

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ТІТАРЕНКО ОКСАНА СТАНІСЛАВІВНА

УДК 663.63:631.5/9

ДИСЕРТАЦІЯ

**РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО
ЗЕРНОВОГО В УМОВАХ 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.



Оксана ТІТАРЕНКО

Науковий керівник:

Леся КАРПУК, доктор с.-г. наук, професор,
професор кафедри землеробства, агрохімії та
грунтознавства БНАУ

Біла Церква – 2023

Анотація

Титаренко О. С. Розробка елементів технології вирощування сорго зернового в умовах Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – «Агронімія» (20 «Аграрні науки та продовольство»). – Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, 2023.

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та обґрунтовано новий підхід до виконання наукового завдання – оптимізації елементів технології вирощування сорго зернового.

Було проведено комплексну оцінку у виявленню особливостей формування урожаю гібридами сорго; визначено оптимальний регулятор росту; ідентифіковано мікродобриво, що сприяє підвищенню продуктивності рослин сорго зернового. Визначено ефективні технологічні підходи у вирощуванні сорго зернового шляхом впровадження перспективних гібридів й внесення мікродобрив та регуляторів росту рослин.

Набули подальшого розвитку вектори досліджень особливостей проходження процесів росту рослин сорго зернового, формування площі листової поверхні, оцінка економічної та енергетичної ефективності.

Погодні умови впродовж періоду досліджень були сприятливими для росту і розвитку сорго зернового, хоча й відрізнялися від середніх багаторічних одиниць.

Проведені дослідження показали, що тривалість вегетаційного періоду у гібрида Брігга становить 104-107 днів, а у гібрида Ютамі – 114-115 днів, і вона відповідала зазначеним сортовим характеристикам. Варто відзначити, що вплив досліджуваних факторів технології проявлявся істотно тільки у період активного росту сорго. Так, у гібрида Брігга за застосування підживлення Альфа-Гроу-Екстра в дозі 2 л/га та обробка рослин Інтермаг – Кукурудза такої ж дози призвели до збільшення тривалості міжфазного періоду на 2 доби.

У гібрида Ютамі, використання підживлення Альфа-Гроу-Екстра в дозі 2 л/га також збільшило тривалість міжфазного періоду, але вже на 3 доби, в той час, як обробка рослин Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га – призвела до зростання цього періоду на 2 доби. Отже, можна стверджувати, що досліджувані фактори технології мають достатній вплив на тривалість міжфазного періоду сорго різних гібридів.

У гібрида сорго Брігга, густина посівів була вищою на ділянках, де застосовувалась обробка позакореневим мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, в поєднанні з регулятором росту Регоплант, і досягала 152,8 тис. шт./га, а виживання рослин під час вегетації становило 94,0%. У гібрида Ютамі, більш високий рівень збереженості густоти посівів досягався за допомогою позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, разом з регулятором росту Регоплант, і досягав 152,6 тис. шт./га, а виживання рослин під час вегетації – 94,6%. Також варто зазначити, що за використання позакореневого підживлення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, оптимальним варіантом для гібрида Ютамі була комбінація з регулятором росту Стимпо, оскільки густина посівів зберігалась на рівні 152,4 тис. шт./га, а виживання рослин під час вегетації – 94,1%. Отже, у результаті експерименту були визначені оптимальні варіанти збереження густоти посівів і виживання рослин для гібридів Брігга і Ютамі за допомогою різних комбінацій мікродобрив та регуляторів росту.

Проведені дослідження показали, що елементи технології, які використовувались, впливали на формування висоти рослин сорго лише на етапах викидання волоті та цвітіння. Проте, до кінця вегетації, зокрема на час повної стиглості, середня висота рослин у досліді складала 117,3 см. Виявилось, що застосування додаткових елементів технології вирощування не суттєво впливало на досліджуваний показник на пізніх етапах вегетації. У дослідженні гібрида Брігга, висота рослин знаходилась у межах 118,5-124,1 см, а у гібрида Ютамі – від 111,7 до 117,2 см. Таким чином, можна зробити висновок, що хоча деякі елементи технології впливали на формування

висоти рослин на певних етапах розвитку, але на пізніх стадіях вегетації цей вплив був незначним.

У фазу викидання волоті виявлено, що гібрид Брігга демонстрував кращі показники площі листків за позакореневого удобрення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, у поєднанні з регулятором росту Регоплант, що становило 49,1 тис. м²/га. У гібрида Ютамі, вищі значення площі листової поверхні відзначалися при застосуванні Інтермаг – Кукурудза у комбінації з Регоплант або Стимпо, досягаючи 52,9 тис. м²/га. У той же час, на контрольному варіанті без застосування додаткових регуляторів росту, виявлено наступні значення площі листків – 48,1 тис. м²/га. У фазу цвітіння, вищі показники площі листової поверхні також спостерігалися за позакореневого оброблення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га. У даному випадку вплив регуляторів росту був незначним.

За формування сухої речовини на час повної стиглості зерна, у гібрида Брігга, найкращі результати були досягнуті при використанні позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, разом з регулятором росту Стимпо, досягаючи 14,49 т/га. З іншого боку, у гібрида Ютамі, накопичення сухої речовини було більш інтенсивним при використанні позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, з мікродобривом Стимпо, досягаючи 16,68 т/га. Таким чином, дослідження показали, що позакореневі удобрення та регулятори росту можуть впливати на різні аспекти розвитку рослин гібридів Брігга та Ютамі.

Виявлено, що у міжфазний період від викидання волоті до цвітіння, фотосинтетичний потенціал у гібрида Брігга складав у середньому 0,44 тис. м²/га×діб, тоді як у гібрида Ютамі – 0,52 тис. м²/га×діб. При вирощуванні гібрида Брігга виявлено, що кращим варіантом було застосування позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, у поєднанні з Регоплант або Стимпо. Також ефективним виявилось застосування Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, у поєднанні з регулятором росту Стимпо. У гібрида Ютамі також обидва варіанти

позакореневого підживлення рослин мікродобривом у поєднанні з регулятором росту Регоплант або Стимпо виявились ефективними. Отже, в ході досліджень було визначено оптимальні комбінації позакорневих підживлень та регуляторів росту для підвищення фотосинтетичного потенціалу у гібридах Брігга та Ютамі під час міжфазного періоду.

Під час досліджень було з'ясовано, що у міжфазний період «цвітіння – повна стиглість» у гібрида Брігга, за обробки мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, у поєднанні з регулятором росту Стимпо, чиста продуктивність фотосинтезу склала 3,33 г/м² за добу сухої речовини, тоді як за використання мікродобрива Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, разом з регулятором росту Стимпо, цей показник становив 3,14 г/м² за добу сухої речовини. При вирощуванні гібрида Ютамі, кращі значення чистої продуктивності фотосинтезу у міжфазний період також були отримані при застосуванні позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, або Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, з використанням регулятора росту Стимпо, і становили 3,19 г/м² за добу сухої речовини в обох випадках. Отже, згідно з проведеними експериментами, встановлено, що взаємодія мікродобрив та регулятора росту має вплив на продуктивність фотосинтезу у гібридів Брігга та Ютамі на етапі «цвітіння – повна стиглість».

За результатами досліджень виявлено, що в гібрида Брігга найвищі значення маси насіння формувалися при застосуванні позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра в поєднанні з регулятором росту Стимпо, що складало 51,3 г. Також ефективною виявилась комбінація Інтермаг – Кукурудза з обома регуляторами росту, яка також сприяла підвищенню маси насіння. Щодо гібрида Ютамі, використання позакореневого підживлення мікродобривами Альфа-Гроу-Екстра або Інтермаг – Кукурудза, разом з обома регуляторами росту, також дало позитивний результат у збільшенні маси насіння з рослини. Отже, було з'ясовано, що для гібрида Брігга найкращими комбінаціями для збільшення маси насіння є використання мікродобрив Альфа-Гроу-Екстра з регулятором

росту Стимпо, або Інтермаг – Кукурудза разом з обома регуляторами росту. У гібрида Ютамі також було встановлено, що обидва варіанти позакореневого підживлення мікродобривами разом з регуляторами росту ефективно впливають на формування маси насіння з рослини.

Було зафіксовано, що в середньому у досліді кількість зерен на рослині у гібрида Брігга складала 1256 штук, тоді як у гібрида Ютамі – 2143 штук. Це вказує на різні стратегії формування зерен у цих двох гібридів: перший гібрид спрямований на утворення меншої кількості зерен, але з більшою масою, тоді як другий гібрид, навпаки, формує більшу кількість зерен. При вирощуванні гібрида Брігга та застосуванні позакореневого підживлення рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, у поєднанні з регулятором росту Стимпо, було отримано 1325 зерен на рослині. За вирощування гібрида Ютамі, найбільш ефективним заходом впливу була обробка рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, що сприяло утворенню 2179 зерен на рослині. Отже, результати досліджень показали, що різні гібриди мають відмінні стратегії щодо формування кількості та маси зерен на рослині, і ефективні заходи впливу можуть варіюватись для кожного з них.

Витрати на технологію вирощування сорго зернового склали 5149,9 грн. за урожайності 7,88 т/га, і 5067,1 грн. за урожайності 6,65 т/га.

Вищий прибуток було отримано на варіанті з позакореневим удобренням мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка у фазу 5 листків, 2 – у фазу 9 листків, 3 – у фазу викидання волоті) у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га, для гібрида сорго Брігга – 39638 грн./га. При вирощуванні гібрида Ютамі з використанням позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка у фазу 5 листків, 2 – у фазу 9 листків, 3 – у фазу викидання волоті) у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га, було отримано прибуток 48550 грн./т, а за використання аналогічного мікродобрива та регулятора росту Регоплант, 50 мл/га у фазу 5 листків, – 48622 грн./т.

Таким чином, результати експерименту вказують на те, що оптимальне застосування позакореневого удобрення та регуляторів росту має важливе значення для отримання високого прибутку з вирощування гібридів сорго Брігга і Ютамі.

Дослідження показали, що кращі показники енергетичної ефективності були встановлені під час вирощування гібрида Брігга на варіанті з позакореневим удобренням мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка у фазу 5 листків, 2 – у фазу 9 листків, 3 – у фазу викидання волоті) у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га у фазу 5 листків. У цьому випадку досягнуто енергетичну ефективність на рівні 116,72 ГДж/га та коефіцієнтом енергетичної ефективності на рівні 2,65. Також, для гібрида Ютамі, ті ж варіанти досліду забезпечили отримання енергії з врожаю на рівні 134,58 ГДж/га та коефіцієнта ефективності 3,05.

Отже, застосування позакорневих удобрень мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра в поєднанні з регулятором росту Стимпо відзначилося високою енергетичною ефективністю як для гібрида Брігга, так і для гібрида Ютамі.

Ключові слова: гібриди сорго зернового, мікродобриво, регулятори росту, ростові процеси, формування асиміляційної поверхні, урожайність, якість зерна, оцінка економічної й енергетичної доцільності.

Summary

Titarenko O. Development of elements of grain sorghum cultivation technology in the conditions of the Forest-steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 201 – «Agronomy» (20 «Agrarian sciences and food»). – Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, 2023.

The dissertation provides a theoretical generalization and substantiates a new approach to the fulfillment of a scientific task - optimization of the elements of grain sorghum cultivation technology.

A comprehensive assessment was conducted to identify the features of crop formation by sorghum hybrids; the optimal growth regulator is determined; a microfertilizer was identified, which helps to increase the productivity of grain sorghum plants. Effective technological approaches in the cultivation of grain sorghum through the introduction of promising hybrids and the introduction of microfertilizers and plant growth regulators have been identified.

The research vectors of the peculiarities of the growth processes of grain sorghum plants, the formation of the leaf surface area, and the assessment of economic and energy efficiency have gained further development.

Weather conditions during the research period were favorable for the growth and development of grain sorghum, although they differed from the average perennial units.

The conducted studies showed that the duration of the vegetation period in the Brigg hybrid is 104-107 days, and in the Yutami hybrid – 114-115 days, and it corresponded to the specified varietal characteristics. It is worth noting that the influence of the researched technology factors was significantly manifested only during the period of active growth of sorghum. Thus, in the Brigg hybrid, the application of Alpha-Grow-Extra feeding at a dose of 2 l/ha and the treatment of Intermag - Maize plants at the same dose led to an increase in the duration of the interphase period by 2 days.

In the Yutami hybrid, the use of Alfa-Grow-Extra feeding at a dose of 2 l/ha also increased the duration of the interphase period, but already by 3 days, while the treatment of Intermag plants - Kukurudza, 2 l/ha - led to an increase in this period by 2 days. Therefore, it can be stated that the researched technology factors have a sufficient influence on the duration of the interphase period of sorghum of various hybrids.

In the hybrid sorghum Brigg, the density of crops was higher in the areas where treatment with foliar microfertilizer Intermag - Kukurudza, 2 l/ha, in combination with the growth regulator Regoplant was used, and reached 152.8 thousand pieces/ha, and the survival of plants during the growing season was 94.0 %. In the Yutami hybrid, a higher level of preservation of crop density was achieved with the help of foliar feeding of Alpha-Grow-Extra, 2 l/ha, together with the growth regulator Regoplant, and reached 152.6 thousand pieces/ha, and the survival of plants during the growing season was 94.6 %. It is also worth noting that when using foliar fertilization Intermag - Kukurudza, 2 l/ha, the optimal option for the Yutami hybrid was the combination with the growth regulator Stimpo, since the density of crops remained at the level of 152.4 thousand pcs./ha, and the survival of plants during the growing season was 94.1%. So, as a result of the experiment, the optimal options for maintaining the density of crops and plant survival for the Brigg and Yutami hybrids using various combinations of microfertilizers and growth regulators were determined.

The conducted studies showed that the elements of the technology we used influenced the formation of the height of sorghum plants only at the stages of panicle ejection and flowering. However, by the end of the growing season, in particular at the time of full maturity, the average height of the plants in the experiment was 117.3 cm. It turned out that the use of additional elements of growing technology did not significantly affect the studied indicator at the late stages of growing season. In the study of the Brigg hybrid, the plant height was in the range of 118.5-124.1 cm, and in the Yutami hybrid - from 111.7 to 117.2 cm. Thus, it can be concluded that although some elements of technology influenced the formation of plant height at

certain stages of development, this influence was insignificant in the later stages of vegetation.

In the phase of panicle ejection, it was found that the Brigg hybrid showed the best indicators of leaf area under foliar fertilization with microfertilizer Intermag - Kukurudza, in combination with the growth regulator Regoplant, which was 49.1 thousand m²/ha. In the Yutami hybrid, higher values of the leaf surface area were noted when using Intermag - Kukurudza in combination with Regoplant or Stimpo, reaching 52.9 thousand m²/ha. At the same time, on the control variant without the use of additional growth regulators, the following values of the leaf area were found - 48.1 thousand m²/ha. In the flowering phase, higher indicators of the leaf surface area were also observed with foliar treatment with microfertilizer Intermag - Kukurudza, 2 l/ha. In this case, the influence of growth regulators was insignificant.

For the formation of dry matter at the time of full grain maturity, in the Brigg hybrid, the best results were achieved when using foliar feeding Alpha-Grow-Extra, 2 l/ha, together with Stimpo growth regulator, reaching 14.49 t/ha. On the other hand, in the Yutami hybrid, the accumulation of dry matter was more intensive when using foliar fertilization of Alpha-Grow-Extra, 2 l/ha, with microfertilizer Stimpo, reaching 16.68 t/ha. Thus, studies have shown that foliar fertilizers and growth regulators can affect various aspects of plant development of Brigg and Yutami hybrids.

It was found that in the interphase period from panicle shedding to flowering, the photosynthetic potential of the Brigg hybrid averaged 0.44 thousand m²/ha×day, while that of the Yutami hybrid was 0.52 thousand m²/ha×day. When growing the Brigg hybrid, it was found that the best option was the use of foliar fertilization with Alpha-Grow-Extra microfertilizer, 2 l/ha, in combination with Regoplant or Stimpo. The use of Intermag - Kukurudza, 2 l/ha, in combination with Stimpo growth regulator was also effective. In the Yutami hybrid, both options of foliar feeding of plants with microfertilizer in combination with the growth regulator Regoplant or Stimpo were effective. Therefore, in the course of

research, optimal combinations of foliar nutrients and growth regulators were determined to increase the photosynthetic potential in Brigg and Yutami hybrids during the interphase period.

During the research, it was found that in the interphase period "flowering - full maturity" in the Brigg hybrid, when treated with the microfertilizer Alpha-Grow-Extra, 2 l/ha, in combination with the growth regulator Stimpo, the net productivity of photosynthesis was 3.33 g/m² per day of dry matter, while when using the microfertilizer Intermag - Kukurudza, 2 l/ha, together with the growth regulator Stimpo, this indicator was 3.14 g/m² per day of dry matter. When growing the Yutami hybrid, the best values of the net productivity of photosynthesis in the interphase period were also obtained with the application of foliar feeding of Alpha-Grow-Extra, 2 l/ha, or Intermag - Kukurudza, 2 l/ha, using the Stimpo growth regulator, and were 3.19 g/m² per day of dry matter in both cases. So, according to the conducted experiments, it was established that the interaction of microfertilizers and growth regulator has an effect on the productivity of photosynthesis in the Brigg and Yutami hybrids at the stage of "flowering - full maturity".

According to the research results, it was found that in the Brigg hybrid, the highest seed mass values were formed when foliar fertilization with Alpha-Grow-Extra microfertilizer was used in combination with Stimpo growth regulator, which amounted to 51.3 g. The combination of Intermag - Kukurudza with both growth regulators was also effective, which also contributed to the increase in seed mass. Regarding the Yutami hybrid, the use of foliar feeding with microfertilizers Alpha-Grow-Extra or Intermag - Kukurudza, together with both growth regulators, also gave a positive result in increasing the weight of seeds from the plant. So, it was found that for the Brigg hybrid, the best combinations for increasing seed weight are the use of microfertilizers Alpha-Grow-Extra with Stimpo growth regulator, or Intermag - Kukurudza together with both growth regulators. In the Yutami hybrid, it was also established that both options of foliar feeding with microfertilizers together with growth regulators effectively affect the formation of seed mass from the plant.

It was recorded that, on average, the number of grains per plant in the Brigg hybrid was 1,256, while that of the Yutami hybrid was 2,143. This indicates different grain formation strategies in these two hybrids: the first hybrid aims to produce fewer grains, but with a larger mass, while the second hybrid, on the contrary, forms a larger number of grains. When growing the Brigg hybrid and using foliar feeding of plants with Alpha-Grow-Extra microfertilizer, 2 l/ha, in combination with Stimpo growth regulator, 1325 grains were obtained per plant. For the cultivation of the Yutami hybrid, the most effective impact measure was the treatment of plants with microfertilizer Alpha-Grow-Extra, which contributed to the formation of 2179 grains per plant. So, the research results showed that different hybrids have different strategies for the formation of the number and weight of grains on the plant, and effective measures of influence can vary for each of them.

Costs for grain sorghum cultivation technology amounted to UAH 5,149.9 for yield 7.88 t/ha, and 5067.1 hryvnias with a yield of 6.65 t/ha.

A higher profit was obtained on the option with foliar fertilization with Alpha-Grow-Extra microfertilizer, 2 l/ha (1 treatment in the phase of 5 leaves, 2 - in the phase of 9 leaves, 3 - in the phase of panicle ejection) in combination with the Stimpo growth regulator, 20 ml/ha, for the Brigg sorghum hybrid - UAH 39,638/ha. When growing the Yutami hybrid using foliar fertilization with Alpha-Grow-Extra microfertilizer, 2 l/ha (1 treatment in the phase of 5 leaves, 2 - in the phase of 9 leaves, 3 - in the phase of panicle ejection) in combination with the growth regulator Stimpo, 20 ml/ha, a profit of UAH 48,550/t was obtained, and for the use of a similar microfertilizer and the growth regulator Regoplant, 50 ml/ha in the phase of 5 leaves, - 48622 hryvnias/ton.

Thus, the results of the experiment indicate that the optimal application of foliar fertilizer and growth regulators is important for obtaining a high profit from the cultivation of Brigg and Yutami sorghum hybrids.

Studies have shown that the best indicators of energy efficiency were established during the cultivation of the Brigg hybrid on the variant with foliar fertilization with microfertilizer Alpha-Grow-Extra, 2 l/ha (1 treatment in the 5-leaf

phase, 2 - in the 9-leaf phase, 3 - in the panicle ejection phase) in combination with Stimp growth regulator, 20 ml/ha in the 5-leaf phase. In this case, energy efficiency was achieved at the level of 116.72 GJ/ha and the level of coefficient of energy efficiency 2.65. Also, for the Yutami hybrid, the same variants of the experiment ensured obtaining energy from the crop at the level of 134.58 GJ/ha and an efficiency factor of 3.05.

Therefore, the use of foliar fertilizers with the Alpha-Grow-Extra microfertilizer in combination with the Stimp growth regulator was marked by high energy efficiency for both the Brigg hybrid and the Yutami hybrid.

Key words: grain sorghum hybrids, microfertilizer, growth regulators, growth processes, assimilation surface formation, yield, grain quality, assessment of economic and energy feasibility.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях:

1. **Тігаренко, О. С.**, Карпук, Л. М. Ефективність вирощування сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. *Новітні агротехнології*, №9. 2021. 5 с. DOI: [org/10.21498/na.9.2021.259698](https://doi.org/10.21498/na.9.2021.259698) (70%, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).
2. **Тігаренко О. С.**, Карпук Л. М. Ефективність фотосинтезу сорго залежно від впливу елементів технології вирощування. *Новітні агротехнології*. 2022. №3. 10 с. DOI: [10.47414/na.10.3.2022.287179](https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.287179) (70 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).
3. **Тігаренко О. С.**, Карпук Л. М. Урожайність та енергетична ефективність сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 145–151. DOI: [10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-)

151. (70 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

4. Тітаренко О. С. Економічна оцінка ефективності вирощування сорго зернового. Збірник наукових праць *Агробіологія*. 2022. № 2. С. 200–206. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-174-2-200–206.

Матеріали науково-практичних конференцій:

5. Карпук Л. М., **Тітаренко О. С.**, Тітаренко В. А., Заїка Н. В. Основні етапи росту сорго зернового / Ресурсозберігаючі технології вирощування культурних рослин: матеріали I Всеукраїнської конференції. 23 квітня 2021 р. Біла Церква. 2021. С. 78

6. Карпук Л. М., **Тітаренко О. С.** Формування площі листкової поверхні гібридів сорго зернового залежно від елементів технології вирощування у Лісостепу України. Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції «Новітні агротехнології». Інститут експертизи сортів рослин (Київ, 31 серпня 2022 р.). С. 20.

7. **Titarenko O. S.**, Karpuk L. M., Pavlichenko A. A. Peculiarities of grain sorghum plant height formation depending on the studied factors. International scientific conference “Forecasts and prospects of scientific discoveries in agricultural sciences and food”: conference proceedings (August 30–31, 2022. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia: “Baltija Publishing”. 2022. P. 55-58.

8. Карпук Л. М., **Тітаренко О. С.**, Тітаренко В. А., Петракова О. О., Федорченко М. М., Федорченко Я. О. Параметри схожості, густоти та виживання сорго зернового залежно від елементів технології вирощування. Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві»: (17 листопада 2022 року).

Білоцерківський НАУ. С. 27–28.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| АНОТАЦІЯ | 2 |
| ВСТУП | 17 |
| Розділ 1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 22 |
| 1.1. Ботанічна характеристика, біологічні особливості та перспективи вирощування сорго зернового в Україні | 22 |
| 1.2. Особливості елементів агротехніки на ріст, розвиток та врожайність сорго зернового | 28 |
| 1.3. Ріст та розвиток сорго зернового за застосування позакореневого удобрення | 39 |
| Розділ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ | 44 |
| 2.1. Ґрунтові умови проведення досліджень | 44 |
| 2.2. Агрокліматичні умови проведення досліджень | 45 |
| 2.3. Схема та методика досліджень | 55 |
| 2.4. Особливості технології вирощування сорго зернового на дослідних ділянках | 57 |
| Розділ 3. ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК СОРГО ЗЕРНОВОГО | 60 |
| 3.1. Біометричні показники сорго зернового залежно від факторів досліду | 61 |
| 3.2. Фотосинтетичні характеристики посівів | 71 |
| 3.3. Рівень впливу технології вирощування на формування структури врожаю сорго зернового | 85 |
| Розділ 4. ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЗЕРНОВОГО | 95 |
| 4.1. Урожайність сорго зернового залежно від факторів досліду | 96 |
| 4.2. Якість зерна сорго зернового | 99 |

| | |
|--|-----|
| Розділ 5. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО | 107 |
| 5.1. Економічна оцінка ефективності вирощування сорго зернового | 108 |
| 5.2. Енергетична оцінка ефективності вирощування сорго зернового | 112 |
| ВИСНОВКИ | 117 |
| РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ | 121 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 122 |
| ДОДАТКИ | 151 |

ВСТУП

Актуальність теми. Сорго зернове стає все більш важливою зерновою культурою не тільки у світі, а й зокрема в Україні, з огляду на його унікальну здатність пристосуватися до різних умов вирощування. Лісостеп України, що займає значну частину країни, має специфічний клімат та ґрунт, що є важливим для вирощування сорго.

У контексті глобальних змін клімату та посилення необхідності забезпечення продовольчої безпеки, розробка та впровадження відповідних технологій вирощування сорго стає абсолютною необхідністю.

Урожайність сорго зернового в Україні поки що залишається на відносно низькому рівні. Тому слід удосконалювати технологію вирощування даної культури, завдяки вивченню окремих чинників впливу на рослини сорго зернового.

Дослідження з розроблення й оптимізації елементів технології вирощування сорго зернового досить детально відображено у працях Джамала Рахметова, Світлани Каленської, Олега Присяжнюка, Лариси Сторожик, Karol Wajszczuk та ін.

З огляду на агроекологічні аспекти й умови навколишнього середовища, вивчення особливостей росту та розвитку рослин, потреби в макро- й мікроелементах дозволить підібрати оптимальні підходи до вирощування гібридів сорго в умовах Лісостепу України.

Таким чином, актуальність наукової роботи полягає у вивченні теоретичних й практичних питань вирощування гібридів сорго зернового, у системі рослина (гібрид)–живлення (внесення мікродобрив та регуляторів росту)–урожайність та якість, задля підвищення адаптивності, стресостійкості та продуктивності гібридів сорго зернового в умовах Лісостепу України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за тематикою кваліфікаційної роботи проведені у 2019–2021 роках і є складовим компонентом ініціативної теми досліджень

Білоцерківського національного аграрного університету за завданням «Розробка елементів технології вирощування сорго зернового в умовах Лісостепу України» (номер держреєстрації 0122U200113).

Мета й завдання досліджень:

Мета досліджень полягає в удосконаленні технології вирощування сорго зернового, а саме виявлення впливу мікродобрив та регуляторів росту на продуктивність гібридів культури.

Задля досягнення поставленої цілі виникла необхідність у вирішенні наступних завдань:

- Вивчити особливості росту й розвитку рослин сорго зернового залежно від впливу досліджуваних чинників.
- Дослідити вплив мікродобрив та регуляторів росту на продуктивність гібридів зернового сорго.
- Визначити роль гібридів у формуванні урожаю сорго залежно від впливу чинників.
- Виявити закономірності перебігу фотосинтетичних процесів гібридів сорго зернового залежно від впливу абіотичних факторів й агротехнічних заходів.
- Оцінити ефективність дії регуляторів росту й мікродобрив для рослин сорго зернового.
- Дати економічну та енергетичну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології вирощування.
- Сформувати основні рекомендації для агропромислового комплексу за результатами досліджень й перевірки в умовах виробництва.

