив, за 2023 р.

Гібрид	Варіант	Повторення			Середня	Прибавка, т/га	
		1	2	3		АК	ЗК
Aggyl	АК	5,33	5,48	5,07	5,30	-	-
	ЗК	6,09	6,22	6,40	6,24	-	-
	Дюра СОП 80	6,48	6,72	7,04	6,75	1,45	0,51
	Дюра СОП 100	6,55	7,12	6,93	6,87	1,57	0,63
	Реновейшн Фуерза 80	7,24	7,55	6,90	7,23	1,93	0,99
	Реновейшн Фуерза 100	7,39	7,92	8,06	7,79	2,49	1,55
Brigga	АК	4,94	5,13	4,88	4,98	-	-
	ЗК	5,20	5,51	5,60	5,44	-	-
	Дюра СОП 80	5,78	6,20	6,31	6,10	1,12	0,66
	Дюра СОП 100	6,47	6,90	6,19	6,52	1,54	1,08
	Реновейшн Фуерза 80	7,50	7,64	7,78	7,64	2,66	2,20
	Реновейшн Фуерза 100	8,03	8,21	7,90	8,05	3,07	2,61
НІР 0,5		0,27					
НІР (А)		0,29					
НІР (В)		0,38					

Додаток Е.3

Урожайність гібридів сорго зернового Aggyl і Brigga ігга залежно від форм і доз добрив, за 2024 р.

Гібрид	Варіант	Повторення			Середня	Прибавка, т/га	
		1	2	3		АК	ЗК
Aggyl	АК	4,04	4,26	4,33	4,21	-	-
	ЗК	4,71	4,93	4,56	4,73	-	-
	Дюра СОП 80	5,30	5,09	5,40	5,30	1,07	0,57
	Дюра СОП 100	5,49	5,76	6,04	5,76	1,55	1,03
	Реновейшн Фуерза 80	6,11	5,98	6,37	6,15	1,94	1,42
	Реновейшн Фуерза 100	6,28	6,37	7,17	6,60	2,39	1,87
Brigga	АК	3,91	3,44	4,19	3,85	-	-
	ЗК	4,39	5,04	4,78	4,73	-	-
	Дюра СОП 80	5,09	5,39	5,19	5,22	1,37	0,49
	Дюра СОП 100	5,38	5,40	5,22	5,33	1,48	0,60
	Реновейшн Фуерза 80	5,49	5,77	6,18	5,81	1,96	1,08
	Реновейшн Фуерза 100	5,71	5,92	5,63	5,75	1,90	1,02
НІР 0,5					0,64		
НІР (А)					0,43		
НІР (В)					0,26		