Об'єкт досліджень: процеси росту й розвитку рослин сорго зернового, формування врожайності гібридів.

Предмет досліджень: гібриди сорго зернового, чинники впливу на рослини: мікродобрива й регулятори росту.

Методи дослідження.

Лабораторний – для аналізу показників якості насіння.

Польовий – для спостереження за ростом і розвитком рослин, умовами зовнішнього середовища, оцінки елементів технології вирощування, оцінки агротехнічного й економічного ефектів досліджуваних заходів.

Вимірювально-ваговий – для обліку динаміки росту і врожайності.

Математично-статистичний – для оцінки достовірності відмінностей між варіантами досліджень.

Розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної і енергетичної ефективності результатів досліджень.

Наукова новизна досліджень. *Уперше* для умов Лісостепу України використано комплексний підхід у оцінці та виявленню особливостей формування урожаю новими перспективними гібридами сорго зернового; визначено оптимальний регулятор росту для підвищення стійкості рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища; ідентифіковано відповідне мікродобриво для підвищення продуктивності рослин сорго зернового в умовах Лісостепу України.

Удосконалено технологічні підходи у вирощуванні сорго зернового в умовах Лісостепу України шляхом впровадження перспективних гібридів й застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин.

Дістали подальшого розвитку напрями досліджень особливостей проходження ростових процесів гібридами сорго зернового, формування асиміляційної поверхні, оцінка економічної й енергетичної доцільності їх вирощування.

Практична цінність наукової роботи. За результатами польових експериментів та перевірки в умовах агровиробництва оптимально кращих варіантів, розроблено наукову й обґрунтовану схему внесення мікродобрив й регуляторів росту рослин за вирощування гібридів зернового сорго.

Оптимальні варіанти позакореневого удобрення: мікродобриво Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка у фазу 5 листків, 2 – у фазу 9 листків, 3 – у фазу

викидання волоті) у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га (фаза 5 листків), за вирощування гібрида сорго Брігга, забезпечило отримання прибутку на рівні 39638 грн./га; за умови культивування гібрида Ютамі отримано прибуток 48550 грн./га, а за аналогічного застосування мікродобрива та регулятора росту Регоплант, 50 мл/га у фазу 5 листків – 48622 грн/га.

Кращі варіанти польового експерименту, які отримані шляхом комбінування елементів технології вирощування, були впроваджені у виробництво. Вони не лише сприяють підвищенню врожайності сорго зернового, але також сприяють формуванню якісних показників зерна (Додаток А, Б).

Особистий внесок здобувачки. Кваліфікаційну роботу виконано самостійно. Здійснено аналіз літературних наукових джерел вітчизняних та іноземних учених, розроблено програму й схему проведення експерименту, впродовж досліджуваних років закладалися і виконувалися усі польові дослідження, за підсумковими результатами практичної частини визначено економічну та біоенергетичну доцільність досліджень, сформульовано висновки й рекомендації виробництву. На основі аналізу та деталізації проведених досліджень були опубліковані наукові статті.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Впродовж 2019–2021 рр. результати наукових досліджень доповідались на засіданнях кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства Білоцерківського національного аграрного університету та науково-практичних конференціях: I Всеукраїнській конференції «Ресурсозберігаючі технології вирощування культурних рослин» (м. Біла Церква, 23.04.2021 р.); III міжнародній науково-практичній конференції «Новітні агротехнології» (м. Київ, 31.08.2022 р.); International scientific conference “Forecasts and prospects of scientific discoveries in agricultural sciences and food” (August 30–31, 2022. Riga, the Republic of Latvia); Міжнародній науково-практичній конференції магістрантів і молодих вчених «Наукові пошуки молоді у XXI столітті», Інноваційні технології в

агрономії, землеустрої та садово-парковому господарстві (м. Біла Церква, 17.11.2022 р.).

Публікації результатів досліджень. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 8 наукових праць, зокрема 4 у фахових виданнях (Додаток Д).

Обсяг і структура дисертації. Дисертацію викладено на 157 сторінках комп'ютерного набору тексту, містить 18 таблицю, 9 рисунків. Роботу складено зі вступу, п'яти розділів, висновків й рекомендацій виробництву. Перелік використаних літературних джерел налічує 256 найменувань, з яких 118 латиницею.

Розділ 1

ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Ботанічна характеристика, біологічні особливості та перспективи вирощування сорго зернового в Україні

Сорго – одна з найважливіших продовольчих, кормових та енергетичних культур у світі. Сорго вирощують на значних площах орних земель у всьому світі.

Сорго зернове (*Sorghum bicolor*) – рослина, яка належить до родини тонконогових (*Poaceae*). Вона характеризується своєю ботанічною структурою та особливостями, які роблять її цікавою для наукових досліджень та сільськогосподарського вирощування.

Ботанічна характеристика.

Сорго має міцну, стійку до десикації, глибоку кореневу систему, яка може проникати на глибину більше 1 м [1]. Дана особливість кореневої системи забезпечує сорго стійкість до сухості та низької родючості ґрунтів [2; 3].

Сорго зернове є однорічною трав'янистою рослиною, що досягає висоти від 1 до 5 метрів. У центральній частині рослини знаходиться пряме стебло, що складається з «суглобів», які забезпечують ріст та стійкість рослини [1].

Листки сорго є функціональними частинами для проведення фотосинтезу та забезпечення росту рослини [4; 5]. Листки сорго широкі та плоскі, з довгими жилками, що формують характерну сітчасту структуру. Листкові пластинки розташовані на протилежних сторонах стебла, утворюючи характерне листкове розміщення [6; 7].

Однією з особливостей сорго зернового є формування колосків, які містять зернини. Колоски можуть мати різні розміри та форми, залежно від сорту рослини. Зернини сорго зернового можуть мати різний кольоровий спектр, включаючи білу, жовту, червону, коричневу та фіолетову гаму [8; 9].

Біологічні особливості.

Однією з основних біологічних особливостей сорго зернового є його висока стійкість до посушливих умов. Воно може рости в умовах низького рівня опадів і високих температур. Сорго має глибоку систему коренів, яка дозволяє йому отримувати вологу з глибоких шарів ґрунту. Це характеризує його, як цінну культурну рослину, особливо в регіонах з обмеженим доступом до водних ресурсів [10].

Іншою характеристикою сорго зернового є його здатність рости на різних типах ґрунтів. Воно може проростати на піщаних, легких ґрунтах, а також на бідних ґрунтах з низьким вмістом поживних речовин. Сорго має високий вміст кремнію, що сприяє його стійкості до солоних ґрунтів і стресових умов [11].

Так, у наукових працях учених зазначено [12; 13; 14], що сорго має достатньо високу продуктивність і має стійкість до стресових чинників навколишнього середовища, таких як посухостійкість і засоленість. У регіонах з високими середньодобовими температурами та в умовах дефіциту вологи, сорго є більш пластичною культурою при вирощуванні, порівняно з кукурудзою [15; 16; 17].

Крім того, сорго зернове є культурою з коротким періодом вегетації, що робить його привабливим варіантом для регіонів з короткими літніми сезонами. Це дозволяє збільшити виробництво зерна за обмежений час і знижує ризик втрат врожаю через негативні погодні умови [18].

Сорго зернове має велику генетичну різноманітність, що дозволяє розвивати нові сорти з різними властивостями, такими як стійкість до посухи, хвороб і шкідників, адаптація до різних кліматичних умов і покращена якість врожаю. Це робить сорго зернове цінною культурою для сільського господарства [9].

Сільськогосподарська цінність сорго полягає в її біологічних особливостях, які гарантують збереження врожаю в періоди посухи та за високих температур, ефективного використання опадів наприкінці літнього

періоду та відновлення ростових процесів після тривалих посушливих періодів. Високих врожаїв сорго можна досягти в посушливих регіонах, таких як південь України, Молдова, Центральна Азія, Казахстан та ін. [19-23].

Рослини сорго є надзвичайно адаптивними до умов вирощування. Саме тому комплексний вплив таких чинників, як температура повітря, температура ґрунту, вологість ґрунту й повітря, інтенсивність сонячної радіації, визначають рівень ефективності росту культури та ареал поширення на значних посівних площах [24].

Сорго - теплолюбна, світлолюбна, недовговічна культура [25]. Фізіологічно сорго належить до С4 фотосинтетичного типу, тобто надмірна сонячна радіація не шкодить рослині порівняно з С3 фотосинтетичним типом [26; 27], що дозволяє йому без значних втрат переносити посушливі періоди, потім продовжувати ріст і більш економно використовувати воду для формування одиниці сухої речовини [28; 29;. 30].

Загалом сорго відносять до теплолюбних культур. Це пов'язано з тим, що оптимальна температура для проростання насіння, росту і розвитку рослин становить 25-30°C, хоча насіння починає проростати вже при 10°C. Тому рекомендується висівати сорго, коли середньодобова температура ґрунту на глибині 10 см досягає 14-16°C [31–35].

Посів сорго в недостатньо прогрійтий ґрунт (7-8°C) може призвести до пліснявіння насіння, зріджених сходів, зниження повної схожості та затримки росту рослин. Культура не може конкурувати з бур'янами ранньою весною та взимку, що робить її більш вразливою до хвороб. Крім того, протягом першої половини вегетації сорго чутливе до низьких температур й заморозків, особливо під час цвітіння, й сходи можуть загинути за температури -2-3°C [36].

Між 30 і 40 днями після повних сходів коренева система сорго росте дуже інтенсивно: добовий приріст у цей період становить 3-4 см. У той же час надземна частина рослини росте дуже повільно, і рослина програє конкуренцію бур'янам за вільні місця в агроценозі [37].

Надмірний вплив високих температур може серйозно пригнічувати ріст сорго, особливо під час фази росту від сходів до проростків, коли ще не сформовано міцну кореневу систему. За умов сухого ґрунту і повітря сорго припиняє ріст і переходить в "анабіотичний" стан, коли життєві процеси рослини призупиняються, але рослина готова їх ініціювати, коли відновляться відповідні умови [38]. Так, під час фази досягання волоті сорго може переносити температуру 40-45 °С без негативних наслідків. Загалом, наприкінці вегетації оптимальною температурою для росту й розвитку є 27-30 °С, порівняно з 20-23 °С для кукурудзи [39; 40; 41].

Загалом, для сорго сумарна активна температура в період від сівби до сходів повинна становити 280-300 °С, від сходів до появи волоті 1200-1300 °С, від появи волоті до молочно-воскової стиглості 850-900 °С, а від молочно-воскової стиглості до дозрівання 150-180 °С. Таким чином, загальна сумарна температура протягом вегетації повинна становити не менше 2480-2680 °С [42; 43].

Водночас, за даними інших дослідників, для росту і розвитку насіння сорго достатніми є суми активних температур на час сівби - 200-250°С, сходи - викидання волоті - 1100-1200°С, сходи - дозрівання воскової стиглості насіння - 2100-2200°С [44].

Що стосується споживання води рослинами сорго, то той факт, що листки й стебла вкриті восковим шаром, дозволяє у 1,5-2 рази збільшити споживання води на одиницю сухої речовини. Таким чином, такий рівень адаптації дозволяє рослині зменшити водоспоживання, вижити в екстремальних умовах, дочекатися сприятливих умов і дати хороший урожай [45-47].

Водночас було виявлено, що водоспоживання протягом вегетації відбувається нерівномірно, причому найбільше води (близько 50%) рослини потребують у період за 10 днів до появи волоті та через 10 днів після цвітіння. Тому критичним періодом з точки зору водоспоживання є 25-30 днів, що загалом відповідає приблизно 20-25% вегетаційного періоду.

Полеві експерименти показали, що сорго споживає близько 100 мм вологи з ґрунту для отримання 2,45 т/га насіння, що набагато вище, ніж у всіх інших зернових культур з точки зору ефективності використання води. Сорго потребує 300 частин води на одиницю сухої речовини [48], пшениця - 515 частин, овес - 600 частин, а соняшник - 895 частин [49]. Таким чином, навіть у зонах з кількістю опадів 200-300 мм на низьких, засолених і солонцюватих ґрунтах сорго дає 1,0-2,0 т/га зерна і 8,0-12,0 т/га сидератів [50–52].

У зонах з кількістю опадів 300-450 мм рослини сорго дають 2,0-2,5 т/га зерна і 20,0-25,0 т/га корму, а в зонах з нестійким зволоженням - 5,0-7,0 т/га зерна і 42,0-55,0 т/га корму [53–56]. Сорго може компенсувати нестачу у виробництві фуражних зернових і сидеральних культур.

Залежно від вимог до ґрунту, сорго можна вирощувати на піщаних, глинистих ґрунтах та ґрунтах з високим ступенем засолення. Однак, як і у випадку з іншими культурами, чим родючіший та окультуреніший ґрунт, тим вища врожайність сорго [57–62].

Сорго - це культура, яка може добре відновлюватися при вирощуванні на засолених ґрунтах [63], але воно не є стійким до хлоридів або вологи, і не може добре рости на кислих ґрунтах. Найкраще сорго росте, коли кислотність ґрунтового розчину близька до нейтральної, але може переносити рН 8,5-9,5 [64; 65].

Щільність ґрунту в межах 1,18-1,26 г/см³ є оптимальною для нормального розвитку кореневої системи [61]. Однак рослини сорго загалом сприяють розпушуванню ґрунту, знижуючи щільність кореневмісного шару до 0,99-1,16 г/см³ [66]. Цей ефект досягається, головним чином, за рахунок формування в ґрунті потужної кореневої системи, яка забезпечує потреби рослини у волозі та поживних речовинах в умовах, недоступних для інших рослин [67–70].

Завдяки високій толерантності до посухи та засолення, сорго формує високі врожаї зерна та зеленої маси навіть у несприятливі роки [71–73], і є

однією з провідних польових культур за показником стабільності врожайності [74].

Підсумовуючи вищезазначене, перспективи вирощування сорго зернового (*Sorghum bicolor*) в Україні залежать від кількох чинників, а саме: кліматичні умови, агротехнології, ринкові можливості та потенційне використання цієї культури. Наведені нижче деталізовані аспекти перспектив вирощування сорго зернового в Україні:

Кліматичні умови: Сорго зернове відноситься до теплолюбних рослин і може вирощуватись в умовах помірною та континентального клімату. В Україні деякі регіони, зокрема південні області, мають сприятливі умови для вирощування сорго зернового.

Агротехнології: Вирощування сорго зернового вимагає дотримання певних агротехнічних заходів, включаючи вибір сортів, підготовку ґрунту, сівбу, догляд за посівами та збір урожаю. Ефективне використання агротехнологій може допомогти забезпечити високу врожайність сорго зернового в Україні [75].

Ринкові можливості: Сорго зернове має широкий спектр застосувань, включаючи використання в харчовій промисловості, виробництві кормів, біопаливах та інших продуктах. Ринок цих продуктів може бути перспективним для вирощування сорго зернового в Україні, зокрема для експорту [76-77].

Потенційне використання: Україна має потенціал використання сорго зернового в різних галузях, таких як вирощування зерна для продовольчих потреб, виробництво кормів для тваринництва, використання в біоенергетиці, а також вирощування для сировини в харчовій та хімічній промисловості.

Екологічна вигода: Вирощування сорго зернового сприяє збереженню природних ресурсів, таких як вода і ґрунт. Воно має низьку вимогливість до вологості і добре переносить посушливі умови. Крім того, сорго зернове може бути використане в біологічному землеробстві, оскільки його вирощування не потребує великої кількості хімічних добрив та пестицидів [78-79].

1.2. Особливості елементів агротехніки на ріст, розвиток та врожайність сорго зернового

Науково обґрунтований вибір умов і способів сівби сорго залежить від ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування, ґрунтових умов, вологості ґрунту, біологічних особливостей сортів і гібридів, напряму використання культури на корм або зерно [80–84].

Тому сприятливе поєднання факторів життєдіяльності рослин на ранніх етапах росту й розвитку рослин має важливе значення для отримання високої продуктивності рослин. Чим кращі умови на першому та другому етапах, коли формуються вусики, серединні жилки та основи листків стебла, тим вищий вихід біомаси [85–89].

В умовах дефіциту води дуже важливим є спосіб сівби та кількість рослин на одиницю площі. Правильне розміщення сходів сорго на площі є однією з найважливіших вимог для отримання високих і стабільних врожаїв [90–95].

Оскільки сорго є дуже пластичною культурою, на різних ділянках і в різних комбінаціях можна досягти значно вищих врожаїв зерна і зеленої маси. При вирощуванні невеликої кількості рослин на одиниці площі сорго може інтенсивно переростати, формуючи великі зерна і, таким чином, даючи хороші врожаї. При густому посіві обробіток ґрунту різко послаблюється, а вага насіння з волоті зменшується, але врожайність не знижується, оскільки на одиниці площі утворюється більше продуктивних волотей. Таким чином, рекомендовані способи сівби та густина стояння рослин широко варіюються [96–100], виходячи з реакції сорго на зміну розміру та форми посівної площі.

Однак в умовах недостатнього зволоження важливого значення набуває кількість рослин на одиниці площі та їх рівномірність [101]. Крім того, розташування рослин на площі поля по-різному впливає на мікроклімат рослин, хвороби, шкідників та забур'яненість [102; 103].

Розміщення невеликої кількості культур на квадратному метрі площі сприяє інтенсивному обробітку ґрунту, але при вирощуванні культур в умовах густоти посівів обробіток ґрунту значно послаблюється або навіть відсутній [104-107]. При цьому низька освітленість у густих посівах погіршує азотний обмін і зменшує кількість накопиченої рослинами сухої речовини [108].

Вирощування сорго з міжряддями від 15 до 30 см дає хорошу якість кінцевого продукту, але цей варіант поступається за продуктивністю, порівняно з широкорядними посівами. Так, під час збирання врожаю запаси вологи в 1 м шарі ґрунту між 15 і 30 см міжряддями нижчі, порівняно з міжряддями 45 см [109].

Дослідники вказують на те, що широкорядний спосіб сівби є найбільш ефективним для вирощування сорго в посушливий період вегетації і навпаки за оптимальних умов [110-112].

Найбільш поширеним способом сівби сорго в південних областях України та Автономній Республіці Крим є широкорядний посів з міжряддям 70 см [113-115]. Однак деякі дослідження показали, що вищі врожаї насіння і зеленої маси сорго можна отримати за ширини міжрядь 60 см і особливо 45 см. Це пов'язано з тим, що рослини з міжряддями 45 см забезпечують більш рівномірний розподіл рослин на одній і тій же площі рядка.

Сорт Степовий 5 в Одеській області дав найвищу врожайність при ширині міжрядь 60-70 см і густоті рослин 120 шт./га, Єфремівське 2 при ширині міжрядь 45-60 см і густоті рослин 160 шт./га і Горизонт при ширині міжрядь 45 см і густоті рослин 200 шт./га. На цих ділянках було отримано найвищі врожаї [113].

В умовах правобережної частини Лісостепу України найефективнішим виявилось експериментальне вирощування сорго зернового на чистих від бур'янів ґрунтах з міжряддями 15 см, тоді як на забур'яненних ґрунтах кращим виявився варіант з п'ятьма рослинами на метр погонний рядка [116; 117].

Підбір оптимальної ширини міжрядь і густоти рослин слід здійснювати по-різному, враховуючи біологічні потреби культури. У будь-якому випадку,

більшість гібридів і сортів сорго мають значно нижчу врожайність, ніж широкорядні культури при вирощуванні в рядках з міжряддями 15 см.

За твердженням науковців Каленської С.М., Найденко В.М. [118] відмічено, що різні гібриди сорго зернового, які були вирощені за різних ширин міжрядь, дозволило виявити їх біологічні особливості щодо формування врожаю зерна. Наприклад, гібрид Лан 59 забезпечив найвищу урожайність, за ширини міжрядь 50 см – 5,40 т/га, але за ширини міжрядь 70 см урожайність скоротилася до 0,45 т/га, порівняно з міжряддям 35 см. Гібрид Брігто F1, за ширини міжрядь 35 см показав урожайність на рівні 7,78 т/га, за ширини 50 см – 8,48 т/га, а за ширини міжряддя 70 см – 7,93 т/га. Це означає, що рослини цього гібриду, за вищої ширини міжрядь, знижували рівень урожайності, але не інтенсивніше, як на варіанті з гібридом 'Лан 59'.

У степових регіонах України оптимальна густина посіву сорго становить 140000-160000 схожих насінин на гектар. У південній та східній частинах степу густоту рослин знижують до 60-100 тис. насінин на гектар, а в дуже сприятливі роки - до 140 тис. насінин на гектар [119-121].

У посушливих умовах України найвища врожайність зерна сорту Степовий була досягнута за густоти рослин 118 тис./га, тоді як для сорту Генічеське оптимальною була густина до 140 тис./га [122].

Тому є необхідність підбору різних підходів до способу сівби залежно від ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування. А враховуючи дані досліджень інших науковців, це питання потребує додаткової експериментальної роботи з метою визначення оптимальної відстані між рослинами в рядку й міжрядді, як одного з ключових елементів технології вирощування, для отримання оптимальної продуктивності сортів й гібридів цієї культури в умовах лісостепової зони Правобережжя України.

Мінеральні добрива відіграють важливу роль у підвищенні продуктивності сорго зернового, оскільки вони забезпечують рослини необхідними макро- та мікроелементами, що сприяють росту, розвитку та формуванню врожаю. Застосування мінеральних добрив може покращити

якість та кількість зерна, забезпечуючи оптимальні умови для росту рослин.

Основні макроелементи, які входять до складу мінеральних добрив, включають азот (N), фосфор (P) та калій (K). Ці елементи допомагають рослинам сорго зернового розвиватися швидше, формувати більш міцні стебла та листки, а також сприяють кращому формуванню зерна. Мікроелементи відіграють важливу роль у рості, розвитку та продуктивності сорго зернового, оскільки вони забезпечують рослини необхідними мінералами для різних біохімічних процесів. Зокрема, мікроелементи, такі як магній (Mg), марганець (Mn), залізо (Fe) та цинк (Zn), впливають на фотосинтез, дихання, асиміляцію поживних речовин та інші життєво важливі процеси рослин [123, 124].

Дослідження показали, що мікроелементи мають значний вплив на ріст, розвиток та продуктивність сорго зернового (*Sorghum bicolor*). Наявність оптимальних рівнів мікроелементів у ґрунті та доступність їх для рослин є важливим фактором для забезпечення нормального фізіологічного функціонування сорго.

Один з найважливіших мікроелементів для сорго є залізо. Недостатня кількість цього елемента може призводити до виникнення хлорозу та зменшення урожайності сорго. Дослідження вказують на необхідність внесення заліза в ґрунт або його листового підживлення для підтримки нормального росту рослин та підвищення врожайності [125, 126].

Інший важливий мікроелемент, молібден, є необхідним для фіксації атмосферного азоту бактеріями-симбіонтами. Він сприяє формуванню азотфіксуючої активності в кореневих вузлах сорго, що сприяє підвищенню азотного забезпечення рослин та покращує їх продуктивність [127].

Також, цинк відіграє важливу роль у розвитку сорго зернового. Недостатність цього мікроелемента може спричинити зниження росту, погіршення функціонування фотосинтетичної системи та зниження врожайності сорго. Вивчення показало, що додаткове внесення цинку може сприяти підвищенню здатності сорго зернового до засвоєння і використання азоту та фосфору, що призводить до збільшення його урожайності [128, 129].

Магній (Mg) є центральним іоном у хлорофілі та активатором більш ніж 300 ферментів, які беруть участь у фотосинтезі, диханні та синтезі білків [130]. Марганець (Mn) відповідає за активацію ферментів, які беруть участь у фотосинтезі, а також сприяє утворенню хлорофілу [131].

Недостатність мікроелементів у ґрунті може призвести до порушення росту, розвитку та продуктивності сорго зернового. Застосування мікроелементів у вигляді хелатів або інших доступних форм може покращити стан рослин та забезпечити оптимальні умови для росту [132]. Однак, для досягнення оптимальних результатів необхідно враховувати специфіку конкретного ґрунту, кліматичні умови та сорти сорго.

Узагалі, належна доступність і баланс мікроелементів у ґрунті, таких як залізо, молібден, цинк, а також інших мікроелементів, є важливими факторами для забезпечення оптимального росту, розвитку та продуктивності сорго зернового. Додавання цих мікроелементів до ґрунту або їх підживлення рослин може сприяти підвищенню урожайності та поліпшенню якості сорго зернового.

Ріст, розвиток й продуктивність сорго зернового є невід'ємною частиною агроєкосистеми та становлять великий інтерес для дослідників. Дослідження, проведені в даній області, виявили, що мінеральні добрива мають значний вплив на ці аспекти. Застосування мінеральних добрив, таких як азот, фосфор, калій забезпечує підтримку зростання рослин, їхній розвиток та покращення продуктивності.

Використання мінеральних добрив у правильних пропорціях та дозах може забезпечити оптимальне співвідношення макро- та мікроелементів, що сприятиме підвищенню продуктивності сорго зернового. Однак надмірне використання мінеральних добрив може призвести до негативних наслідків, таких як забруднення навколишнього середовища, зниження якості ґрунту та накопичення шкідливих речовин у рослинах.

Для досягнення оптимальної продуктивності сорго зернового рекомендується використовувати інтегрований підхід до живлення рослин,

який поєднує використання мінеральних добрив з органічними добривами та біологічними методами. Такий підхід допоможе забезпечити оптимальне співвідношення поживних речовин, покращити структуру та родючість ґрунту, а також забезпечити сталий розвиток агроєкосистеми.

Згідно з дослідженнями, комбіноване застосування мінеральних та органічних добрив призводить до більшої продуктивності та агроєкологічної ефективності, порівняно з їх окремим застосуванням, особливо коли використовується більше 100 кг N на гектар із якісною органічною речовиною [133]. Високоєфективні органічні добрива можуть збільшити урожайність сільськогосподарських культур без зниження якості ґрунту, що робить їх застосування засобом підтримки тривалої продовольчої безпеки та збереження навколишнього середовища [134].

Застосування органічних добрив, таких як компост або зелений компост, може сприяти підвищенню урожайності зернового сорго від 2,7 до 3,5 т/га (29,6% збільшення) [135] та на 10-20% за умови їх правильного застосування та інтеграції з мінеральними добривами [136]. Органічні добрива поліпшують структуру ґрунту та збільшують його вологозберігаючу здатність [137, 138] й можуть забезпечити значне зростання урожайності сорго за умови їх правильного застосування та інтеграції з мінеральними добривами [136].

Застосування комплексних мінеральних добрив у комбінації з органічними добривами може підвищити урожайність сорго на 20-25% [139], а також на 15-20% в умовах стресу через посуху [140] та на 10-15% в умовах низької вологості ґрунту [141]. Урожайність сорго може збільшитися на 12-15% при застосуванні мінеральних добрив з азотом, фосфором та калієм у правильних пропорціях [142].

Застосування мінеральних добрив у комбінації з органічними добривами може забезпечити стабільні та високі урожаї сорго, навіть у зоні ризику від посухи [143], а також забезпечити збільшення урожайності сорго на 20-30% в умовах оптимального вологозабезпечення [144].

Вплив органічних та мінеральних добрив на урожайність та якісні

показники зерна сорго зернового активно вивчається українськими науковцями. Зокрема, дослідження, проведене Кулішенко О. М. та співавторами (2015) [145] показало, що застосування органічних та мінеральних добрив сприяє збільшенню урожайності сорго зернового, а також покращенню якісних показників зерна.

За результатами дослідження Мельник О. А. та ін. (2017) виявлено, що застосування різних добрив покращує вміст протеїну, амінокислот та мінеральних речовин у зерні сорго [146].

Дослідження, проведені багатьма вченими, показали, що неорганічні добрива є одним з найефективніших способів отримання високих врожаїв, вносячи 30-60% від інших факторів та елементів технології вирощування сільськогосподарських культур у загальну продуктивність [113, 147].

Хоча сорго має відносно низькі вимоги до родючості ґрунту і здатності витягувати поживні речовини, воно чутливе до використання органічних і неорганічних добрив. Зрештою, для виробництва 1 т насіння з ґрунту виноситься 17-36 кг азоту, 4,5-9,5 кг P_2O_5 і 18-26 кг K_2O , що зумовлює досить високу загальну потребу в основних поживних речовинах [148-150].

За даними Климовича П. В., на добрива припадає до 37-42 % приросту урожайності сорго [151]. Водночас, у регіонах вирощування сорго зернового, ґрунт може забезпечити надходження лише 45-55 % необхідних поживних речовин, а решту необхідно вносити з різними добривами [152, 153].

Попередні дослідження висвітлили хибну думку про те, що сорго має потужну кореневу систему з високим рівнем поглинання, яка дозволяє йому отримувати необхідні поживні речовини з ґрунту і не потребує внесення мінеральних добрив. Однак найвищі врожаї сорго дає лише за умови внесення достатньої кількості мінеральних добрив [154, 155], що особливо важливо при вирощуванні в посушливих ґрунтах [156, 157].

Багаторічні дослідження, проведені в різних регіонах світу, показали високу реакцію сорго на застосування органічних і неорганічних добрив [158, 159]. Як наслідок, кількість і співвідношення поживних речовин у рослинах

сильно варіюють у різних ґрунтах і кліматичних зонах [160, 161].

Динаміка потреб сорго в поживних речовинах протягом вегетаційного періоду суттєво відрізняється, причому значне споживання азоту припадає на період інтенсивного надземного росту, а потреби у фосфорі та калії зростають під час формування кореневої системи та репродуктивних органів [162-164].

Ріст і розвиток рослин сорго залежать від складу і доз мінеральних добрив, водозабезпечення та суми ефективних температур. Дія фосфорно-калійного добрива скорочує період росту сорго на 6 днів, тоді як азотне добриво, внесене разом з фосфорним і фосфорно-калійним, зменшує швидкість росту рослин і збільшує інтенсивність росту. Внесення азотних добрив затримувало появу волоті, цвітіння і дозрівання зерна на 2-3 дні порівняно з неудобреними ділянками [165, 166].

Азот є найважливішим елементом живлення для сорго, який сприяє інтенсивному росту рослин, збільшує площу листової поверхні та загальний ріст рослин сорго [167]. Однак внесення надмірної кількості азоту не має суттєвого впливу на формування зернової маси рослин сорго і може призвести до погіршення посухостійкості, збільшення тривалості вегетаційного періоду, надмірного посилення кущіння та гілкування, накопичення нітратних і нітритних форм азоту в організмі рослин [168, 169].

Найактивніше засвоєння азоту відбувається під час інтенсивного росту та формування репродуктивних органів, особливо за 10-15 днів до появи волоті та через 10-15 днів після цвітіння [170].

Фосфор також відіграє важливу роль у підтримці життя рослин. У чорноземних і каштанових ґрунтах на півдні України вміст легкозасвоюваного фосфору під час вегетації сорго становить 8-12 мг/100 г і 240-360 кг/га відповідно. Якщо 7,5% легкорухомої форми фосфору утилізується ґрунтом, рослини сорго можуть засвоїти 18-27 кг/га, тобто близько 65% від кількості, необхідної для досягнення врожайності 5,0 т/га. Тому кількість фосфору, що вноситься під сорго, зазвичай в 1,5-2 рази перевищує кількість азоту: 45-60 кг/га на богарі та 90-100 кг/га на зрошенні. Фосфор впливає на гідроліз

крохмалю і таким чином сприяє проростанню насіння. Тому доцільно вносити частину (10-15 кг/га) загального фосфору локально при посіві [171].

Активне поглинання фосфору кореневою системою сорго починається через кілька днів після початку росту рослин [172], але загалом воно потребує менше фосфору, ніж азоту. Фосфор впливає на гідроліз крохмалю та сприяє проростанню насіння і росту рослин [146; 173].

У проведених дослідях приріст врожаю зерна за рахунок застосування фосфорних добрив становила 0,6 т/га. Збільшення кількості фосфору в повному мінеральному добриві з 30 кг/га до 90 кг/га призвело до збільшення врожайності лише на 0,2 т/га [174].

На початку вегетації фосфор є недоступний для рослин, оскільки він в ґрунті малорухливий. З іншого боку, в період виходу волоті рослини засвоюють близько 50% його загальної кількості, але формують за цей період лише 30-32% сухої органічної біомаси, що підтверджується дослідженнями науковців Калашник Н.С. та інші [175]. Таким чином, за недостатнього фосфорного живлення на фоні високого азотного, рослини накопичують надлишкову рослинну масу, подовжується період росту і затримується дозрівання [176].

Дослідження Reddy et al. (2018) показали, що внесення азоту і фосфору сприяло покращенню росту, врожайності й якості зерна сорго зернового [177].

Поєднання азотних і фосфорних добрив покращує якість зерна та зеленої маси сорго, підвищує вміст білка, жиру, фосфору та загальних цукрів [178]. Прибавки врожайності на 0,24 т/га і 0,51 т/га (K_{90}) можна досягти при використанні лише фосфорних і калійних добрив ($P_{90}K_{90}$) [179].

Калій впливає на накопичення крохмалю та цукрів у насінні сорго [180].

Вміст калію в культурі залежить від біологічних особливостей і сорту культури, ґрунтово-кліматичних умов і норм внесення добрив [181].

Сорго поглинає калій відносно рівномірно протягом усього вегетаційного періоду [182]. Калій локалізується в точці росту і має позитивний вплив на накопичення крохмалю та цукру. Оптимальне калійне

живлення також збільшує утримання води в клітинах рослин і робить їх більш стійкими до посухи [183-184].

Додатково, Pandey та Rai (2016) виявили, що калійні добрива мають позитивний вплив на врожайність сорго та можуть поліпшити стійкість рослин до стресових умов [185].

Важливим питанням є не лише підбір відсоткового співвідношення основних елементів живлення для задоволення потреб сорго, а й вибір правильного способу надходження поживних речовин до рослини [186-190].

Сорго добре реагує на використання органічних добрив або в поєднанні з неорганічними добривами. Дослідження показали, що внесення добрив від 10 до 20 т/га під час зяблевого обробітку ґрунту та весняної сівби, поза посівом, може підвищити врожайність насіння сорго на 0,4-1,0 т/га в окремі роки. Загалом, добрива не лише підвищують врожайність, але й покращують якість продукції (вміст білка, жиру, а також суху речовину та кормові одиниці) [191].

У посушливих районах всю норму мінеральних добрив вносять під час зяблевої оранки, але добрива можна вносити й при передпосівній оранці за умови достатньої вологості ґрунту навесні [192]. Слід мати на увазі, що внесення добрив навесні є менш ефективним, оскільки верхній шар ґрунту швидко висихає і коренева система рослин не може використовувати добрива [193].

В умовах середньосуглинкових ґрунтів найвища врожайність зерна була досягнута на ділянках, де добрива були повністю внесені восени під зяблеву оранку - 4,9 т/га, тоді як на контролі вона становила 4,2 т/га [190].

Прогнозована врожайність сорго на рівні 5,0 т/га була забезпечена при внесенні азотних добрив понад 150 кг д.р./га та передполивному пороговому вмісті N в орному шарі ґрунту 70%, тоді як збільшення азоту та вологості ґрунту понад 70% N не сприяло підвищенню врожайності зерна. Так, у Скадовському та Білозерському районах Херсонської області врожайність зерна становила 4,5 т/га в незрошуваних умовах при внесенні $N_{45}P_{45}K_{45}$ і

значно зростає в 1,8 рази до 8,0 т/га при зрошенні [194].

За даними Макарова Л. Х. [195] всі сорти значно збільшили врожайність зерна при внесенні NPK 45 і 90 кг/га. При подальшому збільшенні добрив до 135 кг/га лише інтенсивні сорти показали значне збільшення врожайності. Наприклад, гібриди Степовий 5, Обрій та Хазіне 4. Застосування добрива $N_{60}P_{60}K_{30}$ збільшило вегетативну частину рослин сорго на 19,3% за період обробітку ґрунту порівняно з контролем, що призвело до збільшення врожайності в трубках на 26,1%, викиду волоті на 24,8% та визрівання зерна на 23,7% [195].

Внесення неорганічних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{30}$ збільшує асиміляційну поверхню та вміст хлорофілу в листках [196]. Однак, за даними інших вчених, оптимальною дозою внесення мінеральних добрив є $N_{180}P_{90}$, що сприяє значному підвищенню продуктивності фотосинтезу [197].

Найвища врожайність - 74,6 т/га - у сорго гібриду Медовий була досягнута при внесенні азотних добрив N_{45} при посіві та N_{45} в наступні рядки на фоні внесення $P_{60}K_{60}$ під глибокий обробіток ґрунту [198].

Збільшення норм азоту та фосфору до 90 кг/га незначно підвищує врожайність, тому на південному сході України рекомендується застосовувати мінеральне живлення на рівні $N_{60}P_{60}K_{30}$ для кормових та зернових культур [199].

Інші дослідники дійшли висновку, що в умовах нестійкого зволоження України оптимальною нормою неорганічних добрив є $N_{60-90}P_{60}K_{30}$ [169, 200]. Однак результати інших досліджень свідчать, що за використання азотних добрив N_{30-60} можна досягти середньої врожайності зерна на рівні 5,59-5,81 т/га [201, 202].

1.3. Ріст та розвиток сорго зернового за застосування позакореневого удобрення

Біологічно активні речовини - це хімічні сполуки, які в невеликих кількостях можуть змінювати метаболізм та його швидкість і впливати на фізіологічний стан сільськогосподарських культур. Серед них можна виділити ферменти, біостимулятори, феромони, гормони, вітаміни та інші речовини [203].

Рослинні гормони, виробляються самими рослинами, є ендогенними речовинами, які відіграють важливу роль у контролі росту рослин. Основними групами рослинних гормонів є цитокініни, етилен, ауксини, гібереліни, брасиностероїди та абсцизова кислота [204].

Сучасні дослідження показують, що існує широкий спектр синтетичних аналогів природних сполук, які мають високу фізіологічну ефективність. Ці синтетичні регулятори росту подібні до ендогенних гормонів рослин і, зазвичай, спрямовані на зміну гормонального статусу рослин. Вони не токсичні в рекомендованих концентраціях. Крім того, існує також багато мікродобрив, як в поєднанні з регуляторами росту можуть використовуватися як джерело живлення для рослин [205-207].

Застосування регуляторів росту в період активного росту та розвитку рослин спрямоване на регулювання процесів поглинання мінеральних речовин, води, накопичення речовин та оптимізації фотосинтетичних процесів. Дослідження показують, що оптимальні темпи фотосинтезу спостерігаються лише тоді, коли концентрація поживних речовин і води дозволяє протікати всім важливим метаболічним процесам. Низька концентрація або відсутність однієї чи кількох поживних речовин, як правило, призводить до значного зниження інтенсивності фотосинтезу та дихання [208].

Багато органічних кислот, які є факторами росту, в низьких концентраціях стимулюють і активують стійкість рослин до патогенів. Ці фактори росту діють на весь організм рослини, не маючи специфічного місця

впливу. Багато стимуляторів росту, які мають антистресові властивості, сприяють збільшенню стійкості рослин до біотичних та абіотичних факторів, таких як посуха, заморозки, висока температура і т.д., крім своєї рістстимулюючої активності [209, 210].

До групи синтетичних рослинних гормонів зі стимулюючою активністю входять аналоги ауксинів, такі як масляна та оцтова кислоти, натрієві солі гіберелінової кислоти - аналоги гібереліну, аналоги цитокінінів та аналоги брасиностероїдів [211, 212].

До групи ростових стимуляторів, які чинять інгібуючий ефект, входять речовини, такі як триметиламонія, хлормекватхлорид, хлорид - N, трінексапак - етил, 2-хлоретил-фосфонова кислота, гідразин, N-диметил-N (2-хлоретил) та інші [213].

Іншу групу регуляторів росту представляють продукти життєдіяльності мікроорганізмів, таких як *Pseudomonas aureofaciens*, *Cylindrocarpum magnusianum*, *Acremonium lichenicola* та *Pseudoonas fluorescens*. Ці препарати можна вважати комбінованими, оскільки вони можуть містити декілька стимуляторів росту, що є продуктами життєдіяльності мікроорганізмів [214].

Використання широкого спектру стимуляторів росту на рослинах дозволяє зменшити використання засобів захисту від інфекцій. Завдяки імуностимулюючим властивостям деяких препаратів, їх поєднання з фунгіцидами може знизити споживання фунгіцидів на 22-28 %. Це спонукає до більш екологічно чистого, безпечного та економічно вигідного ведення сільського господарства [215, 216].

Однією з нових тенденцій є використання біоречовин (біопестицидів), включаючи стимулятори росту. Особливістю стимуляторів росту є те, що вони не перешкоджають поділу клітин, тоді як токсичність класичних пестицидів навпаки впливає на цей процес у рослині. Оскільки сучасні препарати, такі як гербіциди, працюють шляхом блокування певних шляхів передачі та синтезу енергії в рослинних клітинах, пестициди не можуть вважатися екологічно безпечними продуктами, а їх використання стає шкідливим для людини [217].

Рістрегулюючі речовини, більшість з яких є біологічно активними сполуками, виявляються більш екологічно безпечними, ніж хімічні сполуки, які не існують у рослинному світі. Одна з особливостей цих факторів полягає у швидкому розщепленні поза рослинним організмом, що унеможлиблює їх накопичення в ґрунті. Крім того, препарати, що містять мікроорганізми або виділені речовини з мікроорганізмів, не синтезуються шляхом хімічного виготовлення, а вилучаються з наявних природних сполук [218].

Використання хімічного захисту рослин пестицидами часто є екологічно безпечним. Окрім того, пестициди не застосовуються при вирощуванні екологічно чистої продукції в охоронних зонах водойм або рекреаційних об'єктів. Використання стимуляторів росту з високою інсектицидною активністю знижує не лише витрати на пестициди, а й стресовий вплив абіотичних факторів на рослини [219-220].

Активізація фізіологічних процесів росту і розвитку рослин за допомогою стимуляторів росту має на меті, переважно, компенсувати дефіцит відповідних рослинних гормонів у рослинах. Особливістю сучасних регуляторів росту є їхній внесок у подолання тривалого впливу високих температур, недостатньої вологості та обмеженого освітлення. Фактично, вони стимулюють не лише процеси росту, а й комбіновану стійкість рослин [221-222].

За даними сучасних досліджень, більшість біологічних препаратів забезпечують значний рівень продуктивності рослин лише за умов оптимального забезпечення водою, в той час, коли при екстремальних умовах їх дія стає менш ефективною або повністю зникає. Зазначене підтверджується аналізом результатів досліджень вчених, таких як Писаренко В. М., Домарацький Є. О., Brendel, O., Seleiman, M. F., та ін., Kamini Gautam та ін. [223-227].

Цукрове сорго проявляє значну пластичність та високу стійкість до посухи та нестачі ґрунтової вологи, що є поширеним явищем не лише в Степовій, а й у Лісостеповій зоні України. В таких умовах сорго має перевагу

над іншими культурами, оскільки проявляє високу пластичність і за наявності правильної технології завжди може забезпечувати стабільний врожай [228].

Розуміння ролі факторів росту та їхнього впливу на рослини можна розширити шляхом аналізу впливу біологічних факторів на проростання та життєдіяльність насіння сорго зернового. Застосування сучасних стимуляторів росту у сільському господарстві набуває все більшої популярності, тому вивчення їх дії в умовах нестачі поживних речовин є цікавим з наукової точки зору. Більшість досліджень стимуляторів росту, проведених іншими дослідниками, базувалися на моделях, які наближалися до ідеальних умов [229, 230].

Фактори росту позитивно впливають на фізіологічні процеси, що відбуваються в рослині під час вегетації сорго, нормалізуючи хімічний баланс, підвищуючи стійкість до патогенів та сприяючи поліпшенню якості та кількості продукції [231, 232].

Сорго, як і багато інших культур, потребує достатнього запасу ґрунтової вологи на початкових етапах росту в поверхневому шарі ґрунту. Одним із головних завдань є вибір відповідних стимуляторів росту, спрямованих на розвиток кореневої системи та ефективне використання води рослиною [233, 234].

Повільний і тривалий вегетативний ріст рослин упродовж перших 30-40 днів після сходів свідчить про значну важливість місцевості, чистоти ґрунту від бур'янів. Крім того, на ранніх стадіях росту сорго споживання води та поживних речовин є незначним. Тому в цей період рекомендується використовувати стимулятори росту разом з мікроелементними добривами, щоб забезпечити необхідні регулятори росту для стимулювання формування додаткового листя у сорго та використання науково обґрунтованих методів контролю бур'янів [235-237].

Висновки за розділом 1

1. За результатами аналізування й узагальнення результатів публікацій вітчизняних та зарубіжних учених виявлено, що в умовах нестійкого зволоження центральної частини Правобережного Лісостепу окремо досліджувалися питання щодо реакції занесених до Реєстру сортів рослин України гібридів сорго зернового на умови вирощування і підбір оптимального живлення рослин.

2. Загалом, культура сорго володіє хорошими господарсько-агрономічними характеристиками, але технологія його вирощування є недостатньо адаптованою до умов нестійкого зволоження центральної частини Правобережного Лісостепу України. Зокрема, відсутні дані щодо комплексного поєднання впливу регуляторів росту й мікродобрих на ріст, розвиток та урожайність досліджуваної культури.

3. За результатами аналізування літературних джерел є необхідність у проведенні додаткових експериментів щодо виявлення сумісного впливу регуляторів росту й мікродобрих у вирощуванні сорго зернового в умовах Правобережної частини Лісостепу задля отримання обґрунтованих рекомендацій, саме для цієї зони.

Розділ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтові умови проведення досліджень

Дослідження за тематикою наукової роботи проводилися в умовах дослідної ділянки Навчально-виробничого центру (НВЦ) Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ), яка розташована серед лісового масиву в районі Бузької середньої смуги Дніпра. Рельєф дослідного поля - злегка хвиляста рівнина, поверхня ґрунту дещо нахилена з півдня і південного заходу. Ґрунтові води залягають на глибині 57 м, й особливого впливу на водоспоживання рослин не мають.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом типовим вилугуваним, середньої глибини, низької вологості, грубопилуватолегкосуглинковим на карбонатному лесі. Верхній родючий шар ґрунту містить 49,9-58,3% грубого пилу, 30,6-34,4% природної глини, 18,7-24,2% мулу і 9,9-19,4% піску.

За агрохімічними властивостями ґрунт містить 3,5 % гумусу (визначеного за методиками Тюріна та Кононової), 90-120 мг/кг легкогідролізованого азоту (визначеного за методикою Корнфілда) та 130-160 й 120-130 мг/кг рухомого фосфору і калію відповідно (визначених за методикою Чирікова). Нітрифікаційна здатність ґрунту є середньою й складає 2-3,5 мг/100 г абсолютно сухого ґрунту; загальний коефіцієнт використання сполук P_2O_5 і K_2O є середнім й становить 0,06 % і 1,44 % відповідно.

Глибина гумусових горизонтів знаходиться у межах 50-60 см, тоді як карбонати кальцію і магнію присутні на глибині 50-65 см. Гідролітичну кислотність ґрунту визначали за методикою Капена, яка становила 1,5-1,8 мг-екв/100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину була майже нейтральною, рН_{KL} 6,5-6,9. Ємність поглинання ґрунту становить 25-28 мг-екв/100 г. З обмінних катіонів переважає кальцій, вміст якого

становить 16,5-22,1 мг-екв. на 100 г ґрунту. Вміст магнію становить лише 2,4-4,01 мг-екв/100 г ґрунту.

Отже, в цілому ґрунтовий покрив дослідної площі за агрохімічними властивостями та водно-фізичними показниками був придатним для вирощування сорго зернового.

2.2. Агрокліматичні умови проведення досліджень

Клімат місцевості - помірно-континентальний. Так, згідно даних метеорологічної станції (м. Біла Церква), середньорічна температура становить +7 °С, з відхиленням 5-8 °С залежно від року. Максимальні температурні значення влітку досягають 35-37 °С, а мінімальні – -22°С. Протягом вегетаційного періоду сорго зернове перебуває під впливом переважно сприятливих для росту і розвитку рослин умов. Вегетаційний період триває 90-115 діб, при цьому температура вище +10 °С перебуває в діапазоні значень 2610-2650 °С. Відносна вологість повітря в середньому становить 77% на рік, знижуючись до 50% влітку і підвищуючись до 85% взимку.

Рослини сорго зернового можуть пошкоджуватися весняними та осінніми заморозками. Весняні заморозки трапляються приблизно 26-28 квітня, а перші осінні – 6-7 жовтня. Як наслідок, безморозний період коливається від 137 до 198 днів, при середньому багаторічному значенні близько 160 днів.

Середньорічна кількість опадів у регіоні становить 498 мм, й може коливатися від 330 мм до 820 мм залежно від року. Умови зволоження в регіоні нестабільні протягом вегетації рослин сорго зернового. Кількість опадів за період, коли температура перевищує +10 °С, в середньому становить 298 мм. Кількість опадів, що випадає є нерівномірною протягом року, більше їх влітку при вологих північно-західних вітрах і менше – взимку. Навесні кількість

опадів сягає 127 мм, а влітку - 191 мм. Восени кількість опадів сягає приблизно 110 мм.

Протягом першої декади квітня 2019 року, спостерігалась тепла і суха погода. Середня декадна температура повітря була на 2,6 °С вище від середньобагаторічної, проте порівняно з аналогічною декадою минулого року нижча на 0,7 °С. Опадів за декаду не було. Запаси продуктивної вологи в ґрунті знизились (таблиця 2.1).

У другій декаді квітня спостерігалась прохолодна з опадами погода. Середня температура повітря за декаду на 0,5 °С була нижчою від багаторічної, та на 7,3 °С нижчою порівняно з аналогічним минулорічним періодом. Опадів за декаду випало 14,2 мм, що склало 82 % норми. Запаси продуктивної вологи в ґрунті достатні.

Третя декада квітня характеризувалася теплою й сухою погодою. Середньодекадне значення температури повітря було на 2,8 °С вище від багаторічного показника, проте на 2,5 °С нижче, порівняно з аналогічною декадою минулого року. У кінці декади випало 31,3 мм опадів, що складало 194 % норми. Запаси продуктивної вологи у верхньому шарі ґрунту зросли на 28 %.

Перша декада травня 2019 р., характеризувалися прохолодною та вологою погодою. Середня температура за 10 днів була на 1,2 °С нижчою за середню багаторічну і на 8,3 °С нижчою за аналогічний 10-денний період минулого 2018 року. Опадів випало 26,7 мм, що становить 169 % від норми. Склалися задовільні умови для росту й розвитку сільськогосподарських культур.

Друга декада травня була з теплою та дощовою погодою. Середня декадна температура повітря була на 3,0 °С вище багаторічної норми, що на 2,4° вище, порівняно з аналогічним періодом 2018 року. Опадів за декаду випало 15,3 мм, що складало 125% норми. Запаси продуктивної вологи в ґрунті є доволі добрі. Період третьої декади травня був теплішим, але з меншою кількістю опадів; середня температура за 10 днів була на 3,5 °С

вищою за середню багаторічну і на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ вищою за відповідну декаду минулого року; середня кількість опадів за 10 днів склала $12,0\text{ мм}$, що становить 67% від норми (таблиця 2.1).

Червень характеризувався періодами з помірними та високими температурами повітря. Протягом I декади червня спостерігалась тепла з опадами погода. Середня температура повітря за декаду була на $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище багаторічної. Опадів за декаду випало $35,3\text{ мм}$, що становило 152% норми. У другій декаді спостерігалась жарка без опадів погода. Середня декадна температура повітря була на рівні $23,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Третя декада червня була жаркою, середня температура повітря – $21,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Опадів за декаду випало $43,9\text{ мм}$, що складає 191% від норми.

Липень був помірно теплим і вологим. Середньомісячна температура склала $19,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, максимальна температура – $32,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а мінімальна – $9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сумарна кількість опадів, що випала за місяць становила $41,2\text{ мм}$. Відносна вологість повітря зафіксована на рівні 68% .

Серпень характеризувався помірно жаркими і майже бездошовими періодами. Так, у першій декаді спостерігалась помірно тепла зі зливовими опадами погода. Середня декадна температура повітря на $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ нижче від багаторічної норми. Сума опадів за декаду склала $16,0\text{ мм}$. У II декаді середньомісячна температура повітря була на рівні $20,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, що на $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище багаторічного показника. Опадів випало $1,1\text{ мм}$, що складає 4% норми. Третя декада була жаркою й посушливою. Середня декадна температура була на $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище від багаторічної, й склала $21,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Опадів не спостерігалось. Ґрунтові запаси продуктивної вологи були низькими.

Вересень 2019 року був мінливим за погодними елементами. Середня температура повітря за місяць була на рівні $15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, максимальна – $31,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а мінімальна – $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Середнє значення відносної вологості повітря було у межах 62% . Опадів за місяць випало всього $19,2\text{ мм}$ (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

**Агрокліматичні умови (у період вегетації) 2019 року
(за даними Білоцерківської метеостанції)**

| Місяць | Декада | Температура повітря, °С | | | Середнє значення відносної вологості повітря, % | Опади, мм |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------|-------------|---|-----------|
| | | середня | максимальна | мінімальна | | |
| IV Квітень | I | 9,6 | 21,4 | -4,9 | 44 | 0,0 |
| | II | 7,3 | 15,5 | -1,0 | 77 | 14,2 |
| | III | 13,2 | 22,3 | 1,5 | 55 | 31,1 |
| | Середнє значення | 10,0 | 22,3 | -4,9 | 59 | 45,5 |
| V Травень | I | 12,1 | 21,9 | 6,1 | 81 | 26,7 |
| | II | 18,3 | 27,0 | 8,0 | 69 | 15,3 |
| | III | 19,3 | 26,9 | 11,5 | 71 | 12,0 |
| | Середнє значення | 16,7 | 27,0 | 6,1 | 73 | 54,0 |
| VI Червень | I | 21,1 | 29,2 | 14,1 | 77 | 35,3 |
| | II | 23,6 | 31,0 | 15,8 | 71 | 0,0 |
| | III | 21,4 | 32,9 | 10,2 | 67 | 43,9 |
| | Середнє значення | 22,0 | 32,9 | 10,2 | 72 | 79,2 |
| VII Липень | I | 19,0 | 32,4 | 10,1 | 65 | 12,1 |
| | II | 17,2 | 28,4 | 9,6 | 72 | 2,8 |
| | III | 21,7 | 31,4 | 13,5 | 68 | 26,3 |
| | Середнє значення | 19,4 | 32,4 | 9,6 | 68 | 41,2 |
| VIII Серпень | I | 18,7 | 31,4 | 8,8 | 68 | 16,0 |
| | II | 20,7 | 35,2 | 10,5 | 68 | 1,1 |
| | III | 21,0 | 32,0 | 9,5 | 57 | 0,0 |
| | Середнє значення | 20,2 | 35,2 | 8,8 | 64 | 17,1 |
| IX Вересень | I | 19,3 | 31,4 | 7,4 | 59 | 0,0 |
| | II | 15,1 | 29,0 | 3,5 | 54 | 0,7 |
| | III | 11,5 | 21,1 | -2,5 | 74 | 18,5 |
| | Середнє значення | 15,3 | 31,4 | -2,5 | 62 | 19,2 |

Агрокліматичні умови вегетаційного періоду 2020 року характеризувалися значною мінливістю за метеоелементами.