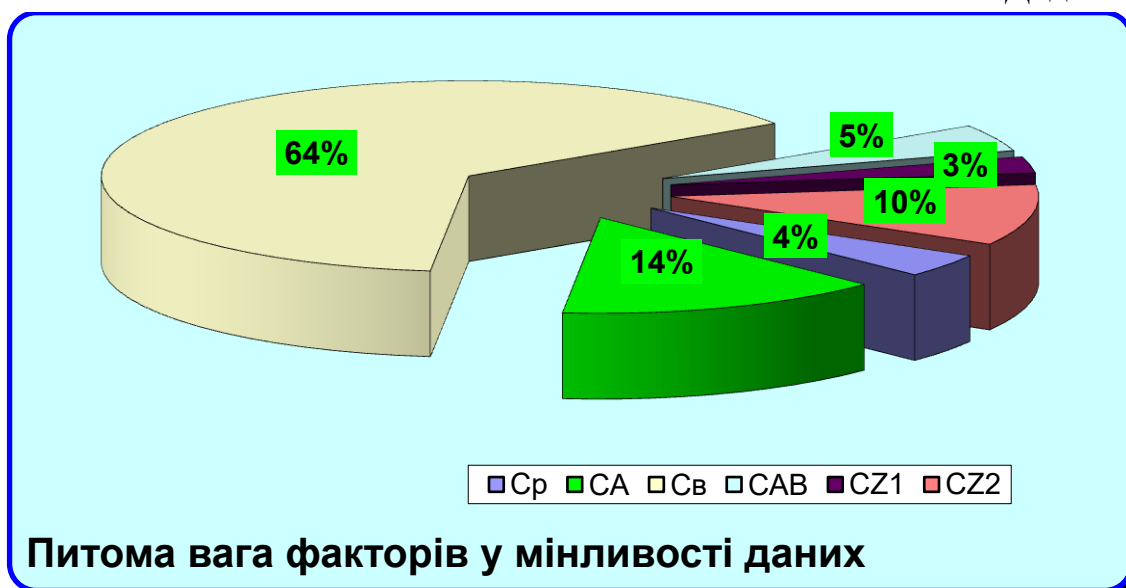
Додаток Е.4

Математична обробка даних урожайності гібридів сорго зернового Aggyl і Brigga залежно від форм і доз добрив за 2021 р.

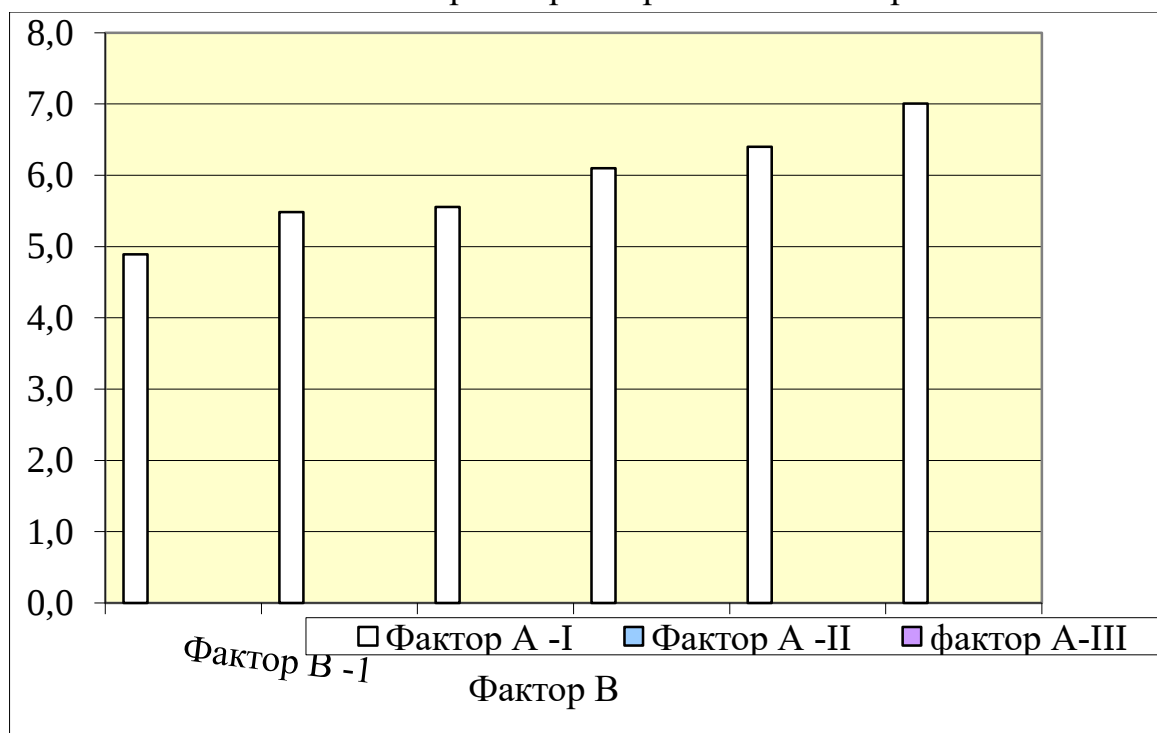
Варіанти		Повторення					Сума V	Середнє
Фактор								
A	B	I	II	III	IV	V		
1	1	6,22	6,48	6,1			18,8	6,3
	2	7,15	7,82	7,19			22,2	7,4
	3	8,14	8,02	7,85			24,0	8,0
	4	7,93	8,16	8,42			24,5	8,2
	5	8,5	8,69	8,35			25,5	8,5
	6	8,7	9,15	8,85			26,7	8,9
2	1	5,48	5,97	6,29			17,7	5,9
	2	6,54	6,9	7,14			20,6	6,9
	3	7,93	7,48	7,55			23,0	7,7
	4	7,88	7,63	7,91			23,4	7,8
	5	8,26	8,34	8,51			25,1	8,4
	6	8,42	8,34	8,44			25,2	8,4