Квітень був посушливим з незначними коливаннями температури повітря. У першій його декаді спостерігалась помірна тепла бездощова погода.

Середньодекадне значення температури повітря на 0,9 °С було вище багаторічної норми. Опадів за декаду не випало. Запаси продуктивної вологи в ґрунті дуже низькі (таблиця 2.2).

Протягом другої декади квітня спостерігалась суха, з частими заморозками та сильними вітрами погода. Середня температура повітря декади була на 0,2 °С вище середньобагаторічного значення, а порівняно з аналогічним періодом 2019 року – вище на 0,7 °С. Опадів за декаду випало 5,5 мм, що складало 35% норми.

У третій декаді, спостерігалась тепла з невеликими опадами та сильними вітрами погодна обстановка. Середня декадна температура повітря на 1,3 °С вище багаторічного показника. Опадів за декаду випало 7,7 мм, що складає 50% від норми. Запаси продуктивної вологи в ґрунті залишаються низькими.

У I декаді травня 2020 року спостерігалась тепла з опадами погода. Середня температура за декаду була 12,8 °С, що на 0,5 °С нижче за багаторічний показник і на 0,7 °С вище за аналогічну декаду минулого 2019 р. Опадів за декаду випало 30,8 мм, що складає 194% від нормованого значення. Склалися сприятливі умови для росту й розвитку польових культур.

Протягом другої декади травня спостерігалась прохолодна з опадами погода. Середнє температурне значення склало 13,2 °С, що на 2,1 °С нижче багаторічної норми. Сума опадів за декаду становила 17,6 мм, що склало 150% від норми. Середнє значення відносної вологості повітря було на рівні 64%.

У третій декаді травня спостерігалась прохолодна з сильними опадами погода. Середній показник температури повітря за декаду становив 11,5 °С, що на 4,3 градуси Цельсія нижче від багаторічного значення. Кількість опадів, що випала була на рівні 53,4 мм, тобто 300% від середньобагаторічного нормованого показника (таблиця 2.2).

У червні 2020 р. спостерігалось чергування періодів з прохолодною, теплою й спекотною погодою. У першій декаді прохолодна й дощова погода змінилась на спекотну. Середнє значення температури повітря за 10-ти денний

строк склало 18,5 °С, що на 1,2 °С вище середньобагаторічної норми. Опадів за декаду випало 7,1 мм. Протягом другої декади спостерігалась тепла й дощова погода. Середньодекадна температура повітря на 5,8 °С була вищою середньої багаторічної, й порівняно з аналогічним періодом 2019 р. була нижчою на 0,4 °С. Опадів випало 50,4 мм. У третій декаді червня були теплі й сухі дні, середньодобова температура повітря склала 22,0 °С. Опадів за декаду випало всього 3,2 мм.

Липень 2020 року був жарким і вологим. Середньомісячна температура повітря була на рівні 20,6 °С, максимальну температуру зафіксовано на позначці 32,2 °С, а мінімальну – 9,5 °С. Кількість опадів, що випала за липень склала 79,2 мм, що на 38,0 мм вище за аналогічний місяць 2019 р. Середнє значення відносної вологості повітря становило на рівні 68%.

Протягом першої декади серпня спостерігалась жарка з невеликими опадами погода. Середньодекадна температура повітря на 0,5 °С вище від багаторічної. Опадів у цей період випало 7,4 мм. У другій декаді серпня середня місячна температура повітря склала 18,8 °С, що на 0,2 °С вище багаторічного значення. Опадів за декаду не спостерігалось. Запаси продуктивної вологи в ґрунті є дуже низькими. У III-й декаді серпня спостерігалась жарка з опадами погода. Середнє значення температури повітря за цей термін було 20,4 °С, що на 3,4 °С вище від багаторічної норми. Опадів за декаду випало 37,5 мм, що складало 200% від норми. Запаси продуктивної вологи в ґрунті після дощів збільшилися до задовільних.

Протягом першої декади вересня спостерігалась жарка з невеликими дощами погода. Опадів випало 2,7 мм. У II-й декаді середня температура повітря була 16,3 °С. Опадів не випадало. У третій декаді спостерігалась тепла, в кінці декади з опадами в погода. Середнє значення температури повітря було на рівні 15,5 °С, а кількість опадів, що випала – 24,0 мм (таблиця 2.2).

**Агрокліматичні умови (у період вегетації) 2020 року
(за даними Білоцерківської метеостанції)**

| Місяць | Декада | Температура повітря, °С | | | Середнє значення відносної вологості повітря, % | Опади, мм |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------|-------------|---|-----------|
| | | середня | максимальна | мінімальна | | |
| IV Квітень | I | 7,9 | 22,5 | -5,5 | 40 | 0,0 |
| | II | 8,0 | 21,4 | -4,1 | 47 | 5,5 |
| | III | 11,7 | 24,9 | 0,5 | 48 | 7,7 |
| | Середнє значення | 9,2 | 24,9 | -5,5 | 45 | 13,2 |
| V Травень | I | 12,8 | 22,5 | 3,5 | 77 | 30,8 |
| | II | 13,2 | 28,1 | 0,7 | 64 | 17,6 |
| | III | 11,5 | 17,4 | 3,2 | 77 | 53,9 |
| | Середнє значення | 12,5 | 28,1 | 0,7 | 73 | 102,3 |
| VI Червень | I | 18,5 | 32,5 | 5,3 | 66 | 7,1 |
| | II | 23,2 | 33,7 | 16,1 | 70 | 50,4 |
| | III | 22,0 | 30,2 | 12,9 | 71 | 3,2 |
| | Середнє значення | 21,2 | 33,7 | 5,3 | 69 | 60,7 |
| VII Липень | I | 21,3 | 31,4 | 10,5 | 69 | 36,6 |
| | II | 19,8 | 30,9 | 10,3 | 65 | 6,3 |
| | III | 20,8 | 32,2 | 9,5 | 70 | 36,3 |
| | Середнє значення | 20,6 | 32,2 | 9,5 | 68 | 79,2 |
| VIII Серпень | I | 20,2 | 31,9 | 8,3 | 65 | 7,4 |
| | II | 18,8 | 32,9 | 4,6 | 62 | 0,0 |
| | III | 20,4 | 32,5 | 9,5 | 68 | 37,5 |
| | Середнє значення | 19,8 | 32,9 | 4,6 | 65 | 44,9 |
| IX Вересень | I | 20,2 | 33,9 | 11,2 | 64 | 2,7 |
| | II | 16,3 | 30,4 | 4,2 | 63 | 0,0 |
| | III | 15,5 | 27,4 | 2,0 | 64 | 24,0 |
| | Середнє значення | 17,3 | 33,9 | 2,0 | 64 | 26,7 |

Погодні умови періоду вегетації 2021 року були мінливими як за температурою повітря, так і за кількістю опадів, що випадали.

Квітень був прохолодним за температурними значеннями з незначною кількістю опадів. Протягом першої декади спостерігалась прохолодна з невеликими опадами погода. Середня декадна температура повітря була на

1.1 °С нижче від багаторічного показника й склала 5,9 °С. Опадів за декаду випало 8,6 мм, що становило 64 %. Запаси продуктивної вологи в ґрунті достатні. Проводились роботи по підготовці ґрунту до сівби (таблиця 2.3).

У II-й декаді була прохолодна з невеликими опадами погода. Середньодекадна температура повітря була на 0,3 °С вище середньобагаторічного значення, й порівняно з аналогічним періодом 2020 р. – вище на 0,1 °С. Кількість опадів, що випало становила 13,5 мм, що складало 82% від норми.

Третя декада теж була прохолодною. Середнє значення температури повітря за декаду склало 8,3 °С. Опадів випало 6,8 мм, що склало 44% норми. Запаси продуктивної ґрунтової вологи достатні. Відносна вологість повітря становила 65%.

Травень 2021 року був прохолодним і дощовим. Протягом першої декади травня спостерігалась прохолодна з опадами погода. Середня температура за 10 днів склала 12,0 °С, що на 1,9 °С нижче за багаторічне значення і на 0,8 °С нижче за аналогічний період 2020 року. Кількість опадів, що випало 24,9 мм.

У другій декаді теж була прохолодна й дощова погода. Середня декадна температура повітря на 1,0 °С нижче багаторічної, а порівняно з аналогічною декадою 2020 р. вище на 1,3 °С. Опадів за декаду випало 26,5 мм, що складало 150 % норми.

Протягом III декади спостерігалась прохолодна з сильними опадами погода. Середній температурний градієнт за декаду склав 15,4 °С, що на 1,3 °С нижче від середнього багаторічного показника. Опадів за декаду випало 47,9 мм, що складає 229% (таблиця 2.3).

Червень 2021 року був мінливим погодними елементами. Перша декада характеризувалась прохолодною з опадами погодою. Середній показник температури повітря за декаду був на рівні 16,1 °С, що на 1,9 °С нижче середньої багаторічної норми. Опадів випало 6,3 мм, що склало 30% норми. Рівень відносної вологості повітря був у межах 71%. Протягом II-ї декади

спостерігалась тепла з опадами погода. Середня декадна температура повітря була на $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ вищою середньобагаторічної. Опадів випало $28,3\text{ мм}$. Запаси продуктивної вологи в ґрунті достатні. Протягом декади проводилась обробка польових культур від хвороб, шкідників та бур'янів. Третя декада була жаркою з невеликими опадами. Середня декадна температура повітря на $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище багаторічної, а порівняно з аналогічною декадою 2020 р. вище на $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Опадів за декаду випало $0,7\text{ мм}$, що склало 3% .

У липні спостерігалася спекотна й волога погода. Середня місячна температура повітря була в межах $23,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, максимальна – $33,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а мінімальна – $11,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Середньотемпературні показники були вищими від норми на $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сума опадів, що випала за місяць становила $46,3\text{ мм}$.

Серпень 2021 року характеризувався чергуванням періодів відносно теплої і жаркої погоди з опадами у вигляді дощу. Середнє значення температури повітря за місяць становило $19,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимальна температура повітря була зафіксована на рівні $32,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а мінімальне значення було $10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. За місяць випало достатньо опадів у нормі $56,0\text{ мм}$, при чому більшість з них випала у третю декаду серпня. Склалися сприятливі умови для росту й розвитку сільськогосподарських культур, й сорго зернового в тому числі.

Вересень був дещо прохолодним й незначно дощовим. У першій декаді опадів не було взагалі, середня температура повітря була на рівні $13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря склала 68% . Упродовж другої декади вересня спостерігалась прохолодна з невеликими опадами погода. Середня декадна температура повітря на $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ вища за багаторічну. Опадів за декаду випало $1,5\text{ мм}$, що складає 12% . Склалися сприятливі умови для досягання польових культур. У III-й декаді спостерігалась прохолодна з опадами в погода. Середній показник температури повітря був $9,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а кількість опадів, що випала – $15,3\text{ мм}$, що склало 79% від нормованого значення (таблиця 2.3)

Таблиця 2.3

**Агрокліматичні умови (у період вегетації) 2021 року
(за даними Білоцерківської метеостанції)**

| Місяць | Декада | Температура повітря, °C | | | Середнє значення відносної вологості повітря, % | Опади, мм |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------|-------------|---|-----------|
| | | середня | максимальна | мінімальна | | |
| IV Квітень | I | 5,9 | 19,0 | -1,6 | 68 | 8,6 |
| | II | 8,1 | 16,3 | -1,2 | 75 | 13,5 |
| | III | 8,3 | 22,2 | -1,5 | 65 | 6,8 |
| | Середнє значення | 7,4 | 22,2 | -1,6 | 69 | 28,9 |
| V Травень | I | 12,0 | 22,2 | 1,3 | 66 | 24,9 |
| | II | 14,5 | 25,3 | 4,3 | 72 | 26,5 |
| | III | 15,4 | 23,0 | 8,3 | 77 | 47,9 |
| | Середнє значення | 14,0 | 25,3 | 1,3 | 72 | 99,3 |
| VI Червень | I | 16,1 | 25,3 | 6,2 | 71 | 6,3 |
| | II | 20,0 | 27,6 | 12,5 | 77 | 28,3 |
| | III | 23,6 | 33,4 | 14,1 | 71 | 0,7 |
| | Середнє значення | 19,9 | 33,4 | 6,2 | 73 | 35,3 |
| VII Липень | I | 22,6 | 30,2 | 14,0 | 73 | 11,3 |
| | II | 24,6 | 33,2 | 15,7 | 71 | 30,0 |
| | III | 22,2 | 31,1 | 11,8 | 69 | 5,0 |
| | Середнє значення | 23,1 | 33,2 | 11,8 | 71 | 46,3 |
| VIII Серпень | I | 21,4 | 30,1 | 11,4 | 72 | 20,4 |
| | II | 20,6 | 32,4 | 11,6 | 66 | 7,4 |
| | III | 18,0 | 27,8 | 10,5 | 76 | 28,2 |
| | Середнє значення | 19,9 | 32,4 | 10,5 | 72 | 56,0 |
| IX Вересень | I | 13,5 | 25,5 | 1,2 | 68 | 0,0 |
| | II | 15,5 | 26,7 | 5,4 | 72 | 1,5 |
| | III | 9,2 | 18,6 | 0,1 | 84 | 15,3 |
| | Середнє значення | 12,7 | 26,7 | 0,1 | 75 | 16,8 |

Підсумовуючи вищезазначене варто зауважити, що агрокліматичні умови у роки проведення експерименту (2019-2021 років) були сприятливими для росту й розвитку рослин сорго зернового, хоча й різнилися від значень середньобогаторічних показників.

2.3. Схема та методика досліджень

Дослід. Схема вивчення впливу мікродобрив та регуляторів росту на продуктивність гібридів сорго зернового.

| Гібрид | Мікродобрива | Регулятори росту |
|--------|---|--|
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора росту |
| | | <i>Регоплант</i> , 50 мл/га в фазу 5 листків |
| | | <i>Стимпо</i> , 20 мл/га в фазу 5 листків |
| | <i>Альфа-Гроу-Екстра</i> 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) | Без регулятора росту |
| | | <i>Регоплант</i> , 50 мл/га в фазу 5 листків |
| | | <i>Стимпо</i> , 20 мл/га в фазу 5 листків |
| | <i>Інтермаг – Кукурудза</i> , 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) | Без регулятора росту |
| | | <i>Регоплант</i> , 50 мл/га в фазу 5 листків |
| | | <i>Стимпо</i> , 20 мл/га в фазу 5 листків |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора росту |
| | | <i>Регоплант</i> , 50 мл/га в фазу 5 листків |
| | | <i>Стимпо</i> , 20 мл/га в фазу 5 листків |
| | <i>Альфа-Гроу-Екстра</i> , 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) | Без регулятора росту |
| | | <i>Регоплант</i> , 50 мл/га в фазу 5 листків |
| | | <i>Стимпо</i> , 20 мл/га в фазу 5 листків |
| | <i>Інтермаг – Кукурудза</i> 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) | Без регулятора росту |
| | | <i>Регоплант</i> , 50 мл/га в фазу 5 листків |
| | | <i>Стимпо</i> , 20 мл/га в фазу 5 листків |

Дослідження за тематикою кваліфікаційної роботи проводилися за загальноприйнятими науковими й спеціальними агрономічними методами, із застосуванням комп'ютерних технологій в опрацюванні та аналізуванні результатів експерименту.

Дослідження виконувались на дослідній ділянці НВЦ Білоцерківського НАУ впродовж 2019-2021 років. Об'єкт досліджень – рекомендовані гібриди сорго зернового й елементи технології вирощування. Дослідження охоплювали зону Правобережного Лісостепу України.

Площа посівної ділянки 45 м², а облікової – 35 м²; повторність – чотириразова.

Експериментальні дослідження виконували згідно методик польового досліду та методики Державного сортовипробування сільськогосподарських культур.

Обліки та спостереження за умовами вирощування:

А. Характеристика ґрунту:

- тип ґрунту;
- агрохімічна характеристика: вміст гумусу (за методикою Тюріна), рухомих форм фосфору та калію (за методикою Чирікова), кислотність ґрунту, тощо;
- вологість у період виконання технологічних операцій за шарами ґрунту з визначенням кількості доступної вологи, в мм.

Б. Агрометеорологічні показники за декаду (місяць), порівняно із середніми багаторічними значеннями впродовж усього вегетаційного циклу.

Обліки, спостереження та аналізи рослин:

- фенологічні спостереження – за методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур (2000 р.) [238];
- етапи органогенезу за методикою Ф. М. Куперман (1984) [239].
- густина рослин визначається після сходів і перед збиранням на площі 1 м² на 3 зафіксованих площадках у діагоналі облікової ділянки I і III повторювань [240];
- фотосинтетичну діяльність рослин визначають за показниками: площу листкової поверхні – за методом “висічок”, фотосинтетичний потенціал посіву (ФП) і чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) – за методикою А. О. Ничипоровича (1972, 1978) [241];
- фактичну врожайність – суцільно у ділянках [240];
- технологічні показники якості насіння визначалися за загальними методиками й Державними стандартами;
- статистичний аналіз результатів експерименту проводився на персональному комп’ютері із застосуванням прикладної програми “Statistica-6” (Е. Р. Ермантраут, О. І. Присяжнюк, І. Л. Шевченко, 2007) [242];
- економічну ефективність агрозаходів, що вивчалися, визначали за методикою оцінки ефективності наукових досліджень; витрати на

вирощування сорго залежно від строків сівби та густоти рослин визначали шляхом складання технологічних карт [243];

– енергетична оцінка агрозаходів, що вивчаються, визначається за методичними рекомендаціями Медведовського О. К., Іваненко П. І. (1988) [244].

2.4. Особливості технології вирощування сорго зернового на дослідних ділянках

Сорго зернове – високопродуктивна культура, яка здатна давати стабільно високі врожаї, навіть за несприятливих ґрунтово-кліматичних умов. Окрім того, сорго є однією з провідних культур у світі.

Сорго висівають після озимих, ярих, квасолі, гречки, картоплі, коренеплодів та післяжнивних культур. Сорго можна вирощувати беззмінно впродовж 4-5 років без зниження урожайності. На дослідній ділянці сорго зернове вирощували після попередника пшениці озимої.

Основний обробіток ґрунту під сорго зернове передбачав луцення на глибину 6-8 см дисковими агрегатами AMAZONE Catros 9000. Потім проводилося внесення гербіциду суцільної дії Раундап Енерджі 3,0-4,0 л/га, для знищення сходів й падалиці рослин бур'янів. З метою накопичення вологи в ґрунті в осінньо-зимовий період та вирівнювання поверхні ділянки проводили культивацію Case Tiger MATE 255 на глибину 5-8 см.

Інтенсивні технології отримання високих й сталих врожаїв були б неможливими без застосування добрив, які забезпечують 35-40% приросту до врожаю. Сорго споживає з ґрунту 23-25 кг азоту, 9-10 кг фосфору і 28-30 кг калію для формування 1 тони зерна та еквівалентної кількості листків. Ураховуючи вміст поживних речовин у ґрунті та кількість, необхідну для досягнення максимального потенціалу урожайності гібридів вносили мінеральні добрива Polifoska 9:24:24 в нормі 250 кг/га до обробітку ґрунту.

Весняний обробіток ґрунту передбачав поєднання агротехнічних заходів: збереження ґрунтової вологи, підтримання поверхні дослідної ділянки у розпушеному вирівняному стані, контроль над чисельністю бур'янистих рослин й створення оптимальних умов для проростання насіння сорго зернового. Ранньовесняне боронування ґрунту проводили під кутом на глибину до 5 см важкими й середніми зубовими, штригельними та шлейфовими боролами (БПГ-12, STRIEGEL-PRO PN 9000, MCFARLANE WDL 2050). Культивацію проводили Case Tiger MATE 255 перед початком сівби на глибину загортання насіння.

Сорго зернове висівали John Deere DB55 за настання температури ґрунту у межах + 10-12 °С (друга-третья декади квітня) з шириною міжрядь 70 см. Норма висіву насіння склала 160-170 шт./га. Потім проводили післяпосівне прикочування кільчасто-шпоровими котками (КЗК-9), які перешкоджають утворенню ґрунтової кірки.

Догляд за посівами зернового сорго передбачав застосування комплексу заходів для ефективної боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами. Боротьбу з бур'янами розпочинали з досходового боронування (MCFARLANE WDL 2050), яке проводили на 4-6-й день після сівби. Для ефективного знищення бур'янів й розпушування ґрунту проводили 1-2 міжрядні обробітки. Перший здійснювали на глибину 3–5 см культиватором УСМК-5,4. Другий міжрядний обробіток ґрунту культиватором, оснащеним лапами бритвами та стрілочатими лапами, проводили у фазі 5-7 листочків сорго. Для контролювання чисельності бур'янів застосовували гербіциди, з урахуванням фази росту сорго та оптимального терміну внесення: ґрунтовий гербіцид Дуал Голд 960 ЕС у нормі 1,6 л/га під передпосівну культивацію; після появи сходів вносили Примекстра TZ Голд 500 SC у нормі 4,0–4,5 л/га; по вегетуючих рослинах у фазу від 3 до 5 листків сорго – Агрітокс в. р. 50%, у нормі 0,7–1,7 л/га для знищення дводольних бур'янів.

Заходи боротьби з шкідниками включають моніторинг шкідників, виявлення їх наявності та визначення порогових значень шкідливості. У разі

перевищення порогових значень застосовуються хімічні або біологічні засоби захисту, з урахуванням екологічних аспектів. Сорго зернове може пошкоджувати попелиця, яка уражує молоді рослини. Для захисту посівів від попелиці застосовували інсектицид Енжіо 247 SC у нормі 0,18 л/га. З метою контролювання чисельності кукурудзяного метелика у фазу викидання волоті застосовували інсектицид Ампліго 150 у – 0,3-0,4 л/га.

Хвороби сорго можуть проявлятися в ураженні кореневої системи, стебла, листків або колоса. Для запобігання та контролю хвороб важливо проводити сортові дослідження для вибору стійких сортів сорго до конкретних хвороб. Додаткові заходи включали обробку насіння у день сівби фунгіцидом Гаучо Плюс (5 л/т), застосування фунгіцидних препаратів та вирощування сорго в ротації з іншими культурами. Впродовж вегетації сорго зернового для боротьби з плямистостями застосовували фунгіцид Тітул Дуо , у нормі 0,25 л/га. Загалом, догляд за посівами зернового сорго з врахуванням боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами потребував систематичного моніторингу, вибору відповідних методів контролю й узгодженого застосування різних заходів для забезпечення сприятливих умов для росту та розвитку рослин й формування високої врожайності сорго зернового.

Збирали й молотили сорго зернове на початку вересня, за вологості зерна нижче 20%, використовуючи агрегат Challenger.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК СОРГО ЗЕРНОВОГО

Сорго зернове на відміну від традиційних сільськогосподарських культур поширених в Україні має С4 тип фотосинтезу, а звідси і ряд обмежень та особливостей росту і розвитку рослин.

Перш за все – рослини стійкі до високих температур повітря, раціонально витрачають вологу. Однак потребують високого рівня чистоти посівів для створення умов гарного забезпечення сонячною енергією та власне мають початкові періоди уповільненого росту, які є критичними для накопичення в агроценозі небажаного бур'янового компоненту.

Попри те, що культура досить нова, вона за останні 20 років набула широкого поширення в Україні не тільки в умовах Степу, а й Лісостепового регіону, завдяки невибагливості до умов вирощування, а зокрема стійкості до умов водного дефіциту та високих температур повітря. Адже такі умови все частіше зустрічаються в Лісостепу України.

Також сорго зернове в першій половині вегетаційного періоду формує досить об'ємну кореневу систему, здатну проникати в глибокі шари ґрунту в пошуках вологи та елементів живлення. А ось до початку цвітіння поглинає уже порядку 70 % усіх необхідних для повноцінного росту та розвитку елементів. Тобто якщо створюються умови нестачі елементів живлення в першій половині вегетації, то додаткове застосування їх після цвітіння культури нездатне виправити ситуацію і поліпшити урожайність та якість сорго.

Отже, оптимізація умов живлення, в тому числі і позакореневе застосування різних видів добрив у першій половині вегетації культури є надійним способом забезпечити рослини та стимулювати сприятливі умови формування ними високого рівня врожайності.

Також при виборі гібридів сорго зернового придатних для вирощування в умовах певної агрокліматичної зони слід враховувати тривалість їх вегетаційного періоду. Адже середньо та пізньостиглі сорти можуть вегетувати до кінця жовтня, що в умовах Лісостепу України неприпустиме, так як не кожного року спостерігаються сприятливі агрокліматичні умови для ефективного досягання й формування врожаю культури.

Отже, підбір елементів технології вирощування сорго зернового слід проводити з урахуванням його біологічних особливостей, відмінних від культур СЗ типу фотосинтезу, традиційно, які вирощуються в умовах Лісостепу України.

3.1. Біометричні показники сорго зернового залежно від факторів досліду

Передусім для оцінювання стану посівів сорго зернового було проаналізовано показники схожості, густоти посівів, їх виживання, а також особливості проходження рослинами фенологічних фаз росту та розвитку. Адже саме негативний вплив умов вирощування або позитивний вплив факторів досліду можна найбільш швидко оцінити за змінами рослин під час проходження ними вегетаційного періоду росту та розвитку.

Причому як подовження, так і скорочення певних фенофаз може мати різний вплив на стан рослин сорго. Адже пришвидшення виходу рослин з початкового періоду затримки росту може позитивно вплинути на конкурентну боротьбу їх з бур'янами – так як культурні рослини швидше сформують необхідний рівень затінення поверхні ґрунту. Водночас тривалість цього періоду важлива для ефективного формування підземної частини рослин та росту кореневої системи в шари ґрунту з доступними елементами живлення та вологою. Якщо невчасно вивести рослини з цієї фази розвитку то може бути сформована коренева система недостатньої потужності для подальшого забезпечення рослин факторами живлення.

Отже, проаналізуємо час настання фаз розвитку рослин сорго зернового залежно від впливу факторів дослідів (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Час настання фаз розвитку сорго зернового залежно від впливу факторів дослідів, діб від початку сходів, середнє за 2019-2021 рр.

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Фаза розвитку | | | | | |
|---------------------|-------------------|-----------------|---------------|---------|----------------|------------------|----------|-----------------------|
| | | | Сівба-сходи | Кущення | Вихід в трубку | Викидання волоті | Цвітіння | Повна стиглість зерна |
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 9 | 21 | 40 | 51 | 61 | 106 |
| | | Регоплант | 9 | 21 | 41 | 52 | 61 | 106 |
| | | Стимпо | 9 | 21 | 40 | 53 | 62 | 107 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 9 | 21 | 42 | 51 | 59 | 104 |
| | | Регоплант | 9 | 21 | 43 | 52 | 60 | 104 |
| | | Стимпо | 9 | 21 | 43 | 53 | 61 | 105 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 9 | 21 | 42 | 52 | 59 | 104 |
| | | Регоплант | 9 | 21 | 43 | 53 | 60 | 104 |
| | | Стимпо | 9 | 21 | 42 | 53 | 61 | 105 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 10 | 23 | 42 | 56 | 66 | 115 |
| | | Регоплант | 10 | 23 | 43 | 57 | 66 | 115 |
| | | Стимпо | 10 | 23 | 43 | 58 | 67 | 115 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 10 | 23 | 45 | 55 | 64 | 114 |
| | | Регоплант | 10 | 23 | 46 | 56 | 65 | 115 |
| | | Стимпо | 10 | 23 | 46 | 57 | 66 | 115 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 10 | 23 | 44 | 55 | 64 | 115 |
| | | Регоплант | 10 | 23 | 45 | 56 | 65 | 114 |
| | | Стимпо | 10 | 23 | 46 | 57 | 66 | 114 |
| НІР _{0,05} | | | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |

Тривалість періоду «сівба-сходи» повною мірою залежала від біологічних особливостей досліджуваних гібридів сорго зернового та вологозабезпечення верхнього шару ґрунту і температурного режиму

початкового періоду вегетації. За дефіциту вологи та впливу низьких температур тривалість періоду від сівби до сходів зростала на 4-6 діб, а за оптимуму факторів проявлялися суто сортові відмінності. В середньому за роки дослідження, насіння гібрида Брігга сходило за 9 діб, а гібрида Ютамі за 10 діб.

Також, відсутність впливу досліджуваних елементів технології, до фази кущення позначилась на тому, що настання її залежало від вище згадуваних факторів і за достатньо теплої погоди рослини пришвидшували свій розвиток, а в умовах прохолодного дощового року навпаки – сповільнювали. Відповідно у середньому за роки досліджень фаза кущення в гібрида Брігга наставала на 21 добу, а гібрида Ютамі на 23 добу після появи сходів.

Вплив досліджуваних елементів технології позначився на тривалості вегетаційного періоду сорго в подальших фазах його росту та розвитку. Застосування регуляторів росту сприяло збільшенню періоду настання фази виходу в трубку на 1 добу.

Варто зауважити про істотний вплив позакореневого підживлення. Так, в гібрида Ютамі застосування підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) сприяло зростанню тривалості міжфазного періоду на 3 доби, тоді як обробка рослин Інтермаг, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) – на 2 доби.

За вирощування гібрида сорго зернового Брігга позакореневе підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) сприяло зростанню тривалості міжфазного періоду на 2 доби, тоді як обробка рослин Інтермаг, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) – на 2 доби.

Позитивний ефект впливу на тривалість фенофаз сорго зернового від внесення регуляторів росту та мікродобрив незначно зберігся до фази викидання волоті. І в гібрида Ютамі позакореневе підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті), або Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом

в 7 діб), в поєднанні з Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків сприяло настанню фази викидання волоті на 1 добу раніше. А ось у гібрида Брігга поєднання вищезазначених мікродобрив з регулятором росту сприяло настанню фази викидання волоті на 2 доби пізніше.

По суті, досліджувані агрозаходи в подальшому достовірно не впливали на тривалість настання фенологічних фаз росту та розвитку, і фаза цвітіння в гібрида Брігга наставала на 59-62 добу, а в гібрида Ютамі – 64-67 добу.

Загалом же вегетаційний період відповідав сортовим характеристикам в гібрида Брігга 104-107 діб, а в гібрида Ютамі – 114-115 діб.

Більш типовим для визначення особливостей проходження вегетаційного періоду є виявлення закономірностей тривалості міжфазних періодів гібридів сорго зернового (рис. 3.1).

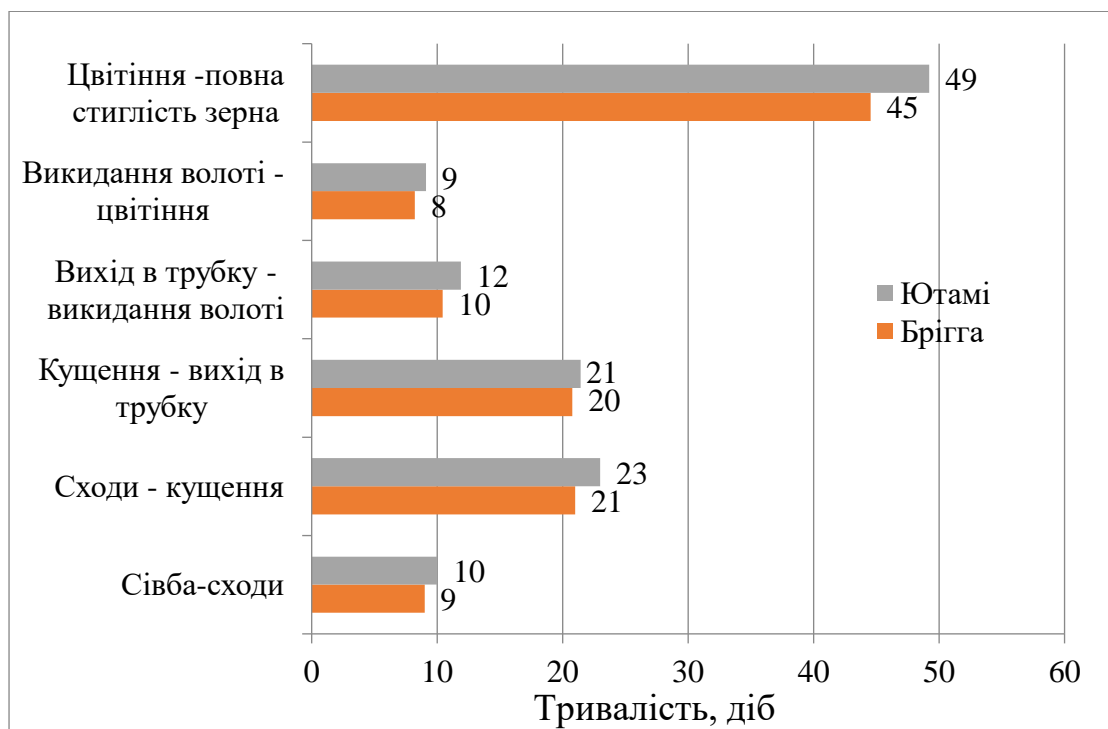


Рис. 3.1. Тривалість міжфазних періодів гібридів сорго зернового, середнє за 2019-2021 рр.

Власне відмінності між досліджуваними гібридами сорго зернового варто оцінити за усередненими показниками тривалості міжфазних періодів. Так, початковий ріст від появи сходів до кушення в гібрида Ютамі тривав 23 доби, тоді як в гібрида Брігга період закінчувався на дві доби швидше.

А ось подальші міжфазні періоди такі як від «кущення» до «виходу в трубку», тривали в обох гібридів однаково – 21 добу. Також неістотні відмінності в дві доби спостерігались в період від «виходу в трубку» до «викидання волоті» та «викидання волоті» до «цвітіння» – одна доба.

Головні відмінності в тривалості міжфазних періодів були зафіксовані в досліджуваних сортів саме в міжфазний період від цвітіння до повної стиглості зерна. Так, в гібрида Брігга він тривав 45 діб, а в гібрида Ютамі – 49 діб, що дієво пов'язано з їх скоростиглістю.

Отже, за роки досліджень, склалися сприятливі умови для реалізації біологічного потенціалу гібридів сорго зернового. Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів відповідала сортовим особливостям та мінімально залежала від досліджуваних нами факторів впливу.

Показники схожості насіння сорго зернового та власне похідна їх – густина посівів впродовж вегетації є мірилом ефективного застосування основних базових елементів технології вирощування. А також додатково може свідчити про те, що під час вирощування рослин отримана достатня характеристика посіву, яка є необхідною для ефективної його роботи.

Так, за даними Рожкова А. О., Свиридової Л. А. [245] польова схожість сорго зернового в середньому у досліді варіювала від 77,4% до 72,6% залежно від норми висіву. А от максимальне виживання рослин спостерігали за норми висіву насіння 120 тис./га – 70,8%. Підвищення густоти посівів сприяло більш помітному зниженню виживаності рослин з 70,8 за норми висіву 120 тис./га до 63,8 % за норми висіву 240 тис./га.

Розглянемо параметри схожості, густоти та виживання рослин сорго зернового, отримані в нашому досліді (таблиця 3.2).

Схожість, густина та виживання сорго зернового, середнє за 2019-2021 рр.

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Лабораторна | Польова | Густина на час | Густина на час | Вживання |
|--------|-------------------|--------------------|-------------|-------------|----------------|----------------|-----------|
| | | | схожість, % | схожість, % | повних сходів | збирання | рослин, % |
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 95,2 | 85,3 | 162,2 | 145,2 | 89,5 |
| | | Регоплант | 95,2 | 85,2 | 162,0 | 146,6 | 90,5 |
| | | Стимпо | 95,2 | 85,6 | 162,7 | 147,6 | 90,7 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 95,2 | 85,4 | 162,4 | 148,2 | 91,3 |
| | | Регоплант | 95,2 | 85,2 | 162,0 | 150,2 | 92,7 |
| | | Стимпо | 95,2 | 85,5 | 162,5 | 150,3 | 92,5 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 95,2 | 85,3 | 162,2 | 151,0 | 93,1 |
| | | Регоплант | 95,2 | 85,5 | 162,5 | 152,8 | 94,0 |
| | | Стимпо | 95,2 | 85,2 | 162,0 | 152,0 | 93,8 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 94,7 | 84,3 | 161,3 | 145,5 | 90,2 |
| | | Регоплант | 94,7 | 84,2 | 161,1 | 146,3 | 90,8 |
| | | Стимпо | 94,7 | 84,1 | 160,9 | 146,4 | 91,0 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 94,7 | 84,7 | 162,0 | 151,3 | 93,4 |
| | | Регоплант | 94,7 | 84,3 | 161,3 | 152,6 | 94,6 |
| | | Стимпо | 94,7 | 84,6 | 161,8 | 152,4 | 94,2 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 94,7 | 84,5 | 161,6 | 150,5 | 93,1 |
| | | Регоплант | 94,7 | 84,6 | 161,8 | 151,9 | 93,9 |
| | | Стимпо | 94,7 | 84,7 | 162,0 | 152,4 | 94,1 |
| | | HP _{0,05} | 0,4 | 0,6 | 1,2 | 1,1 | 0,8 |

Лабораторна схожість досліджуваних гібридів сорго зернового винятково залежала від якості насіннєвого матеріалу, тому для гібрида Брігга становила 95,2%, а для гібрида Ютамі цей показник склав 94,7%.

Відповідно польова схожість насіння була дещо нижчою й початково визначалася базовою лабораторною схожістю, однак, ще й залежала від умов навколишнього середовища, так як досліди закладались однаково і на початковий період не застосовувалися додаткові елементи агротехніки. За

результатами спостережень польова схожість в гібрида Брігга становила 85,2-85,6%, а у гібрида Ютамі – 84,1-84,7%.

Отже, на час формування повних сходів посіви мали достатню густоту рослин для ефективного їх розвитку в подальшому. Так, в гібрида Брігга густота склала 162,0-162,7, а у гібрида Ютамі – 160,9-162,0 тис. шт./га.

Відповідно базові параметри густоти посівів відігравали значну роль у збереженості рослин впродовж вегетації, проте на цей показник також чинять більший вплив фактори догляду за посівами, наявність шкідників та хвороб, та погодні умови вегетаційного періоду.

Так, за даними отриманими Рожковим А. О., Свиридовою Л. А. [245], 55% змін виживаності залежало від норми висіву, а ось способи сівби та гібриди визначали близько 15,5% змін.

Якщо аналізувати густоту посівів на час збирання рослин сорго зернового, то у гібрида Брігга кращі показники були отримані за обробки рослин позакореневим способом мікродобривами Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті), або ж Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб). Причому саме внесення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків забезпечувало густоту посівів на рівні 152,8 тис. шт./га, а виживання рослин впродовж вегетації – 94,0%.

У гібрида сорго зернового Ютамі кращий рівень збереженості густоти посівів аналогічно іншому досліджуваному гібриду забезпечувало застосування позакореневого підживлення. При цьому, за обробки рослин Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків була збережена густота посівів на рівні 152,6 тис. шт./га, а виживання рослин впродовж вегетації – 94,6%. А за застосування позакореневого підживлення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) кращим варіантом поєднання була комбінація з Стимпо, 20 мл/га в фазу

5 листків густота посівів зберіглась на рівні 152,4 тис. шт./га, а виживання рослин впродовж вегетації – 94,1%.

Висота рослин досить сильно залежить від умов вирощування, площі живлення та інших факторів.

Розглянемо особливості формування висоти рослин сорго зернового під впливом факторів дослідів (таблиця 3.3).

У фазу повних сходів висота рослин сорго гібрида Брігга була в межах 4,8-5,2 см, а в гібрида Ютамі – 5,1-5,6 см. Аналогічно в фазу кушення диференціювання висоти рослин теж не залежало від факторів нашого дослідів. Так, висота рослин сорго гібрида Брігга була в межах 12,2-13,2 см, а в гібрида Ютамі – 12,0-13,2 см.

У фазу виходу в трубку висота рослин сорго зернового гібридів Брігга та Ютамі була мінімальною на контрольних варіантах, а також у випадку застосування винятково регуляторів росту.

За позакореневого удобрення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) висота сорго гібрида Брігга була 61,4 см, а гібрида Ютамі – 59,8 см. А за застосування в якості позакореневого удобрення мікродобрином Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) відповідно 62,6 та 58,0 см. Причому комбіновані варіанти внесення мікродобринов та регуляторів росту найкраще проявилися у періоди формування висоти рослин.

У фазу викидання волоті за позакореневого підживлення сорго гібрида Брігга мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків, рослини сформували висоту 111,3 см, тоді як на контролі була лише 106,9 см. А за застосування позакореневого підживлення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 111,0 см.

Особливості формування висоти рослин сорго зернового під впливом факторів дослід, середнє за 2019-2021 рр.

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Фаза розвитку | | | | | |
|--------|-------------------|--------------------|---------------|---------|----------------|------------------|---------|-----------------------|
| | | | Повні сході | Кущення | Вихід в трубку | Викидання волоті | Цвітіня | Повна стиглість зерна |
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 4,9 | 12,3 | 59,1 | 106,9 | 112,4 | 119,0 |
| | | Регоплант | 5,1 | 12,6 | 60,0 | 111,7 | 114,6 | 122,5 |
| | | Стимпо | 4,8 | 13,2 | 58,9 | 114,5 | 113,1 | 120,5 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 5,0 | 12,5 | 61,4 | 107,9 | 118,2 | 120,6 |
| | | Регоплант | 4,9 | 12,2 | 62,7 | 109,2 | 111,3 | 119,0 |
| | | Стимпо | 5,1 | 13,0 | 63,4 | 111,3 | 115,7 | 124,8 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 5,2 | 12,1 | 62,6 | 109,0 | 116,3 | 118,8 |
| | | Регоплант | 4,7 | 12,4 | 63,0 | 109,0 | 111,1 | 118,5 |
| | | Стимпо | 4,8 | 12,9 | 62,5 | 111,0 | 115,3 | 124,1 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 5,2 | 13,2 | 56,5 | 102,5 | 107,2 | 111,7 |
| | | Регоплант | 5,3 | 12,5 | 57,4 | 107,1 | 110,4 | 115,0 |
| | | Стимпо | 5,1 | 13,2 | 55,4 | 109,6 | 112,8 | 115,9 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 5,4 | 12,3 | 59,8 | 102,6 | 109,1 | 111,3 |
| | | Регоплант | 5,2 | 12,0 | 58,1 | 104,7 | 107,1 | 111,6 |
| | | Стимпо | 5,6 | 12,7 | 59,8 | 106,7 | 111,5 | 117,2 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 5,5 | 12,8 | 58,0 | 103,7 | 109,2 | 113,5 |
| | | Регоплант | 5,2 | 12,4 | 57,1 | 104,5 | 106,9 | 111,1 |
| | | Стимпо | 5,1 | 12,9 | 56,9 | 106,5 | 111,0 | 116,6 |
| | | HP _{0,05} | 0,4 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 4,3 | 7,5 |

У гібрида Ютамі за обробки рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) або Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в

поєднанні з внесенням регулятора росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків отримано висоту рослин на рівні 106,7 та 106,5 см.

У фазу цвітіння, в середньому у досліді, рослини сорго сформували висоту 111,8 см, проте застосування додаткових елементів технології вирощування істотно не позначилось на показнику – висота рослин. Тобто отримані закономірності мали більш тенденційний характер, і кращими за показниками висоти рослин у гібрида Брігга виявилися варіанти внесення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) – 118,2 см та Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) – 116,3 см. А для гібрида Ютамі закономірностей впливу, пов'язаних з внесенням комплексу мікродобрив чи регуляторів росту в їх поєднанні ми не спостерігали. Вище значення висоти рослин було зафіксовано у варіанті із застосуванням позакореневого підживлення рослин регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 112,8 см.

До кінця вегетації, а зокрема на час повної стиглості, середня висота рослин у досліді склала 117,3 см, проте застосування додаткових елементів технології вирощування не призвело до істотного впливу на досліджуваний показник на пізніх етапах вегетації. Так, висота рослин сорго гібрида Брігга була в межах 118,5-124,1 см, а в гібрида Ютамі – 111,7-117,2 см.

Отже, як попередньо вже зазначалося, у досліді середня висота рослин різних гібридів сорго зернового мала відмінності. Тому проаналізуємо середню висоту сорго зернового в міжсортівному порівнянні (рис. 3.2).

У середньому у досліді, в фазу повних сходів, рослини гібрида Брігга були на 0,3 см вищими за гібрид Ютамі, аналогічно дана залежність зберігалась і у фазу кущення. А ось у фазу виходу в трубку ми не спостерігали відмінностей між досліджуваними гібридами.

У період активного росту та розвитку спостерігались зміни, і у фазу викидання волоті рослини гібрида Брігга були на 3,8 см вищими, в фазу цвітіння на 2,2 см, а у фазу повної стиглості зерна на 3 см вищими від гібрида

Ютамі. Зважаючи на те, що гібрид Ютамі має коротший на 10 діб вегетаційний період менша висота рослин виправдана його швидкістю росту та розвитку.

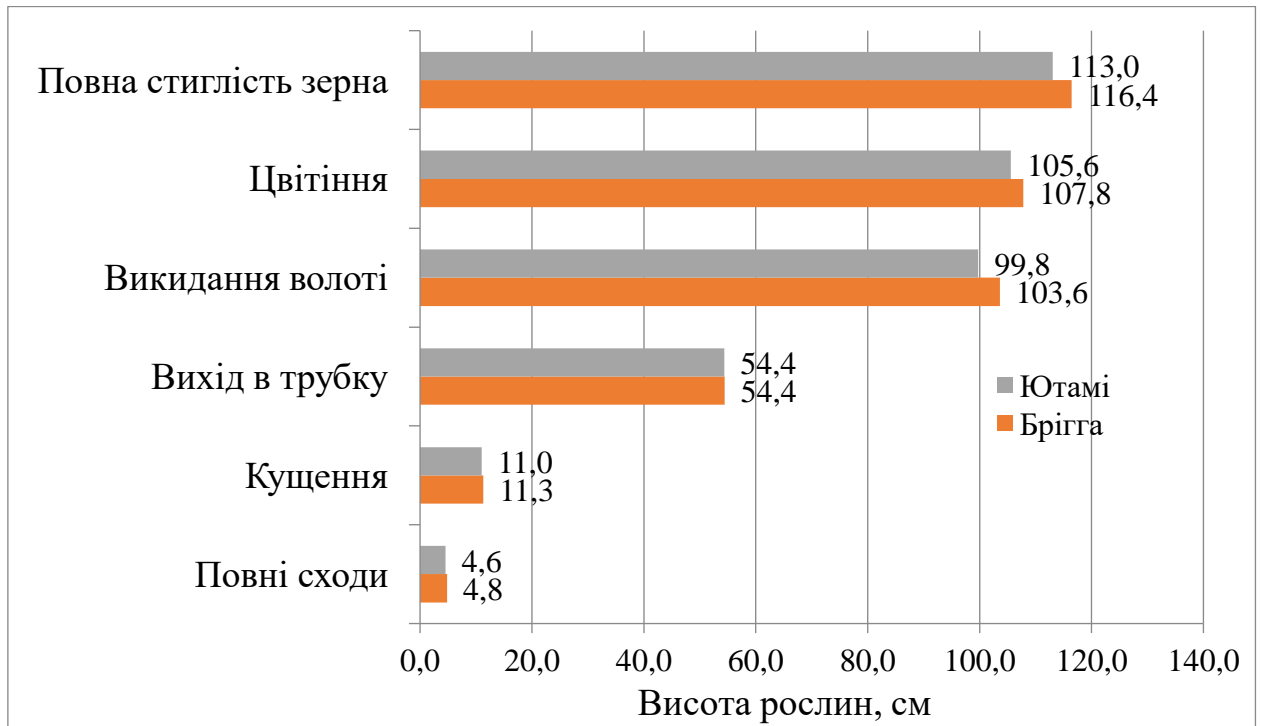


Рис. 3.2. Середня висота сорго зернового в міжсорттовому порівнянні, 2019-2021 рр.

3.2. Фотосинтетичні характеристики посівів

Фотосинтетичні показники посівів є досить важливою складовою визначення ефективності застосування елементів технології вирощування сорго зернового, так як в культурних рослин ефективність формування врожаю на пряму залежить від швидкості та якості проходження процесів фотосинтезу.

А отже, для отримання високого рівня ефективності фотосинтезу рослини мають сформувати оптимальну кількість та площу листкової поверхні на одиницю посіву, що в свою чергу залежить від густоти посівів, кущення, фізіологічного стану рослин. А тому усі елементи технології вирощування рослин, здатні впливати на площу листкової поверхні, фотосинтетичний

потенціал (ФП) та чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) зумовлюють в кінцевому підсумку і ефективність роботи фотосинтезу. Серед усіх вищеназваних показників саме площа асиміляційного апарату рослин є головною ініціюючою ознакою, адже власне від фізіологічного стану посівів і залежить можливість їх формувати високу площу листків здатну брати участь у процесах інтенсивного синтезу органічної речовини [246].

Закономірності формування площі листкової поверхні сорго зернового залежно від факторів впливу представлених в нашому досліді знайшли відображення в таблиці 3.4.

На початковому етапі росту в фазу повних сходів рослини сорго зернового формували здебільшого незначну площу листкової поверхні, яка в гібрида Брігга становила 1,8-2,0 тис. м²/га, а в гібрида Ютамі – 1,9-2,0 тис. м²/га [247].

Також незначні відмінності в середньобагаторічних показниках площі листкової поверхні були отримані в фазу кущення сорго зернового. Що пов'язано з повільною реакцією досліджуваних гібридів на застосування факторів досліду. Так, в середньому, в гібрида Брігга площа листкової поверхні становила 11,8-12,3 тис. м²/га, а в гібрида Ютамі – 12,0-12,5 тис. м²/га.

У фазу виходу в трубку вищі показники площі листкової поверхні у гібрида Брігга були отримані за комбінованого застосування позакореневого підживлення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) та регулятора росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 38,5 тис. м²/га. Проте поєднання позакореневого удобрення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків сприяло формуванню площі листків на рівні 37,8 тис. м²/га.

**Закономірності формування площі листової поверхні сорго зернового,
тис. м²/га, середнє за 2019-2021 рр.**

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Фаза розвитку | | | | | |
|---------------------|-------------------|-----------------|---------------|---------|----------------|------------------|----------|-----------------------|
| | | | Повні сходи | Кущення | Вихід в трубку | Викидання волоті | Цвітіння | Повна стиглість зерна |
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 1,9 | 12,1 | 34,9 | 44,5 | 56,5 | 32,0 |
| | | Регоплант | 1,8 | 12,0 | 35,6 | 45,9 | 57,0 | 32,2 |
| | | Стимпо | 1,8 | 11,8 | 36,0 | 45,7 | 56,8 | 31,4 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 2,0 | 12,3 | 36,6 | 46,7 | 59,3 | 33,6 |
| | | Регоплант | 1,9 | 12,2 | 37,3 | 48,2 | 59,9 | 33,8 |
| | | Стимпо | 1,9 | 12,0 | 37,8 | 48,0 | 59,5 | 32,9 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 2,0 | 12,3 | 37,3 | 47,6 | 60,5 | 34,2 |
| | | Регоплант | 1,9 | 12,2 | 38,1 | 49,1 | 60,9 | 34,4 |
| | | Стимпо | 1,9 | 12,0 | 38,5 | 48,9 | 60,7 | 33,6 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 2,0 | 12,3 | 37,7 | 48,1 | 61,0 | 34,6 |
| | | Регоплант | 1,9 | 12,2 | 38,4 | 49,5 | 61,5 | 34,8 |
| | | Стимпо | 1,9 | 12,0 | 38,9 | 49,4 | 61,4 | 33,9 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 2,0 | 12,5 | 39,5 | 50,5 | 64,1 | 36,3 |
| | | Регоплант | 1,9 | 12,4 | 40,3 | 52,0 | 64,7 | 36,5 |
| | | Стимпо | 1,9 | 12,2 | 40,9 | 51,9 | 64,3 | 35,5 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 2,0 | 12,5 | 40,3 | 51,5 | 65,3 | 37,0 |
| | | Регоплант | 1,9 | 12,4 | 41,2 | 52,9 | 65,7 | 37,2 |
| | | Стимпо | 1,9 | 12,2 | 41,6 | 52,9 | 65,6 | 36,2 |
| НІР _{0,05} | | | 0,2 | 0,7 | 1,5 | 2,3 | 3,0 | 2,6 |

Аналогічно для гібрида Ютамі кращим в плані формування вищої площі листової поверхні в рослин виявилось застосування позакореневого удобрення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 –

викидання волоті) в поєднанні з Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків, що забезпечувало формування площі листків – 41,6 тис. м²/га.

У фазу викидання волоті вищі показники площі листків для гібрида Брігга забезпечувало позакореневе удобрення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – 49,1 тис. м²/га. А ось для гібрида Ютамі ефективним агрозаходом було внесення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) у композиції з Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків або Стимпо, 20 мл/га у фазу 5 листків. Такі агрозаходи забезпечили розвиток площі листків у рослин на рівні 52,9 тис. м²/га, тоді як на контролі всього 48,1 тис. м²/га.

У фазу цвітіння спостерігали максимальну площу листкової поверхні сорго зернового, яка в середньому у досліді становила 61,4 тис. м²/га. Вищі значення площі листків обох досліджуваних гібридів були отримані за позакореневої обробки мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб). Причому відмінності в площі за застосування регуляторів росту або їх відсутності на цьому варіанті досліді були мінімальними.