Підсумкові таблиці										
ФАКТОР А		Фактор В						Се-реднє (по А)	Різниця у порівнян-ні з1/1	НІР _{05±}
		1	2	3	4	5	6			
	1	6,3	7,4	8,0	8,2	8,5	8,9	7,9		0,57
	2	5,9	6,9	7,7	7,8	8,4	8,4	7,5	-0,4	
	3									
	4									
	5									
Середнє (по В)	6,1	7,1	7,8	8,0	8,4	8,7				
Різниця у порівнянні з1/1		1,0	1,7	1,898333	2,351667	2,56				
НІР _{05±}	0,26									

Додаток Е.5



Факторіальний аналіз гібридів Aggyl і Brigga та добрив на мінливість врожайності зерна сорго зернового в 2021 р.



Урожайність гібридів сорго зернового Aggyl і Brigga залежно від форм і доз добрив, за 2021 р.

Додаток Е.6

Математична обробка даних урожайності гібридів сорго зернового Aggyl і
Brigga залежно від форм і доз добрив за 2023 р.

Результати дисперсійного аналізу								
Дисперсія	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій				
				Fф	F05			
Загальна	34,96	35						
Повторень	0,54	2						
Варіантів	33,41							
Помилки	1,00							
CA+B+AB	33,41							
CA	0,52	1	0,52	73,71	18,51			Є суттєва різниця
CB	31,14	5	6,23	126,31	2,71			Є суттєва різниця
CAB	1,75	5	0,35	7,10	2,71			Є суттєва різниця
Cy1	1,08							
Cz1	0,01	2	0,01					
Cz2	0,99	20	0,05					

Оцінка результатів дисперсійного аналізу-

Ділянки першого прорядку А

Помилка дослідів S _x ,	т/га	0,05
Помилка різниці середніх, S _d	т/га	0,07
НСР ₀₅ ±	т/га	0,29

Ділянки другого порядку В

Помилка дослідів S _x ,	т/га	0,13
Помилка різниці середніх, S _d	т/га	0,18
НСР ₀₅ ±	т/га	0,38

Головні ефекти

Для ефекту А

Помилка різниці середніх, S _d	т/га	0,03
НСР ₀₅ ±	т/га	0,12

Для ефекту В

Помилка різниці середніх, S _d	т/га	0,13
НСР ₀₅ ±	т/га	0,27

ФАКТОР А		Фактор В								Середнє (по А)	Різниця у порівнянні зі/1	HIP ₀₅ ±
		1	2	3	4	5	6	7	8			
		1	2	3	4	5	6	7	8			
ФАКТОР А	1	5,29	6,24	6,75	6,87	7,23	7,79			6,69		0,12
	2	4,98	5,44	6,10	6,52	7,64	8,05			6,45	-0,24	
	Немає											
	Немає											
	Немає											
	Немає											
	Немає											
	Немає											
Середнє (по В)		5,14	5,84	6,42	6,69	7,44	7,92					
Різниця у порівнянні зі/1			0,70	1,28	1,56			-5,14	-5,14			
HIP ₀₅ ±		0,27										

Продовження додатка Е.6

Варіанти		Середнє	Приріст до від		А+В
Фактор			А	В	
А	В		0,29	0,38	
1	1	5,29	-	-	
	2	6,24	-	0,94	
	3	6,75	-	1,45	
	4	6,87	-	1,57	
	5	7,23	-	1,94	
	6	7,79	-	2,50	
2	1	4,98	-0,31	-	
	2	5,44	-0,80	0,45	0,14
	3	6,10	-0,65	1,11	0,80
	4	6,52	-0,35	1,54	1,23
	5	7,64	0,41	2,66	2,35
	6	8,05	0,26	3,06	2,75