Виявлено, що до завершення вегетації частина листкової поверхні сорго зернового втрачалась непоновлювально. Відповідно в фазу повної стиглості зерна площа листків у середньому у досліді склала 34,4 тис. м²/га. Що стосується варіантів досліді, то вища площа листків зберігалась там, де було застосування позакореневого підживлення рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) і особливо в випадку внесення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб). Водночас варіанти використання регуляторів росту Регоплант, 50 мл/га у фазу 5 листків або Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків незначно різнились між собою та мали мінімальні відмінності, порівняно з варіантами – без внесення, що, своєю чергою, підтверджує

важливість вчасного застосування мікродобрив для ефективного та тривалого функціонування фотосинтетичного апарату рослин сорго зернового. Тоді як вплив регуляторів росту спостерігається лише в певні фази розвитку рослин.

Для визначення особливостей досліджуваних гібридів сорго зернового проаналізуємо дані середньої площі листків (рис. 3.3).

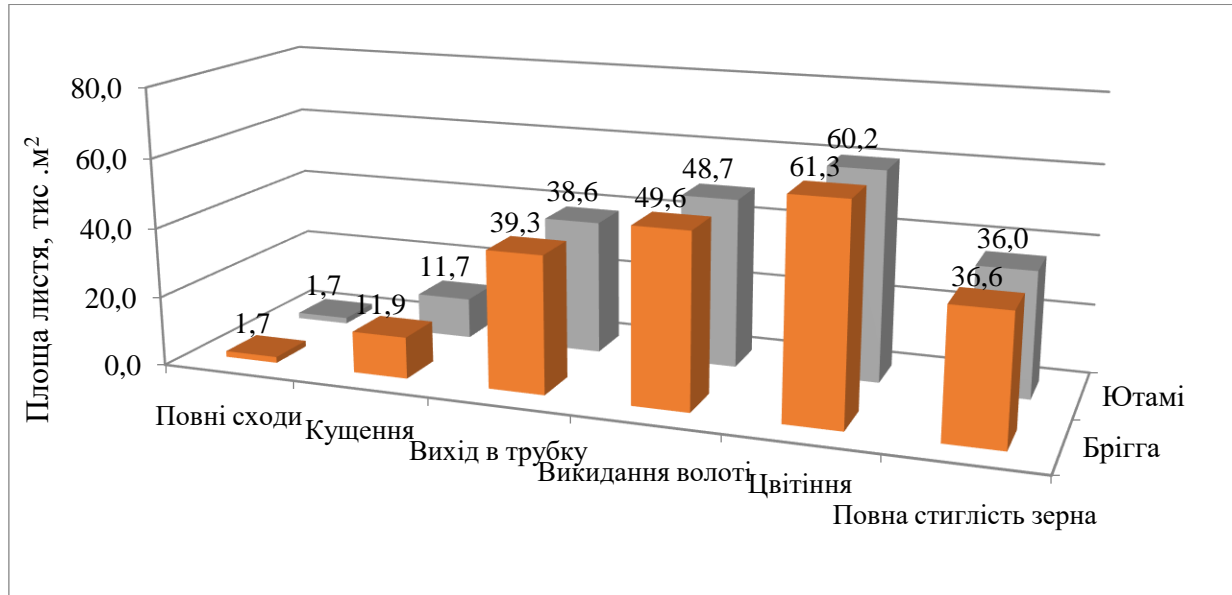


Рис. 3.3. Середнє значення площі листків сорго зернового в міжсортівому порівнянні, 2019-2021 рр.

У початковому періоді росту та розвитку не спостерігали відмінностей у площі наростання листової поверхні, і в середньому рослини формували площу листків на рівні 1,7 тис. м²/га. А у фазу кущення гібрид Брігга перевищував показники гібрида Ютамі за площею листової поверхні на 0,2 тис. м²/га, тоді як в фазу виходу в трубку уже на 0,7 тис. м²/га.

У період активного росту та розвитку рослин, починаючи з фази викидання волоті, площа листової поверхні в гібрида Брігга була на 0,9 тис. м²/га вищою, порівняно з Ютамі, а в фазу цвітіння на 1,1 тис. м²/га.

У результаті проходження рослинами процесів фотосинтезу синтезується суха речовина, яка накопичується, перш за все, в листово-стебловій масі, а в другій половині вегетації формується зерно. Причому якраз сорго належить до культур здатних досить ефективно трансформувати запасні

поживні речовини з інших частин рослини та залучати їх для формування і наливу зерна. Отже, динаміка накопичення сухої речовини посівами сорго зернового може свідчити про ефективність перебігу процесів фотосинтезу за впливу елементів технології вирощування культури (таблиця 3.5).

На початкових етапах вегетаційного періоду, а зокрема в фазу повних сходів, накопичення рослинами зернового сорго сухої речовини було мінімальним, і по суті залежало лише від умов вирощування, а зокрема, наскільки швидко проростки змогли знайти доступ до елементів живлення задля ефективного розвитку рослини.

У фазу кущення рослини сорго зернового гібрида Брігга формували 1,8 т/га сухої речовини, а гібрида Ютамі, як більш скоростиглий – забезпечував накопичення 2,1 т/га сухої речовини на одиницю площі посівів.

У фазу виходу в трубку застосування регуляторів росту позитивно позначилось на накопиченні посівами сорго зернового сухої речовини, і за застосування на посівах гібрида Брігга, препарату Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків або Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків посіви накопичили на 0,14 та 0,15 т/га більше сухої речовини, порівняно з контролем. А в гібрида Ютамі ця різниця складала 0,09 та 0,11 т/га відповідно.

Звичайно, що застосування заходів догляду за посівами в комплексі сприяло кращій реалізації рослинами сорго біологічного потенціалу. А тому в гібрида Брігга, за позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті), у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків посіви накопичили 4,90 т/га сухої речовини. А за застосування позакореневого підживлення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) аналогічно кращим було поєднання його з регулятором росту Стимпо – 4,69 т/га сухої речовини. У гібрида Ютамі більш ефективним виявилась позакоренева обробка мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті), використання регулятора росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків, що

забезпечило формування 5,61 т/га сухої речовини. Аналогічно використання регулятора росту Регоплант в комбінації з позакореневим підживленням Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) сприяло отриманню сухої речовини – 5,55 т/га.

У фазу викидання волоті в середньому у гібридів спостерігались наступні відмінності, а саме посіви гібрида Брігга накопичували 6,4 т/га сухої речовини, тоді як посіви гібрида Ютамі – 7,6 т/га.

Серед кращих елементів впливу за вирощування гібрида Брігга можна виділити позакореневе удобрення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків. Такий варіант досліду забезпечив накопичення 6,93 т/га сухої речовини.

За вирощування гібрида Ютамі, аналогічно, кращим варіантом була позакоренева обробка рослин сорго Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків. Такий варіант досліду забезпечив накопичення 8,01 т/га сухої речовини.

У фазу цвітіння сорго зернового відмічені закономірності розвитку посівів та накопичення ними сухої речовини, які збереглись в повному обсязі. У середньому посіви гібрида Брігга накопичили 7,1 т/га сухої речовини, тоді як гібрида Ютамі – 8,4 т/га.

На момент повної стиглості зерна сорго в гібрида Брігга кращим варіантом застосування позакореневого удобрення за впливу його на інтенсивність накопичення сухої речовини виявилось внесення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті).

Поєднання мікродобрива з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків створювало умови для формування 14,49 т/га сухої речовини.

**Особливості накопичення сухої речовини посівами сорго зернового, т/га,
середнє за 2019-2021 рр.**

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Фаза розвитку | | | | | |
|---------------------|-------------------|-----------------|---------------|---------|----------------|------------------|----------|-----------------------|
| | | | Повні сходи | Кущення | Вихід в трубку | Викидання волоті | Цвітіння | Повна стиглість зерна |
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 0,06 | 1,61 | 4,09 | 5,78 | 6,42 | 12,28 |
| | | Регоплант | 0,06 | 1,67 | 4,23 | 5,97 | 6,65 | 12,58 |
| | | Стимпо | 0,06 | 1,70 | 4,24 | 6,06 | 6,73 | 12,65 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 0,06 | 1,79 | 4,50 | 6,42 | 7,13 | 13,62 |
| | | Регоплант | 0,07 | 1,85 | 4,71 | 6,64 | 7,37 | 13,96 |
| | | Стимпо | 0,07 | 1,93 | 4,90 | 6,93 | 7,71 | 14,49 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 0,06 | 1,78 | 4,51 | 6,36 | 7,06 | 13,50 |
| | | Регоплант | 0,07 | 1,85 | 4,59 | 6,57 | 7,31 | 13,83 |
| | | Стимпо | 0,07 | 1,87 | 4,69 | 6,66 | 7,40 | 13,91 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 0,07 | 1,91 | 4,87 | 6,85 | 7,61 | 14,54 |
| | | Регоплант | 0,07 | 1,98 | 4,96 | 7,07 | 7,86 | 14,88 |
| | | Стимпо | 0,07 | 2,02 | 4,98 | 7,16 | 7,95 | 14,96 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 0,07 | 2,14 | 5,39 | 7,62 | 8,47 | 16,19 |
| | | Регоплант | 0,08 | 2,21 | 5,61 | 7,89 | 8,76 | 16,59 |
| | | Стимпо | 0,08 | 2,23 | 5,57 | 8,01 | 8,87 | 16,68 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 0,08 | 2,12 | 5,35 | 7,60 | 8,45 | 16,15 |
| | | Регоплант | 0,08 | 2,20 | 5,55 | 7,87 | 8,74 | 16,54 |
| | | Стимпо | 0,08 | 2,24 | 5,45 | 7,96 | 8,84 | 16,63 |
| НІР _{0,05} | | | 0,01 | 0,12 | 0,32 | 0,56 | 0,78 | 1,23 |

За вирощування гібрида сорго Ютамі застосування позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з мікродобривом Стимпо, 20 мл/га в фазу

5 листків сформувало кращі умови для розвитку рослин. Відповідно посіви накопичили 16,68 т/га сухої речовини.

Фотосинтетичний потенціал є інтегральною ознакою, яка вказує на ефективність роботи фотосинтетичного апарату рослин та може засвідчити наскільки ефективно досліджувані нами елементи технології дозволяють отримати високий рівень реалізації генетичного потенціалу гібридів сорго.

Проаналізуємо параметри фотосинтетичного потенціалу посівів сорго зернового висвітлені в таблиці 3.6.

На початку вегетації, в міжфазний період від повних сходів до кушення сорго зернового фотосинтетичний потенціал рослин був мінімальним і в гібрида Брігга становив у середньому 0,15 тис. м²/га×діб, а в гібрида Ютамі – 0,16 тис. м²/га×діб.

У міру зростання й розвитку рослин збільшувався і їх рівень фотосинтетичного потенціалу. Так, у міжфазний період від кушення до виходу в трубку кращі показники фотосинтетичного потенціалу в гібрида Брігга були за позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків, а на варіанті з внесенням Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) кращий рівень фотосинтетичного потенціалу спостерігався у поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків.

За вирощування гібрида Ютамі за позакореневого підживлення рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) цілком ефективним було поєднання з внесенням обох регуляторів росту. А за застосування Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) кращим виявилось поєднання обробки з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків.

У міжфазний період від виходу в трубку до викидання волоті сорго зернового фотосинтетичний потенціал рослин дещо зменшився, порівняно з

попереднім періодом, і в гібрида Брігга становив у середньому 0,44 тис. м²/га×діб, а в гібрида Ютамі – 0,54 тис. м²/га×діб.

Таблиця 3.6

**Фотосинтетичний потенціал посівів сорго зернового, тис. м²/га×діб,
в середньому за 2019-2021 рр.**

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Міжфазний період | | | | |
|--------|-----------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| | | | повні сходи- кущення | кущення - вихід в трубку | вихід в трубку - викидан ня | викидан ня - волоті - | цвітіння - повна стиглість |
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 0,15 | 0,45 | 0,44 | 0,51 | 1,99 |
| | | Регоплант | 0,14 | 0,48 | 0,45 | 0,46 | 2,01 |
| | | Стимпо | 0,14 | 0,45 | 0,53 | 0,46 | 1,98 |
| | Альфа-Гроу- Екстра | Без регулятора | 0,15 | 0,51 | 0,38 | 0,42 | 2,09 |
| | | Регоплант | 0,15 | 0,54 | 0,39 | 0,43 | 2,06 |
| | | Стимпо | 0,15 | 0,55 | 0,43 | 0,43 | 2,03 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 0,15 | 0,52 | 0,42 | 0,38 | 2,13 |
| | | Регоплант | 0,15 | 0,55 | 0,44 | 0,38 | 2,10 |
| | | Стимпо | 0,15 | 0,53 | 0,48 | 0,44 | 2,07 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 0,16 | 0,47 | 0,60 | 0,55 | 2,34 |
| | | Регоплант | 0,16 | 0,51 | 0,62 | 0,50 | 2,36 |
| | | Стимпо | 0,16 | 0,51 | 0,66 | 0,50 | 2,29 |
| | Альфа-Гроу- Екстра | Без регулятора | 0,17 | 0,57 | 0,45 | 0,52 | 2,51 |
| | | Регоплант | 0,16 | 0,61 | 0,46 | 0,53 | 2,53 |
| | | Стимпо | 0,16 | 0,61 | 0,51 | 0,52 | 2,45 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 0,17 | 0,55 | 0,50 | 0,53 | 2,61 |
| | | Регоплант | 0,16 | 0,59 | 0,52 | 0,53 | 2,52 |
| | | Стимпо | 0,16 | 0,62 | 0,52 | 0,53 | 2,44 |

Щодо ефективності впливу факторів дослідження на формування фотосинтетичного потенціалу, то в гібрида Брігга застосування регулятора росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків сприяло формуванню

0,53 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$, а в гібрида Ютамі даний регулятор росту теж забезпечував високий рівень фотосинтетичного потенціалу – 0,66 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$.

Такі зміни пов'язані першою чергою з ефективною дією регулятора росту у забезпеченні підсилення ростових процесів рослин. Адже період від виходу в трубку до викидання волоті сорго зернового вважається найбільш активним часом росту та розвитку рослин.

У міжфазний період від викидання волоті до цвітіння фотосинтетичний потенціал у гібрида Брігга становив в середньому 0,44 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$, а в гібрида Ютамі – 0,52 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$.

За вирощування гібрида Брігга кращим варіантом впливу на рівень фотосинтетичного потенціалу було позакореневе підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків, або Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків. Також ефективним було застосування Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 дїб) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків.

А в гібрида Ютамі ефективним виявились обидва варіанти позакореневого підживлення рослин мікродобривом в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків або Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків.

У міжфазний період від цвітіння до повної стиглості зерна фотосинтетичний потенціал в гібрида Брігга складав у середньому 2,05 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$, а в гібрида Ютамі – 2,45 тис. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$.

У даний проміжок часу вплив регуляторів росту та мікродобрив був нівельований іншими чинниками технології та взаємодії рослин з навколишнім середовищем, а тому яскраво вираженого впливу саме досліджуваних факторів ми не спостерігали.

Чиста продуктивність фотосинтезу показує наскільки ефективно рослини накопичують суху речовину одиницею площі листової поверхні, й

відповідно за застосування заходів догляду показники її мають тенденцію до зміни (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7

Чиста продуктивність фотосинтезу посівів сорго зернового, г/м² за добу, в середньому за 2019-2021 рр.

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Міжфазний період | | | | |
|--------|-------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| | | | повні сходи- кущення | кущення - вихід в трубку | вихід в трубку - викидан ня | викидан ня - волоті - пвітіння | цвітіння - повна стигліст ь |
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 1,05 | 5,56 | 3,87 | 1,27 | 2,94 |
| | | Регоплант | 1,11 | 5,38 | 3,88 | 1,46 | 2,96 |
| | | Стимпо | 1,15 | 5,60 | 3,43 | 1,44 | 2,98 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 1,16 | 5,28 | 5,10 | 1,67 | 3,11 |
| | | Регоплант | 1,21 | 5,25 | 5,00 | 1,70 | 3,19 |
| | | Стимпо | 1,28 | 5,42 | 4,73 | 1,80 | 3,33 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 1,15 | 5,25 | 4,34 | 1,87 | 3,02 |
| | | Регоплант | 1,21 | 4,95 | 4,55 | 1,90 | 3,11 |
| | | Стимпо | 1,24 | 5,32 | 4,10 | 1,68 | 3,14 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 1,12 | 6,25 | 3,29 | 1,39 | 2,96 |
| | | Регоплант | 1,18 | 5,89 | 3,43 | 1,59 | 2,97 |
| | | Стимпо | 1,22 | 5,83 | 3,30 | 1,59 | 3,06 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 1,24 | 5,69 | 4,96 | 1,64 | 3,08 |
| | | Регоплант | 1,30 | 5,62 | 4,94 | 1,66 | 3,09 |
| | | Стимпо | 1,33 | 5,46 | 4,77 | 1,66 | 3,19 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 1,22 | 5,83 | 4,46 | 1,61 | 2,95 |
| | | Регоплант | 1,29 | 5,69 | 4,48 | 1,63 | 3,09 |
| | | Стимпо | 1,33 | 5,20 | 4,82 | 1,66 | 3,19 |

Якщо аналізувати чисту продуктивність фотосинтезу, то у міжфазний період рослин сорго від повних сходів до кущення посіви накопичували в середньому 1,2 г/м² за добу сухої речовини, а чітко виражених сортових відмінностей ми не спостерігали.

У міжфазний період «кущення – вихід в трубку» в гібрида сорго зернового Брігга чиста продуктивність фотосинтезу становила $5,3 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини, а в гібрида Ютамі – $5,7 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини. Причому застосування як мікродобрив, так і регуляторів росту неоднозначно впливало на накопичення рослинами сорго зернового сухої речовини. Адже ці препарати в основному сприяли лінійному росту, в тому числі і приросту листової поверхні рослин, що найбільш яскраво проявлялось саме в період до виходу в трубку, коли ростові процеси в рослин сорго максимально активовані.

У міжфазний період «вихід в трубку – викидання волоті» в гібрида Брігга чиста продуктивність фотосинтезу склала $4,33 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини, а в гібрида Ютамі – $4,27 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини.

У цей період за вирощування гібрида сорго Брігга кращим варіантом досліду за впливу на чисту продуктивність фотосинтезу виявилось позакореневе удобрення рослин Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті). Аналогічно для гібрида Ютамі отримано максимальні значення саме на цьому варіанті досліду.

Якщо аналізувати міжфазний період викидання волоті – цвітіння, то в гібрида сорго зернового Брігга чиста продуктивність фотосинтезу становила $1,64 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини, а в гібрида Ютамі – $1,60 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини.

За вирощування гібрида Брігга при застосуванні Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в комбінації з мікродобривом Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків ЧПФ становив $1,80 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини, а за застосування мікродобрива Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків отримано $1,90 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини.

У гібрида Ютамі за внесення позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті)

однаково ефективними виявилось застосування обох регуляторів росту. А за використання Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) кращі значення ЧПФ – $1,66 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини отримано на варіанті у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків.

В останній міжфазний період «цвітіння – повна стиглість» в гібрида сорго Брігга чиста продуктивність фотосинтезу склала відповідно $3,09 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини, а в гібрида Ютамі – $3,07 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини.

Досліджено, що в гібрида Брігга за позакореневої обробки рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в комбінації з Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків, чиста продуктивність фотосинтезу склала $3,33 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини, а за застосування мікродобрива Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків отримано $3,14 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини.

А за вирощування гібрида Ютамі за позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) або Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) кращі значення чистої продуктивності фотосинтезу отримано на варіантах у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – $3,19$ та $3,19 \text{ г/м}^2$ за добу сухої речовини відповідно.

Отже, досліджувані елементи технології, особливо варіанти позакореневого підживлення мікродобривами впливали на перебіг процесів фотосинтезу та відповідно забезпечували формування кращого рівня структурних показників урожайності рослин сорго зернового.

3.3. Рівень впливу технології вирощування на формування структури врожаю сорго зернового

Структурні показники формування урожаю сорго зернового досить важливі з позиції відображення механізмів утворення продуктивності рослин. Адже в зернових та зернобобових культурах закладено досить багато механізмів формування продуктивності, а саме: продуктивна кущистість, кількість волотей (колосів, бобів), кількість зерен на рослину та в одному структурному елементі – волоті (колосі, бобі), маса 1000 насінин, тощо.

Саме за такого різноманіття структурних ознак досить цікавим є механізм регулювання рівня врожайності, як на ранніх етапах росту та розвитку рослин, що полягає в закладанні продуктивних бруньок, так і на більш пізніх – коли формується насіння. Адже навіть перед досяганням рослини можуть відреагувати на поліпшення або погіршення умов вирощування шляхом зміни маси 1000 насінин. А злакові культури також досить сильно реагують на кардинальну зміну умов вирощування ще й якісними показниками зерна.

Причому не завжди навіть в найоптимальніших умовах рослини можуть формувати високий рівень продуктивності за рахунок одних і тих же механізмів. Адже такі ознаки, як маса 1000 насінин чи продуктивна кущистість, або ж кількість зерен в колосі є генетично контрольованими і в випадку впливу негативних умов вирощування вони можуть до певної межі зменшуватись. А за оптимального поєднання факторів в рослин краще спрацюють інші механізми такі як: збільшення кількості стебел чи бобів на рослині, а маса 1000 насінин зросте до нетипових гібриду значень.

А тому вивчення механізмів формування структури врожаю та продуктивності залишається важливим науковим питанням.

Структурні показники сорго зернового та їх зміна від факторів досліду, а саме: продуктивна кущистість, маса зерен з рослини, маса 1000 насінини, кількість волотей на 1 га знайшли відображення в таблиці 3.8.

**Структурні показники рослин сорго зернового, в середньому за
2019-2021 рр.**

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Продуктивна кущистість, шт. | Маса зерна з рослини, г | Маса 1000 насінин, г | Кількість волотей на 1 га, шт. |
|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---|
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 3,20 | 45,8 | 38,0 | 464484 |
| | | Регоплант | 3,34 | 46,0 | 38,2 | 489677 |
| | | Стимпо | 3,25 | 45,6 | 37,9 | 479658 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 3,23 | 49,8 | 38,5 | 478798 |
| | | Регоплант | 3,18 | 49,8 | 38,8 | 477553 |
| | | Стимпо | 3,28 | 51,3 | 38,7 | 493146 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 3,30 | 48,4 | 38,4 | 498266 |
| | | Регоплант | 3,19 | 48,5 | 38,4 | 487392 |
| | | Стимпо | 3,20 | 49,3 | 38,5 | 480856 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 2,11 | 54,1 | 26,0 | 306951 |
| | | Регоплант | 2,25 | 54,5 | 26,1 | 329127 |
| | | Стимпо | 2,14 | 54,3 | 25,7 | 313376 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 2,20 | 58,0 | 26,6 | 332878 |
| | | Регоплант | 2,10 | 58,3 | 27,0 | 320399 |
| | | Стимпо | 2,15 | 58,2 | 26,8 | 327734 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 2,17 | 58,1 | 26,9 | 326556 |
| | | Регоплант | 2,23 | 58,3 | 27,0 | 338846 |
| | | Стимпо | 2,25 | 58,0 | 26,8 | 342995 |
| НІР _{0,05} | | | 0,45 | 1,1 | 0,7 | 283 |

У середньому в досліді продуктивна кущистість досліджуваних гібридів сорго зернового істотно відрізнялась. Так, в гібрида Брігга вона була 3,24 шт., а в гібрида Ютамі – 2,18 шт. стебел.

Тобто навіть на генетичному рівні у даних гібридів закладені відмінності, які визначають біологічні особливості формування врожаю.

Якщо проводити аналізування показників впливу досліджуваних нами факторів, то ці закономірності не були виявлені, та й їх і не могло бути. Адже послідовні застосування позакореневого підживлення й мікродобрив відбувались набагато пізніше чим процеси кущення рослин сорго зернового. А тому відмінності показників навіть на статистичному рівні не є достовірними в межах гібриду, що свідчить винятково про прояв індивідуальної мінливості досліджуваних генотипів в умовах взаємодії з навколишнім середовищем.

Що стосується маси зерен з рослини, аналогічно продуктивній кущистості, ми спостерігали сортові відмінності, так у гібрида Брігга середній показник склав 48,2 г, а в гібрида Ютамі – 56,9 г/рослину.

Якщо проаналізувати вплив факторів на формування маси насіння з рослини, то в гібрида Брігга за застосування позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків отримано масу зерна з рослини 51,3 г. А за внесення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) спрацювали ефективно обидва регулятори росту, хоча Стимпо сприяв формуванню на 0,2 г/рослину більше насіння.

Якщо аналізувати ефективність вирощування гібрида Ютамі, то за застосування позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) або ж Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) за впливом на формування маси насіння з рослини ефективними були обидва регулятори росту в комбінації з вищезазначеними мікродобривами. Різниця становила 0,1 та 0,3 г відповідно, що є статистично незначною.

Більш цікавим показником є маса 1000 насінин, так як відомо що ця ознака генетично контрольована та змінюється лише в певних межах. А тому спостерігались сортові відмінності, так у гібрида Брігга середній показник становив 38,4 г, а в Ютамі – 26,5 г/рослину.

У гібрида Брігга за обробки рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) ефективним було поєднання його з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків, або Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків. А за внесення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) не спостерігались значні відхилення між чистим застосуванням мікродобрива та комбінованим – з регуляторами росту.

У гібрида Ютамі за позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) або ж Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) ефективними за впливом на формування маси насіння з рослини було використання регулятора росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків.

Кількість волотей є інтегральною ознакою, що залежить від густоти посівів сорго зернового та продуктивної кущистості досліджуваних сортів. Зважаючи на відмінності в продуктивній кущистості, показник кількості волотей в досліджуваних гібридів дещо різнився. Так, в середньому в гібрида Брігга їх було 483915 шт./га, а в гібрида Ютамі – 326540 шт./га.

У гібрида Брігга вища кількість волотей спостерігалась за позакореневого підживлення рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 493146 шт./га. А за внесення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) додаткове комбінування мікродобрива з регуляторами росту було не ефективне у напрямку збільшення кількості волотей.

При вирощуванні гібрида Ютамі за позакореневого удобрення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) найбільша кількість волотей отримана на варіанті за його застосування без регуляторів росту. А за обробки рослин мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) найкращим

був варіант комбінування з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків, що забезпечив формування 342995 шт./га волотей.

Проаналізуємо показники кількості та маси зерен рослин сорго зернового залежно від впливу факторів досліду (таблиця 3.9).

Результатами досліджень виявлено, що маса зерна з волоті в гібрида Брігга була на рівні 14,9 г, а в гібрида Ютамі – 26,1 г, що також додатково засвідчує про біологічні особливості формування врожаю.

Якщо ж аналізувати особливості формування маси зерен з волоті в гібрида Брігга, то за обробки рослин Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) або Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) ефективним було поєднання з обома регуляторами росту.

За обробки мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) гібрида Ютамі кращим заходом було поєднання з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків, за таких умов формувалась маса зерен з волоті – 27,7 г. А за позакореневого підживлення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) ефективним було чисте внесення препарату, без мікродобрив.

У середньому у досліді, кількість зерен у волоті в гібрида Брігга становила 387,7 шт., а в гібрида Ютамі – 984,4 шт. Тобто Ютамі формував вищу кількість зерен за меншої їх маси 1000 зерен.

У гібрида Брігга кращі значення кількості зерен у волоті отримано за позакореневої обробки рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регуляторами росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – 404 шт. та Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 404 шт. Аналогічний варіант застосування препаратів за вирощування гібрида Ютамі сприяв отриманню 1028 та 1011 шт. зерен в волоті.