Додаток Е.7

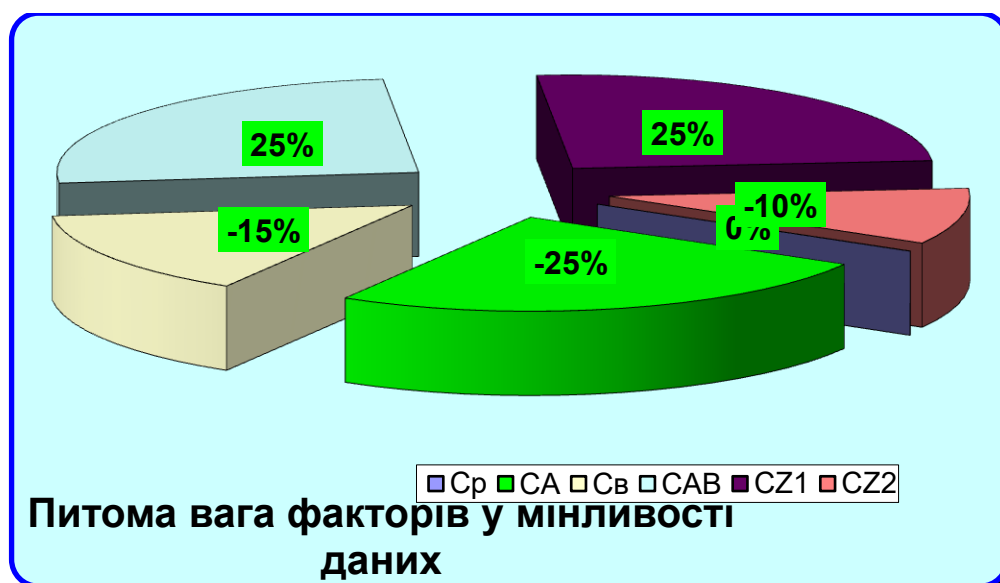
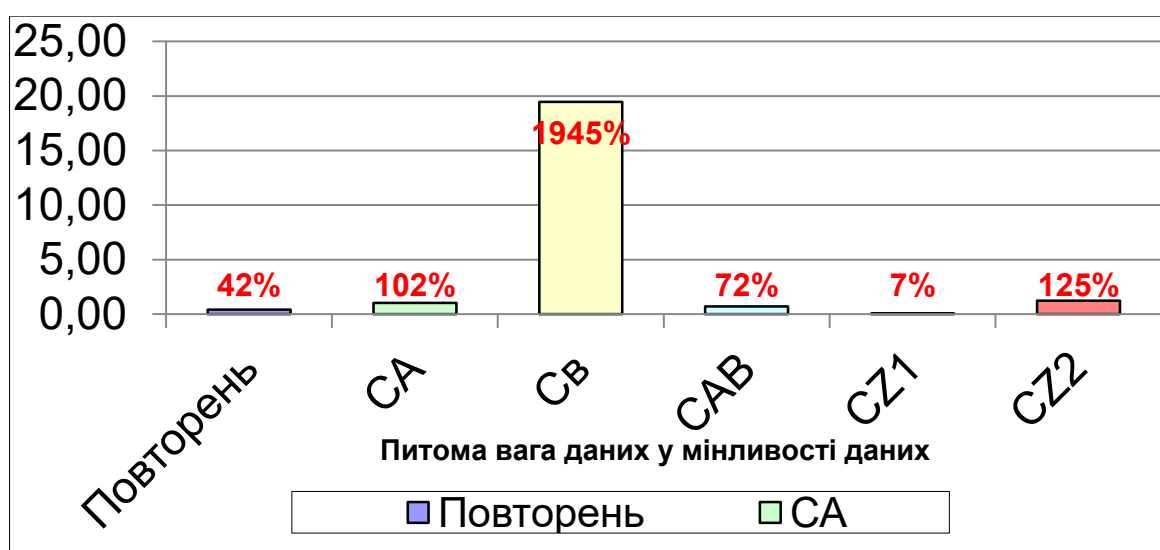
Математична обробка даних урожайності гібридів сорго зернового Aggyl і
Brigga залежно від форм і доз добрив за 2024 р.

Результати дисперсійного аналізу					
Дисперсія	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				F _ф	F ₀₅
Загальна	22,92	35			
Повторень	0,42	2			
Варіантів	21,19				
Помилки	1,31				
C _{A+B+AB}	21,19				
C _A	1,02	1	1,02	31,20	18,51
C _B	19,45	5	3,89	62,44	2,71
C _{AB}	0,72	5	0,14	2,31	2,71
C _{Y1}	1,51				
C _{Z1}	0,07	2	0,0328		
C _{Z2}	1,25	20	0,0623		

Оцінка результатів дисперсійного аналізу		
Ділянки першого прорядку А		
Помилка досліду S _x ,	т/га	0,10
Помилка різниці середніх, S _d	т/га	0,15
НСР _{05 ±}	т/га	0,64
Ділянки другого порядку В		
Помилка досліду S _x ,	т/га	0,14
Помилка різниці середніх, S _d	т/га	0,20
НСР _{05 ±}	т/га	0,43
Головні ефекти		
Для ефекту А		
Помилка різниці середніх, S _d	т/га	0,06
НСР _{05 ±}	т/га	0,26
Для ефекту В		
Помилка різниці середніх, S _d	т/га	0,14
НСР _{05 ±}	т/га	0,30

Продовження додатка Е.7

Підсумкові таблиці										
ФАКТОР А		Фактор В						Середнє (по А)	Різниця у порівнянні зі/1	HIP ₀₅ ±
		1	2	3	4	5	6			
	1	4,2	4,7	5,3	5,8	6,2	6,6	5,5	-0,3	0,26
	2	3,8	4,7	5,2	5,3	5,8	5,8	5,1		
	3									
	4									
	5									
Середнє (по В)		4,0	4,7	5,2	5,5	6,0	6,2			
Різниця у порівнянні зі/1			0,7	1,2	1,52	1,955	2,1516667			
HIP ₀₅ ±		0.30								



Факторіальний аналіз гібридів Aggyl та Brigga та добрив на мінливість врожайності зерна сорго зернового в 2024 р.

Додаток Є.1

Продуктивна кущистість гібридів сорго зернового залежно від форм і доз добрив (середнє за 2021, 2023–2024 рр.)

Гібрид	Варіанти	Продуктивна кущистість			Середнє
		2021 р.	2023 р.	2024 р.	
Aggyl	AK	1,27	1,18	1,08	1,18
	3K	1,31	1,19	1,07	1,19
	Dura SOP 80 кг/га	1,28	1,21	1,06	1,18
	Dura SOP 100 кг/га	1,34	1,23	1,07	1,21
	Renovation Fuerza – 80 кг/га	1,42	1,31	1,09	1,27
	Renovation Fuerza – 100 кг/га	1,44	1,33	1,17	1,31
Brigga	AK	1,19	1,11	1,01	1,10
	3K	1,30	1,15	1,05	1,17
	Dura SOP 80 кг/га	1,35	1,15	1,05	1,18
	Dura SOP 100 кг/га	1,37	1,20	1,06	1,21
	Renovation Fuerza – 80 кг/га	1,43	1,23	1,08	1,25
	Renovation Fuerza – 100 кг/га	1,39	1,28	1,14	1,27
HIP 0,5	0,05				
HIP (A)	0,02				
HIP (B)	0,04				

Додаток Є.2

Результати дисперсійного аналізу продуктивної кущистості рослин гібридів
сорго зернового Aggyl та Brigga

Дисперсія			Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій			
						F _ф	F ₀₅		
Загальна	Sy		0,55	35					
Повторень	Ср		0,42	2					
Варіантів	Cv		0,11	11	0,0	9,80	2,28		
Фактору А	Ca		0,01	1	0,0	7,25	4,50		
Фактору В	Cb		0,09	5	0,0	19,00	2,72		
Фактору АВ	Cab		0,01	5	0,0	1,12	2,72	А	0
Помилки	Cz		0,02	22	0,0			Б	0,
								АБ	0,
НСР _{05 загальна}	0,05	факторуА	0,02	факторуВ	0,04	t ₀₅	2,07	Інші	0,
Точність досліду, %	2%								
	1	2	Різниця						
1	1,18	1,10	0,07						
2	1,19	1,17	0,02						
3	1,18	1,18	0,00						
4	1,21	1,21	0,00						
5	1,27	1,25	0,03						
6	1,31	1,27	0,04						
Середнє	1,23	1,20							
Різниця		0,03							



Факторіальний аналіз впливу гібридів Aggyl та Brigga та добрив на
продуктивну кущистість рослин сорго зернового
(середнє за 2021, 2023, 2024 рр.)