**Кількість та маса зерен рослин сорго зернового, в середньому за
2019-2021 рр.**

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Маса зерна з волоті, г | Кількість зерен у волоті, шт. | Кількість зерен на рослині, шт. | Кількість зерен на головній волоті, шт. | Кількість зерен на бічних волотях, шт. | Маса зерен на головній волоті, г | Маса зерен на бічних волотях, г |
|---------------------|-------------------|-----------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|
| | | | | | | | | | |
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 14,3 | 377 | 1206 | 699 | 507 | 26,6 | 19,3 |
| | | Регоплант | 13,8 | 360 | 1204 | 699 | 505 | 26,7 | 19,3 |
| | | Стимпо | 14,0 | 370 | 1203 | 697 | 506 | 26,4 | 19,2 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 15,4 | 400 | 1293 | 749 | 544 | 28,8 | 21,0 |
| | | Регоплант | 15,7 | 404 | 1284 | 745 | 538 | 28,9 | 20,9 |
| | | Стимпо | 15,6 | 404 | 1325 | 767 | 558 | 29,7 | 21,6 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 14,7 | 382 | 1261 | 731 | 531 | 28,1 | 20,4 |
| | | Регоплант | 15,2 | 396 | 1263 | 733 | 530 | 28,2 | 20,3 |
| | | Стимпо | 15,4 | 400 | 1279 | 742 | 537 | 28,6 | 20,7 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 25,7 | 987 | 2082 | 1208 | 875 | 31,4 | 22,7 |
| | | Регоплант | 24,2 | 928 | 2089 | 1210 | 878 | 31,6 | 22,9 |
| | | Стимпо | 25,4 | 988 | 2115 | 1229 | 886 | 31,6 | 22,8 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 26,4 | 991 | 2179 | 1264 | 915 | 33,6 | 24,3 |
| | | Регоплант | 27,7 | 1028 | 2158 | 1249 | 909 | 33,7 | 24,5 |
| | | Стимпо | 27,1 | 1011 | 2173 | 1263 | 910 | 33,9 | 24,4 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 26,8 | 996 | 2162 | 1255 | 906 | 33,8 | 24,4 |
| | | Регоплант | 26,2 | 969 | 2161 | 1252 | 908 | 33,8 | 24,5 |
| | | Стимпо | 25,8 | 962 | 2165 | 1258 | 907 | 33,7 | 24,3 |
| НІР _{0,05} | | | 0,6 | 23 | 72 | 46 | 26 | 1,2 | 0,9 |

За результатами експерименту зафіксовано, що кількість зерен на рослині в гібрида Брігга становила 1256 шт., а в гібрида Ютамі – 2143 шт., що яскраво демонструє стратегію формування першим гібридом меншої кількості зерен за більшої їх маси, та у гібрида Ютамі – навпаки.

За вирощування гібрида Брігга та позакореневого підживлення рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) поєднання його з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків сприяло утворенню 1325 зерен на рослині. А за вирощування гібрида Ютамі найбільш ефективним заходом впливу була обробка рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті), що сприяла формуванню 2179 зерен на рослині.

На головній волоті рослини сорго гібрида Ютамі формували 1243 шт. насінин, тоді як в Брігга лише 728 шт. А обробка гібрида Брігга мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків сприяла утворенню 767 зерен на головній волоті.

Водночас, в гібрида Ютамі ,найбільш ефективним заходом впливу була обробка рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті), що сприяла формуванню 1264 зерен в головній волоті, а також комбінація мікродобрива з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 1263 зерен в головній волоті.

Якщо аналізувати кількість зерен в бічній волоті, то в гібрида Брігга їх в середньому було 527,9 шт., а в гібрида Ютамі – 899,4 шт. Такі закономірності зміни їх числа під впливом факторів досліду були ідентичні показнику «кількості зерен» в головній волоті. Це може засвідчувати про те, що рослини отримували однакове живлення, й те, що вплив інших чинників не вивчався, які сприяють більш ефективному росту бічних волотей.

У середньому у досліді, маса зерен в головній волоті гібрида Брігга була на рівні 28,0 г, а в гібрида Ютамі – 33,0 г, а маса зерен на бічних волотях 20,3 та 23,9 г відповідно.

Що стосується індивідуальної реакції на фактори досліду, то в гібрида Брігга, за застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в

комбінації з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків маса зерен в головній волоті була 29,7 г, а в бічних – 21,6 г.

За вирощування гібрида Ютамі та позакореневого підживлення за допомогою мікродобрива Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків маса зерен в головній волоті була 33,9 г, а в бічних – 24,4 г. Тоді як за позакореневого підживлення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) ефективним було поєднання його з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків. За такої комбінації заходів догляду маса зерен в головній волоті була 33,8 г, а в бічних – 24,5 г.

Висновки за розділом

Досліджено, що вегетаційний період відповідав зазначеним сортовим характеристикам, в гібрида Брігга склав 104-107 діб, а в гібрида Ютамі – 114-115 діб. Проте вплив досліджуваних факторів технології істотно позначався лише на період активного росту сорго. За вирощування гібрида Брігга позакореневе підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га сприяло зростанню тривалості міжфазного періоду на 2 доби, так само, як і обробка рослин Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га – на 2 доби. У гібрида Ютамі застосування підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, сприяло зростанню тривалості міжфазного періоду на 3 доби, тоді як обробка рослин Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га – на 2 доби.

Густота посівів на час збирання в гібрида сорго Брігга була вищою на ділянках за обробки позакореневим мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га в поєднанні з регулятором росту Регоплант – 152,8 тис. шт./га, а виживання рослин впродовж вегетації – 94,0%. В гібрида Ютамі вищий рівень збереженості густоти забезпечувало застосування позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га в поєднанні з регулятором росту Регоплант – 152,6 тис. шт./га, а виживання рослин – 94,6%. А за застосування

позакореневого підживлення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га кращим варіантом була комбінація з Стимпо, адже густина посівів зберіглась на рівні 152,4 тис. шт./га, а виживання рослин впродовж вегетації – 94,1%.

Досліджено, що застосовувані елементи технології впливали на формування висоти рослин лише в фазі викидання волоті та цвітіння, а до кінця вегетації, зокрема на час повної стиглості, середня висота рослин у досліді становила 117,3 см, а застосування додаткових елементів технології вирощування не спричиняло істотного впливу на досліджуваній показник на пізніх етапах вегетації. Так, висота рослин сорго гібрида Брігга була в межах 118,5-124,1 см, а в гібрида Ютамі – 111,7-117,2 см.

У фазу викидання волоті кращі показники площі листків в гібрида Брігга були за позакореневого удобрення мікродобирвом Інтермаг – Кукурудза в поєднанні з регулятором росту Регоплант – 49,1 тис. м²/га. А в гібрида Ютамі за внесення Інтермаг – Кукурудза в композиції з Регоплант або Стимпо – 52,9 тис. м²/га, тоді як на чистому контролі всього 48,1 тис. м²/га. В фазу цвітіння кращі значення площі листків були за позакореневої обробки мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га. Причому відмінності в площі за застосування регуляторів росту або їх відсутності на цьому варіанті досліді були мінімальними.

За накопиченням сухої речовини на час повної стиглості зерна гібрида Брігга, на варіанті використання Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га з регулятором росту Стимпо, формувалось 14,49 т/га сухої речовини. А в гібрида Ютамі за застосування позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га з мікродобривом Стимпо посіви накопичили 16,68 т/га сухої речовини.

Визначено, що в міжфазний період від викидання волоті до цвітіння фотосинтетичний потенціал в гібрида Брігга становив в середньому 0,44 тис. м²/га×діб, а в гібрида Ютамі – 0,52 тис. м²/га×діб. За вирощування гібрида Брігга кращим варіантом було позакореневе підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га в поєднанні з Регоплант, або Стимпо. Також ефективним було застосування Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га в

поєднанні з регулятором росту Стимпо. В гібрида Ютамі також ефективним виявились обидва варіанти позакореневого підживлення рослин мікродобрином в поєднанні з регулятором росту Регоплант або Стимпо.

Досліджено, що міжфазний період «цвітіння – повна стиглість» в гібрида Брігга за обробки мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га в комбінації з Стимпо, чиста продуктивність фотосинтезу склала 3,33 г/м² за добу сухої речовини, а за застосування мікродобрива Інтермаг – Кукурудза в поєднанні з регулятором росту Стимпо, отримано 3,14 г/м² за добу сухої речовини. За вирощування гібрида Ютамі за позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га або Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га кращі значення чистої продуктивності фотосинтезу було отримано на варіантах поєднання з регулятором росту Стимпо – 3,19 та 3,19 г/м² за добу сухої речовини відповідно.

Визначено, що вищі значення маси насіння з рослини формувалась в гібрида Брігга за позакореневого підживлення мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра в поєднанні з регулятором росту Стимпо – 51,3 г. А за внесення Інтермаг – Кукурудза спрацювали ефективно обидва регулятори росту. Водночас за вирощування гібрида Ютамі застосування позакореневого підживлення мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра або ж Інтермаг – Кукурудза та обох регуляторів росту було ефективними за впливом на формування маси насіння з рослини.

Визначено, що в середньому у досліді кількість зерен на рослині в гібрида Брігга становила 1256 шт., а в гібрида Ютамі – 2143 шт., що демонструє стратегію формування першим гібридом меншої кількості зерен за більшої їх маси, та навпаки в гібрида Ютамі. За вирощування гібрида Брігга та позакореневого підживлення рослин мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га поєднання його з регулятором росту Стимпо сприяло утворенню 1325 зерен на рослині. А за вирощування гібрида Ютамі найбільш ефективним заходом впливу була обробка рослин мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра, що сприяла формуванню 2179 зерен на рослині.

Розділ 4

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЗЕРНОВОГО

Продуктивність сорго зернового є вирішальним фактором агрономічної ефективності технологій його вирощування. Адже ні для кого не секрет, що вищий і стабільно повторюваний врожай можуть забезпечити певні агротехнічні заходи, які є безумовно сприятливими для виробництва.

Причому саме детальне оцінювання урожайності сорго зернового слід проводити в розрізі років досліджень. Так, за даними отриманими Каленською С. М. та Найденом В. М. [248], урожайність сорго зернового в умовах Лівобережного Лісостепу України в 2015 році була 7,29 т/га, а от 2016 рік виявився критичним щодо негативного впливу погодних умов – і урожайність була на рівні 6,33 т/га, тоді як у 2017 році – 7,15 т/га. Тобто, попри вплив факторів досліду істотний вклад чинять і роки досліджень, які навіть в умовах Київської області можуть створити значну противагу досліджуваним агротехнічним прийомам.

Хоча взагалі застосування регуляторів росту та мікродобрих позитивно позначається на формуванні високого рівня продуктивності сорго зернового. Так, за даними отриманими Давиденко С. Ю. та Рожкова А. О. [249], за застосування стимулятора росту Вегестим урожайність зерна гібриду Сват та Флагг була 5,37 і 4,76 т/га відповідно, що відповідало кращим результатам досліду. Причому автори встановили, що за рівнем урожайності (5,28 т/га) кращим був варіант у якому Вегестимом обробляли насіння перед сівбою та проводили два позакореневі підживлення в фазу початку виходу в трубку та потім в фазу викидання волотей.

Отже, необхідно всебічно оцінити ефективність нових пропонованих агрозаходів та їх вплив на формування високого рівня врожаю сорго зернового з гарними якісними показниками.

4.1. Урожайність сорго зернового залежно від факторів досліді

Основним критерієм оцінки ефективності застосування окремих елементів технології вирощування слід вважати показники урожайності сорго зернового (таблиця 4.1).

Якщо аналізувати урожайність сорго зернового в роки проведення досліджень, то найбільш сприятливі умови для реалізації біологічного потенціалу культури склались в 2021 році, коли в середньому у досліді отримано 9,89 т/га, а гіршим був 2020 рік – 5,39 т/га, при цьому середня урожайність на Київщині сорго зернового становила 3,8 т/га [250].

Основні відмінності в продуктивності рослин різних гібридів отримано за рахунок того, що гібрид Ютамі має на 10-15 діб довший період вегетації, а отже й більш ефективно використовує сонячну енергію. А тому в умовах 2019 року, він сформував на 1,16 т/га вищий урожай, порівняно з гібридом Брігга, а в 2021 році на 1,68 т/га був вищий рівень продуктивності.

У цілому ж контрольні варіанти досліді для обох гібридів сорго зернового показували мінімальні значення рівня урожайності культури в порівнянні з додатковими елементами технології вирощування.

Досліджено, що при вирощуванні гібрида сорго Брігга, кращі показники урожаю зерна було отримано на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 7,71 т/га. А за вирощування гібрида сорго Ютамі на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в комбінації з обома регуляторами росту отримано урожайність – 8,89 та 8,88 т/га. Аналогічно, ефективним з точки зору урожаю зерна, був і варіант внесення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – 8,87 т/га.

**Урожайність зерна сорго зернового за застосування різних елементів
технології вирощування**

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Урожайність, т/га | | | |
|---------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------|-------|---------|
| | | | 2019 | 2020 | 2021 | середнє |
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 7,11 | 4,56 | 8,29 | 6,65 |
| | | Регоплант | 7,20 | 4,63 | 8,40 | 6,74 |
| | | Стимпо | 7,16 | 4,67 | 8,36 | 6,73 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 7,89 | 4,88 | 9,37 | 7,38 |
| | | Регоплант | 7,99 | 4,96 | 9,48 | 7,48 |
| | | Стимпо | 8,69 | 5,00 | 9,43 | 7,71 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 7,83 | 4,80 | 9,31 | 7,31 |
| | | Регоплант | 7,94 | 4,88 | 9,41 | 7,41 |
| | | Стимпо | 7,92 | 4,91 | 9,37 | 7,40 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 8,23 | 5,63 | 9,77 | 7,88 |
| | | Регоплант | 8,32 | 5,73 | 9,88 | 7,98 |
| | | Стимпо | 8,28 | 5,76 | 9,83 | 7,96 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 9,18 | 6,00 | 11,14 | 8,77 |
| | | Регоплант | 9,28 | 6,14 | 11,25 | 8,89 |
| | | Стимпо | 9,25 | 6,17 | 11,21 | 8,88 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 9,14 | 6,00 | 11,11 | 8,75 |
| | | Регоплант | 9,26 | 6,12 | 11,22 | 8,87 |
| | | Стимпо | 9,23 | 6,14 | 11,17 | 8,85 |
| НІР _{0,05} | | | 0,15 | 0,11 | 0,16 | 0,20 |

Якщо аналізувати особливості дії регуляторів росту, то досить цікавим є період, що відповідає несприятливим умовам вирощування – 2020 року. Так, за сприятливих умов вирощування, спостерігалась перевага регулятора росту Регоплант, який забезпечував хоча б мінімальні, але вищі показники порівняно зі Стимпо. А за несприятливих умов вирощування кращим виявився регулятор росту Стимпо, що полягає в тому, що до його складу входить комплекс

біологічно-активних сполук – продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів – 1 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи), а от до складу Регопланту входить не тільки комплекс біологічно-активних сполук - продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів - 0,3 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи), а й калієва сіль альфа-нафтилоцтової кислоти - 1 мг/л. Тобто, в умовах екстремального впливу факторів вища концентрація фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи виявилась ефективнішою щодо впливу на рослини, а ніж синтетичні аналоги фітогормонів.

Частка впливу факторів на формування урожайності сорго зернового знайшла своє відображення на рисунку 4.1.

Визначено, що підбір гібриду впливав на урожайність культури на 35 %, мікродобриво на 14 %, а частка регулятора росту була досить незначної. При цьому також спостерігаються взаємодії факторів досліду.

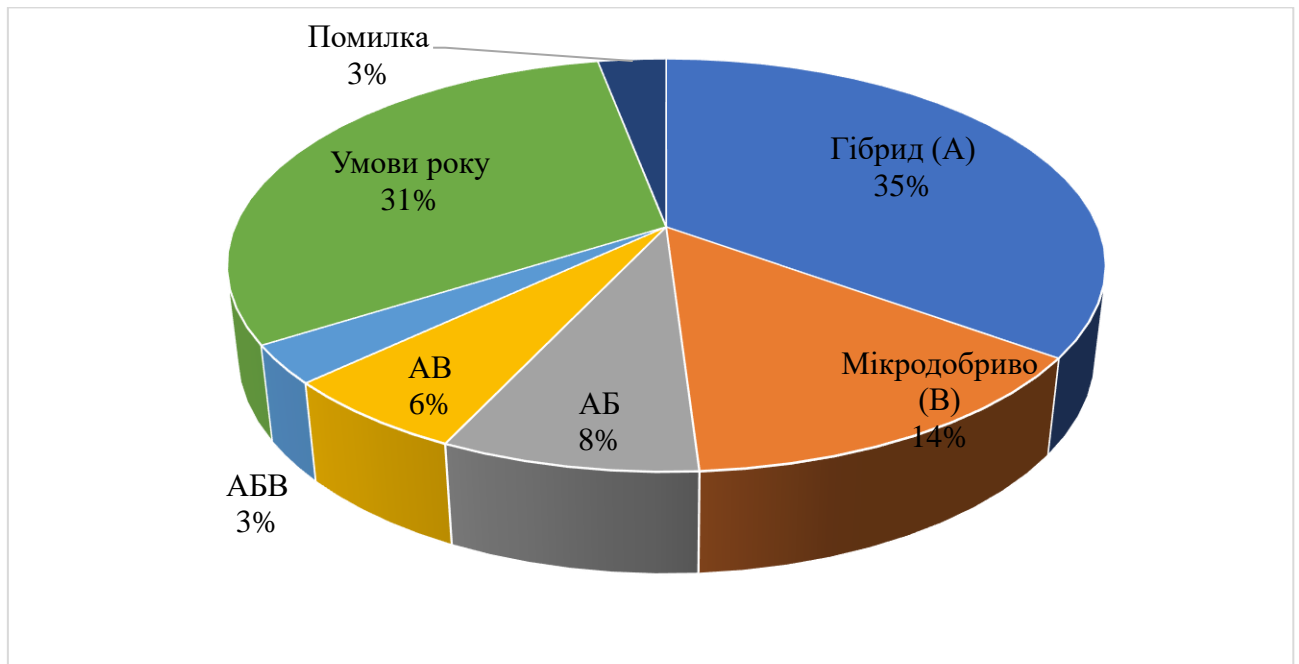


Рис. 4.1. Частка впливу факторів на формування урожайності сорго зернового

Також окремо слід відмітити про значний вплив погодних умов (на рівні 31 %) на формування урожайності сорго зернового, що викликано тим, що в умовах Київської області спостерігались контрастні умови вегетаційних періодів років досліджень.

4.2. Якість зерна сорго зернового

Сорго зернове, як одна з головних в світовому масштабі культур, активно переробляється для отримання харчових продуктів, тому в цілому до зерна сорго висуваються вимоги аналогічні іншим зерновим культурам. Однак, порівняно з традиційними злаковими культурами зерно майже не містить клітковини, а на відміну від кукурудзи – має менший вміст жирів та вищий протеїну.

У зерні сорго зернового міститься 70-85% крохмалю, 9-14% білку, 3-6% жиру та 2-3% клітковини. Хоча дані цифри орієнтовні та значний вплив на формування показників якості має вибір гібриду і власне умов його вирощування [251].

Отже, проаналізуємо якість зерна сорго зернового за застосування різних елементів технології вирощування (таблиця 4.2).

Перш за все, слід акцентувати увагу на тому, що спостерігались чітко виражені закономірності формування якісного вмісту зерна залежно від сортового складу. Так, в зерні гібрида Брігга, в середньому у досліді містилося 15,21% протеїну, 74,22% крохмалю, 3,33% жиру та 2,15% клітковини, а в зерні гібрида Ютамі вміст протеїну становив лише 13,35%, крохмалю дещо вище – 75,23%, жиру 3,58% й клітковини 2,11%, що засвідчує той факт, що якісні показники зерна варто порівнювати в межах гібриду, а міжсортове порівняння є не ефективним з позиції різної розмірності значень.

Якщо аналізувати особливості формування вмісту протеїну в зерні, то у гібрида Брігга, його значення на контрольному варіанті було найменшим – 15,07%. Причому внесення лише регуляторів росту без застосування

позакореневого підживлення мікродобривами було досить малоефективним у підвищенні вмісту протеїну в зерні.

При застосуванні позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків отримано вміст протеїну в зерні 15,23%, що фактично статистично не відрізнявся від варіанту обробки рослин регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків.

За внесення позакореневого підживлення мікродобрива Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків отримано вміст протеїну в зерні на рівні 15,33%.

У зерні гібрида Ютамі вміст протеїну на контрольному варіанті становив 13,10%, а застосування винятково регуляторів росту не підкріплених внесенням позакореневого підживлення мікродобривом аналогічно виявилось малоефективним агроприйомом з точки зору поліпшення вмісту протеїну.

За обробки рослин даного гібрида мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків отримано кращий вміст протеїну в зерні 13,58 %. Аналогічно за використання мікродобрива Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) кращим було поєднання з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 13,50%.

У гібрида Брігга на контрольному варіанті вміст крохмалю становив – 74,0%, аналогічно, застосування самих регуляторів росту було досить малоефективним. А за обробки рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в комплексі з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків отримано вміст крохмалю 74,30 %. Тоді як за позакореневого підживлення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків

отримано вміст крохмалю 74,35 %. Загалом же роль інших регуляторів росту була незначною і співставна з кращими варіантами комбінацій.

Таблиця 4.2

Якість зерна сорго зернового за застосування різних елементів технології вирощування, середнє за 2019-2021 рр.

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | На абсолютну суху речовину, % | | | |
|---------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|----------|------|------------|
| | | | протеїн | крохмаль | жир | клітковина |
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 15,07 | 74,00 | 3,30 | 2,10 |
| | | Регоплант | 15,12 | 74,10 | 3,31 | 2,12 |
| | | Стимпо | 15,10 | 74,08 | 3,32 | 2,15 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 15,20 | 74,25 | 3,33 | 2,14 |
| | | Регоплант | 15,23 | 74,30 | 3,34 | 2,16 |
| | | Стимпо | 15,22 | 74,28 | 3,32 | 2,16 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 15,30 | 74,30 | 3,34 | 2,17 |
| | | Регоплант | 15,33 | 74,33 | 3,36 | 2,18 |
| | | Стимпо | 15,30 | 74,35 | 3,34 | 2,17 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 13,10 | 74,85 | 3,51 | 2,05 |
| | | Регоплант | 13,15 | 74,90 | 3,53 | 2,11 |
| | | Стимпо | 13,12 | 74,91 | 3,51 | 2,10 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 13,40 | 75,25 | 3,54 | 2,12 |
| | | Регоплант | 13,46 | 75,45 | 3,60 | 2,13 |
| | | Стимпо | 13,58 | 75,49 | 3,63 | 2,14 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 13,42 | 75,22 | 3,61 | 2,12 |
| | | Регоплант | 13,44 | 75,36 | 3,64 | 2,13 |
| | | Стимпо | 13,50 | 75,64 | 3,64 | 2,11 |
| НІР _{0,05} | | | 0,23 | 0,55 | 0,14 | 0,11 |

Виявлено, що на контрольному варіанті за вирощування гібрида Ютамі вміст крохмалю склав 74,85 %, а також спостерігались незначні відхилення за обробки рослин винятково регуляторами росту. В той час внесення мікродобрива Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу

5 листків позитивно позначилось на формуванні вмісту крохмалю в зерні – 75,49 %. Аналогічно обробка рослин Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в комплексі з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків забезпечило достатній вміст крохмалю – 75,64%.

При застосуванні позакореневого підживлення рослин гібрида Брігга мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків в зерні отримано 3,34% жиру, а за внесення мікродобрива Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – 3,36%, що доводить незначність впливу регуляторів росту на формування даної ознаки гібриду Брігга.

За обробки мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) комплексно з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків, у зерні гібрида Ютамі було отримано вищий вміст жиру – 3,63%, а за використання мікродобрива Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) впливу різних регуляторів росту не виявлено.

Аналіз особливостей формування вмісту клітковини в зерні гібрида Брігга засвідчує, що при застосуванні позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) ефективність обох регуляторів росту була однаковою. А от за умови внесення мікродобрива Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків отримано вміст жиру в зерні на рівні 2,18%.

Аналогічно, якщо аналізувати особливості накопичення жиру в зерні гібрида Ютамі, то за обробки рослин даного гібриду мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в

поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків отримано вміст жиру на рівні 2,1 %. А за використання позакореневого підживлення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) кращим було поєднання з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків, де було отримано вміст жиру на рівні 2,13%.

Отже, застосування регуляторів росту було малоефективним заходом поліпшення якісних показників зерна, і нівелювалось іншими чинниками впливу в досліді. Однак, для того щоб ефективно оцінити частку впливу факторів було визначено їх дисперсії (рис. 4.2-4.5).

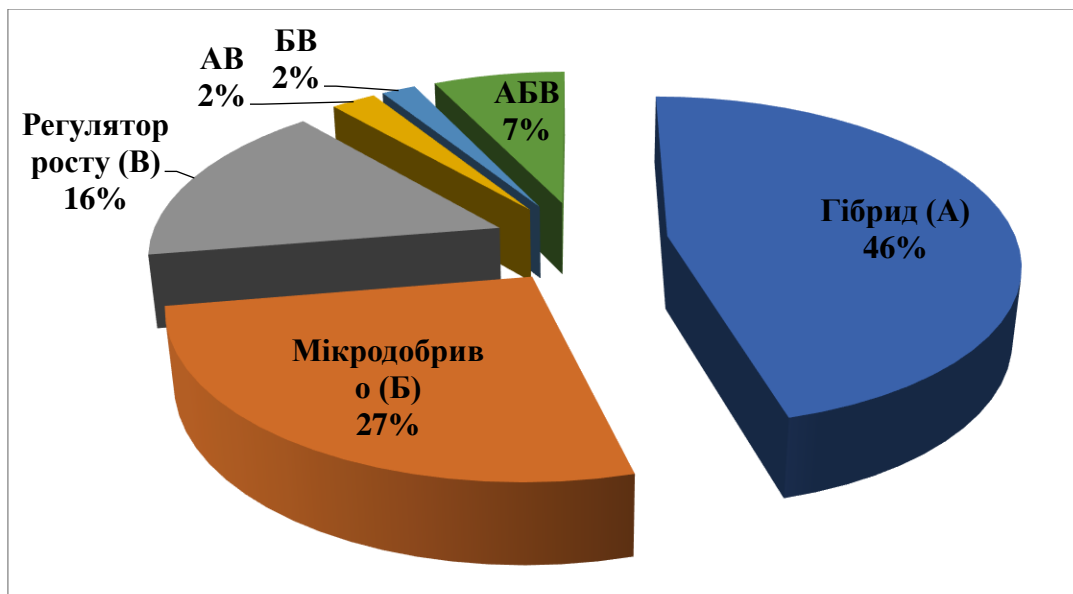


Рис. 4.2. Частка впливу факторів на формування вмісту протеїну в зерні сорго

Зокрема, аналіз частки впливу факторів на формування вмісту протеїну в зерні сорго (рис 4.2) показує нам важливість перш за все сортового чинника (46%) та застосування мікродобрива (2 %), в той час як на регулятор росту припадає лише 16% впливу. Також спостерігається досить істотний вплив взаємодії факторів – 7%.

Дещо іншими є закономірності впливу факторів на формування вмісту крохмалю в зерні сорго (рис. 4.3).

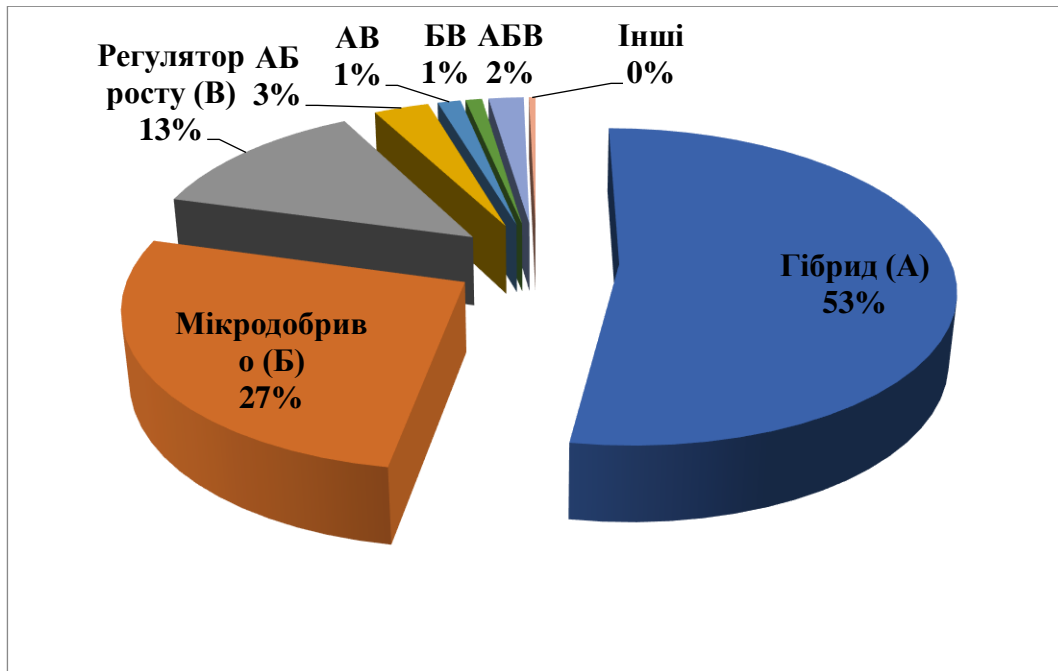


Рис. 4.3. Частка впливу факторів на формування вмісту крохмалю в зерні сорго

На цю ознаку вплив гібриду ще більш підсилюється, до 53%, а мікродобрива – незначно зменшився – 27%. Водночас використання регулятора росту лиш на 13% визначало рівень формування вмісту крохмалю в зерні сорго.

Також проаналізуємо особливості змін часток впливу факторів на формування вмісту жиру в зерні сорго (рис. 4.4).

Згідно результатів експерименту виявлено, що регулятор росту практично знівелював свій вплив на формування вмісту жиру (4%) і основні закономірності визначені сортовими особливостями досліджуваних гібридів сорго зернового (56%) та й позакореневим підживленням рослин мікродобривом (33%).

Також проведемо аналіз особливостей впливу факторів на формування вмісту клітковини в зерні сорго (рис. 4.5).

При збереженні стабільно високого впливу мікродобрива (30%) отримали дещо нижчий, у порівнянні з іншими ознаками вклад гібриду (42%).

Також визначено підвищення впливу на формування вмісту клітковини регулятора росту (8%), а також взаємодії усіх факторів досліджу (8%).

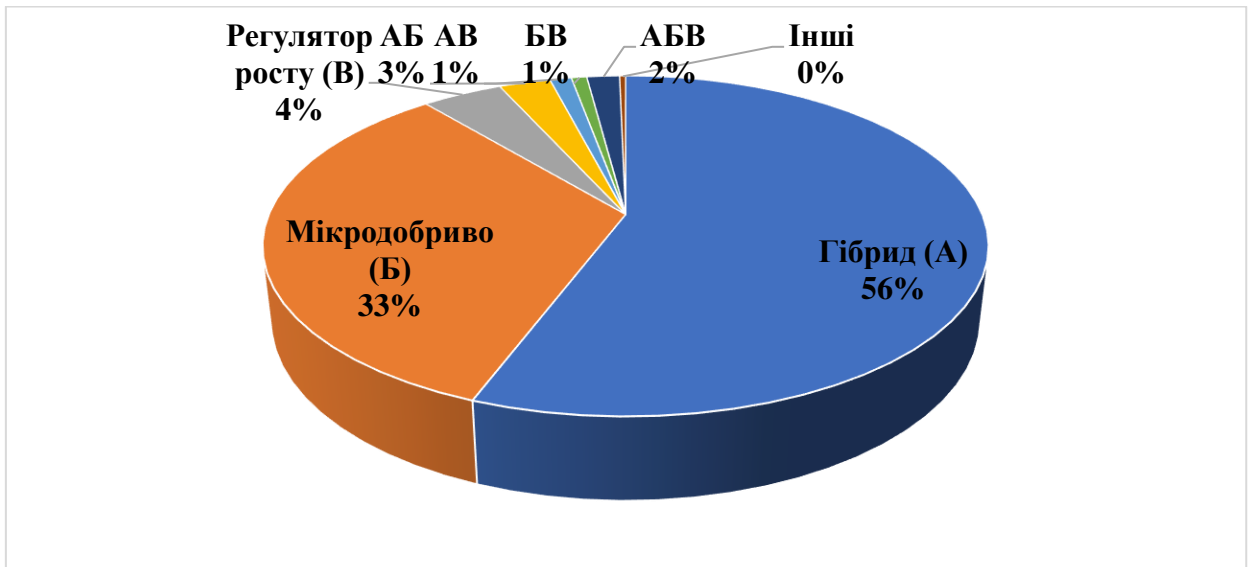


Рис. 4.4. Частка впливу факторів на формування вмісту жиру в зерні сорго

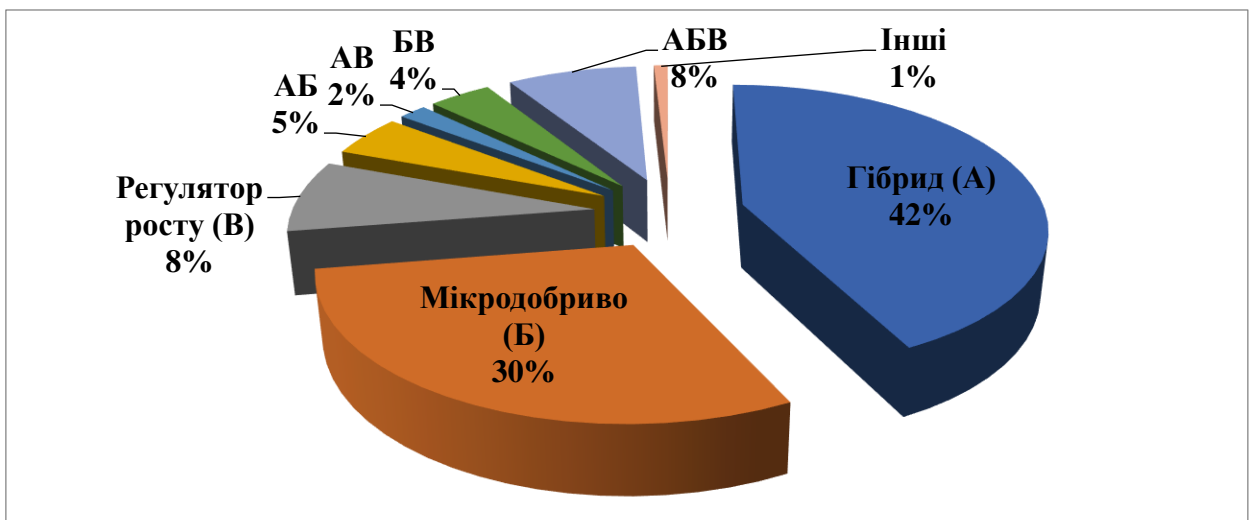


Рис. 4.5. Частка впливу факторів на формування вмісту клітковини в зерні сорго

Висновки за розділом

Виявлено, що найбільш сприятливі умови для реалізації біологічного потенціалу культури складались у 2021 році, коли в середньому в досліді було отримано 9,89 т/га, порівняно з 2020 роком – 5,39 т/га.

При вирощуванні гібрида сорго Брігга, кращі показники урожайності зерна було отримано на варіанті з використанням позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра у поєднанні з регулятором росту Стимпо, – 7,71 т/га. Проте, за вирощування гібрида сорго Ютамі, на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, у комбінації з обома регуляторами росту отримано урожайність – 8,89 та 8,88 т/га.

За вирощування гібрида сорго Брігга кращий вплив на якість зерна мало поєднання позакореневого підживлення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – отримано вміст протеїну 15,33%, крохмалю 74,33%, жиру 3,36% та клітковини 2,18%.

Вивчено, що при вирощуванні гібрида Ютамі більш ефективним було позакореневе підживлення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – отримано вміст протеїну 13,50%, крохмалю 75,64%, жиру 3,64 % та клітковини 2,11%.

Розділ 5

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО

Сорго за обсягами виробництва займає четверте місце в світі, тому ефективність його вирощування на загальносвітовому рівні доведено беззаперечно. Однак, в умовах України існують відмінності в технологіях вирощування, засобах та власне паритет цін, що можуть вплинути на ефективність вирощування досліджуваної культури.

Причому застосування додаткових засобів та агроприймів дозволяє суттєво збільшити прибуток. Так, за даними отриманими Сторожик Л. І. та Музика О. В., кращий прибуток отримано в гібридів Довіста і Гулівер за міжрядь 45 см, густоти 250 тис. шт./га та обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе застосування у фазу кущення (0,5 л/га) – становив 29,2 та 26,6 тис. грн/га, а збір енергії 94,67 та 89,56 ГДж/га [252].

А за результатами вивчення впливу мікробних препаратів Мікрогуміну та Поліміксобактерину в поєднанні з мінеральними добривами на продуктивність сорго цукрового в зоні Полісся автор Горбаченко Н. І. встановила, що урожай зріс на 5–9 %, а вихід біоетанолу на 0,3 т/га [253].

За результатами досліджень проведених Пашинською К. Л. визначено, що на контролі сорго зернове накопичувало в урожаї 167 ГДж/га, тоді як енерговитрати на технологію вирощування становили 23,4 ГДж/га, а за застосування мінеральних добрив в нормі 180–360 кг/га отримано додатковий збір енергії з врожаєм 18–46 ГДж/га, тоді як витрати на технологію зросли на 8,3–14,7 ГДж/га [254].

Отже, питання визначення економічної та енергетичної ефективності вирощування сорго зернового за застосування додаткових агрозаходів є актуальним, в плані встановлення закономірностей та визначення ефективності факторів за їх комплексного впливу. Адже саме перевага додаткових елементів технології вирощування полягає в тому, що від їх

застосування можна відмовитись у випадку значно вищих витрат чим отриманий приріст продукції.

5.1. Економічна оцінка ефективності вирощування сорго зернового

Для визначення реального паритету цін економічну ефективність вирощування сорго зернового розраховували згідно технологічних карт та у цінах 2022 року.

Першочергово при визначенні ефективності застосування певних елементів технології вирощування слід розрахувати базові витрати, опираючись на технологічні карти та реальні затрати ресурсів за культивування сорго зернового (табл. 5.1).

Основні відмінності в продуктивності рослин різних гібридів отримано за рахунок того, що гібрид Ютамі має на 10-15 діб довший період вегетації, а отже й більш ефективно використовує сонячну енергію [255].

Для розрахунку базових витрат користувалися технологічними картами вирощування сорго зернового, що використовуються виробниками в умовах Київської області. Також при визначенні витрат опирались на показники контрольних варіантів сорго зернового різних досліджуваних нами гібридів.

Попри те, що використання сонячної енергії та інших ресурсів навколишнього середовища сприяє формуванню гібридом Ютамі на контрольних варіантах вищого рівня урожайності, його продуктивність має бути забезпечена і кращими показниками мінерального живлення. Тому на даному варіанті ми передбачали застосування аміачної селітри в дозі N_{60} , по вегетації рослин сорго. Хоча в досліді і не проводили додаткового підживлення, опираючись на принцип єдиної логічної відміни варіантів досліду.

Базові витрати на технологію вирощування сорго зернового

| Показник | | при урожайності 6,65 т/га | | | при урожайності 7,88 т/га | | |
|----------------------------|--|---|----------------------------|-----------------------------|---|----------------------------|-----------------------------|
| | | кількість | ціна за одиницю, грн | вартість- всього, грн | кількість | ціна за одиницю, грн | вартість- всього, грн |
| Виробничі витрати: | | | | | | | |
| Насіння | кг | 6,8 | 290,0 | 1983,6 | 6,8 | 290,0 | 1983,6 |
| Міндобрива: | нітроамофоска | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 23,8 | 8925,0 | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 23,8 | 8925,0 |
| | селітра аміачна | N ₀ | 26,5 | 0,0 | N ₆₀ | 26,5 | 4637,5 |
| Засоби захисту рослин: | гербіциди: Дуал Голд 960 + антидот | 1,2 | 675,3 | 810,4 | 1,2 | 675,3 | 810,4 |
| | Естерон 600 ЕС | 0,6 | 359,0 | 215,4 | 0,6 | 359,0 | 215,4 |
| | Цитадель 25 OD | 1,0 | 1900,0 | 1900,0 | 1,0 | 1900,0 | 1900,0 |
| | інсектицид: Карате Зеон 050 CS | 0,2 | 621,0 | 124,2 | 0,2 | 621,0 | 124,2 |
| | фунгіциди: | 0,8 | 956,0 | 764,8 | 0,8 | 956,0 | 764,8 |
| Пальне | кг | 70,0 | 65,0 | 4550,0 | 83,0 | 65,0 | 5395,0 |
| Мастила | | | | 278,0 | | | 278,0 |
| Ремонт | | | | 1456,0 | | | 1456,0 |
| Загально-виробничі витрати | | | | | | | 1523,0 |
| Амортизація | | | | | | | 1278,0 |
| Заробітна плата: | | | | | | | |
| механізовані роботи | люд/год | 7,8 | 110,0 | 858,0 | 9,2 | 110,0 | 1012,0 |
| ручні роботи | люд/год | 1,9 | 95,0 | 180,5 | 2,5 | 95,0 | 237,5 |
| Орендна плата за землю | | | | | | | 5400,0 |
| Разом витрат на 1 га | грн | | | 30246,9 | | | 35940,4 |
| Собівартість 1 т. | грн | | | 4653,4 | | | 4792,0 |
| Витрати на збут 1 т. | грн | | | 413,7 | | | 357,9 |
| Повна собівартість 1 т. | грн | | | 5067,1 | | | 5149,9 |

З огляду на вищі витрати на технологію вирощування сорго зернового за урожайності 7,88 т/га повна собівартість однієї тони зерна склала 5149,9 грн., тоді як за урожайності 6,65 т/га всього 5067,1 грн.

Відповідно в подальшому отримані базові показники використовували для встановлення економічної ефективності вирощування сорго зернового за застосування різних варіантів елементів технології (табл. 5.2).

При вирощуванні гібрида сорго Брігга кращі параметри урожайності зерна було отримано на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 7,48 т/га.

А за вирощування гібрида сорго Ютамі на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в комбінації з обома регуляторами росту отримано мінімальну різницю та максимум урожайності – 8,89 та 8,88 т/га.

Серед складових елементів витрати на технологію вирощування в гібрида Брігга насіння коштувало 1984 грн./га, а в гібрида Ютамі лише 1357 грн./га. Такі відмінності були за рахунок меншої маси насіння останнього гібриду, тобто за фіксованої ціни кілограму насіння можна було засіяти більшу площу.

Варіанти ж застосування додаткових препаратів – позакореневого підживлення мікродобривами відрізнялись відповідно до схеми проведення досліджень та були однаковими для обох гібридів сорго зернового, що вивчалися.

Загалом розрахували, що на одиницю площі, у цілому на технологію вирощування, витрачали від 21322 грн до 22697 грн., без врахування інших додаткових платежів, що за вартості виробленої продукції від 53227 до 70921 грн./га фіксує економічну вигідність вирощування сорго зернового навіть за сучасних умов господарювання.

Економічна ефективність вирощування сорго зернового

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | | Вартість насіння, грн./га | Вартість позакореневого удобрення, грн./га | Засоби захисту рослин, грн./га | Пальне, грн./га | Заробітна плата, грн./га | Інші витрати, грн./га | Всього витрат, грн./га | Вартість продукції, грн. | Собівартість, грн./т | Прибуток, грн./га |
|--------|-------------------|-----------------|------|---------------------------|--|--------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------|
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 1984 | 0,0 | 3815 | 4828 | 1039 | 9657 | 21322 | 53227 | 3205 | 31905 | |
| | | Регоплант | 1984 | 70,0 | 3815 | 4828 | 1039 | 9657 | 21392 | 53939 | 3173 | 32547 | |
| | | Стимпо | 1984 | 46,0 | 3815 | 4828 | 1039 | 9657 | 21368 | 53846 | 3175 | 32478 | |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 1984 | 667,2 | 3815 | 4828 | 1039 | 9657 | 21989 | 59037 | 2980 | 37048 | |
| | | Регоплант | 1984 | 737,2 | 3815 | 4828 | 1039 | 9657 | 22059 | 59832 | 2949 | 37773 | |
| | | Стимпо | 1984 | 713,2 | 3815 | 4828 | 1039 | 9657 | 22035 | 61673 | 2858 | 39638 | |
| | Інтермаг | Без регулятора | 1984 | 875,2 | 3815 | 4828 | 1039 | 9657 | 22197 | 58507 | 3035 | 36310 | |
| | | Регоплант | 1984 | 945,2 | 3815 | 4828 | 1039 | 9657 | 22267 | 59277 | 3005 | 37010 | |
| | | Стимпо | 1984 | 921,2 | 3815 | 4828 | 1039 | 9657 | 22243 | 59206 | 3006 | 36963 | |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 1357 | 0,0 | 3815 | 5673 | 1250 | 9657 | 21752 | 63013 | 2762 | 41262 | |
| | | Регоплант | 1357 | 70,0 | 3815 | 5673 | 1250 | 9657 | 21822 | 63802 | 2736 | 41980 | |
| | | Стимпо | 1357 | 46,0 | 3815 | 5673 | 1250 | 9657 | 21798 | 63663 | 2739 | 41865 | |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 1357 | 667,2 | 3815 | 5673 | 1250 | 9657 | 22419 | 70174 | 2556 | 47755 | |
| | | Регоплант | 1357 | 737,2 | 3815 | 5673 | 1250 | 9657 | 22489 | 71111 | 2530 | 48622 | |
| | | Стимпо | 1357 | 713,2 | 3815 | 5673 | 1250 | 9657 | 22465 | 71015 | 2531 | 48550 | |
| | Інтермаг | Без регулятора | 1357 | 875,2 | 3815 | 5673 | 1250 | 9657 | 22627 | 70000 | 2586 | 47373 | |
| | | Регоплант | 1357 | 945,2 | 3815 | 5673 | 1250 | 9657 | 22697 | 70921 | 2560 | 48224 | |
| | | Стимпо | 1357 | 921,2 | 3815 | 5673 | 1250 | 9657 | 22673 | 70772 | 2563 | 48099 | |

При цьому собівартість отриманої тони зерна сорго зернового була найнижчою за вирощування гібрида Ютамі – так як він формував вищий рівень урожайності за практично рівних витрат на технологію вирощування – 2530-2762 грн./т.

А ось, що стосується прибутку, то за вирощування гібрида сорго Брігга було отримано на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 39638 грн./га. А за умови культивування гібрид Ютамі на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків отримано прибуток 48550 грн./т, а за аналогічного застосування мікродобрива та регулятора росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – 48622 грн/т.

5.2. Енергетична оцінка ефективності вирощування сорго зернового

Енергетична оцінка ефективності вирощування сорго відрізняється від економічної в першу чергу тим, що не беруться до уваги диспропорції цін між різними складовими технології, а враховується суто інтегральна оцінка балансу умовної енергії. Причому вплив окремих елементів технології на баланс енергії загалом є вирішальним.

Отже, проаналізуємо результати визначення збору енергії з урожаєм сорго зернового, витрат на технологію вирощування та коефіцієнту енергетичної ефективності (КЕЕ) за зміни різних варіантів дослідів (таблиця 5.3).

Серед складових елементів витрат енергії на технологію вирощування в гібрида Брігга та гібрида Ютамі вони відрізнялись в основному лише варіантами застосування позакореневого удобрення та регуляторів росту. Адже в основному відмінності були в цих варіантах дослідів, тоді як фактично обидва гібриди сорго вирощували з застосуванням однакових елементів технології вирощування. Варіанти ж застосування додаткових препаратів – позакореневого підживлення мікродобривами відрізнялись відповідно до схеми проведення досліджень та були однаковими для гібридів [256].

Енергетична ефективність вирощування сорго зернового

| Гібрид | Мікродобриво | Регулятор росту | Збір енергії з врожаєм, ГДж/га | Витрати енергії, ГДж/га | Коефіцієнт енергетичної ефективності |
|--------|-------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Брігга | Без мікродобрив | Без регулятора | 100,73 | 41,00 | 2,46 |
| | | Регоплант | 102,08 | 41,80 | 2,44 |
| | | Стимпо | 101,90 | 41,80 | 2,44 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 111,73 | 43,00 | 2,60 |
| | | Регоплант | 113,23 | 44,10 | 2,57 |
| | | Стимпо | 116,72 | 44,10 | 2,65 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 110,72 | 43,00 | 2,57 |
| | | Регоплант | 112,18 | 44,10 | 2,54 |
| | | Стимпо | 112,05 | 44,10 | 2,54 |
| Ютамі | Без мікродобрив | Без регулятора | 119,25 | 41,00 | 2,91 |
| | | Регоплант | 120,75 | 41,80 | 2,89 |
| | | Стимпо | 120,48 | 41,80 | 2,88 |
| | Альфа-Гроу-Екстра | Без регулятора | 132,80 | 43,00 | 3,09 |
| | | Регоплант | 134,58 | 44,10 | 3,05 |
| | | Стимпо | 134,39 | 44,10 | 3,05 |
| | Інтермаг | Без регулятора | 132,48 | 43,00 | 3,08 |
| | | Регоплант | 134,22 | 44,10 | 3,04 |
| | | Стимпо | 133,94 | 44,10 | 3,04 |

За вирощування рослин гібрида Брігга, згідно базової технології, було отримано 100,73 ГДж/га енергії в зібраному урожаї, за загальних витрат на технологію 41,0 ГДж/га, що відповідало коефіцієнту енергетичної ефективності 2,46. І це був один з найнижчих показників за виключенням саме КЕЕ, який був нижчий на варіанті використання виключно регуляторів росту Стимпо або Регоплант, що в нашому випадку пояснюється збільшенням витрат на регулятори росту, а також їх застосування за помірного зростання збору енергії з урожаєм. При цьому аналогічні закономірності визначили і для гібрида Ютамі, хоча за вищих значень у цілому. Так, було отримано

119,25 ГДж/га енергії в зібраному урожаї, за загальних витрат на технологію 41,0 ГДж/га, що відповідало коефіцієнту енергетичної ефективності 2,91.

Визначено, що за вирощування гібрида Брігга на варіанті позакореневого удобрення мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) кращі показники збору енергії з врожаєм та КЕЕ отримано в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 116,72 ГДж/га та 2,65. А за застосування мікродобрива Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) кращим виявилось поєднання з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків, за якого отримано з врожаєм 112,18 ГДж/га та КЕЕ становив 2,54.

Встановлено, що для гібрида Ютамі на варіанті позакореневого удобрення мікродобрином Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) кращі показники збору енергії з врожаєм та КЕЕ отримано в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – 134,58 ГДж/га та 3,05. А за використання удобрення за допомогою мікродобрива Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб) кращим також виявилось поєднання з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків, за якого отримано з врожаєм 134,22 ГДж/га та КЕЕ становив 3,04.

Варіанти застосування позакореневого підживлення без регуляторів росту були на рівні комбінованого внесення препаратів, за рахунок того, що регулятори росту не впливали суттєво на підвищення рівня урожайності рослин.

Незначні відмінності у витратах енергії на вирощування сорго зернового у різних варіантах дослідження пов'язані передусім з особливостями застосовуваних нами елементів (рис. 5.1).

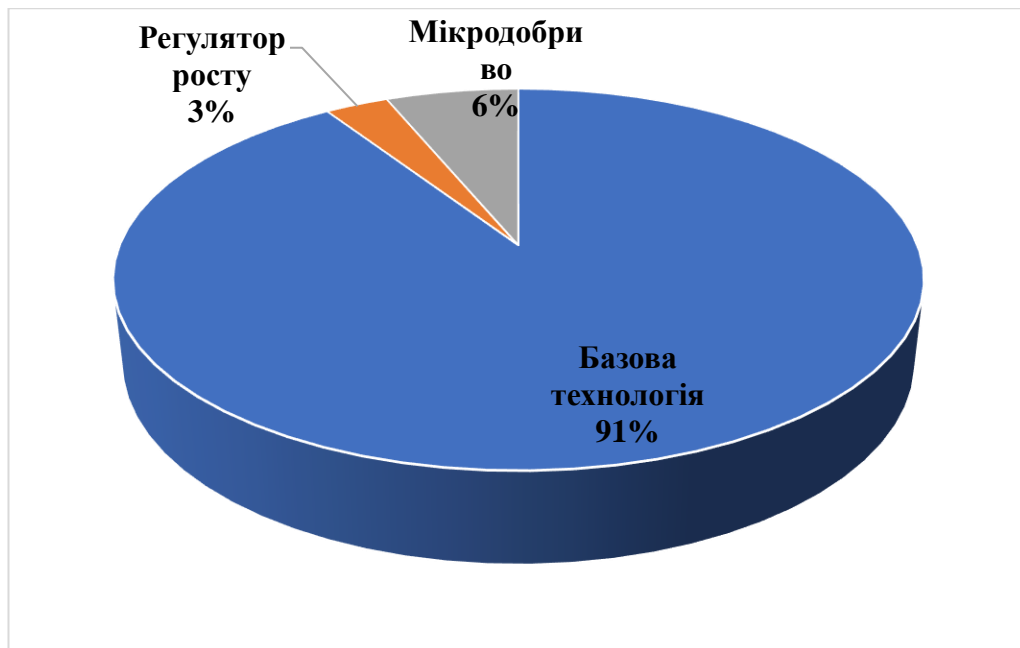


Рис. 5.1. Частка додаткових елементів технології порівняно з базовою агротехнікою

Отже, на регулятор росту припадає всього 3% від загальних витрат енергії, а на мікродобриво – 6%. Відповідно застосування таких незначних з енергетичної точки зору агрозаходів позитивно позначається на формуванні коефіцієнту енергетичної ефективності вирощування сорго зернового. При цьому отримуємо суттєві зміни коефіцієнта енергетичної ефективності завдяки стимулюванню до формування рослинами більшого врожаю та незначного зростання енергоємності технології вирощування загалом.

Висновки за розділом

Вищі витрати на технологію вирощування сорго зернового склали 5149,9 грн., за урожайності 7,88 т/га, тоді як за урожайності 6,65 т/га – 5067,1 грн.

Вищий прибуток було отримано на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків за вирощування гібрида сорго Брігга – 39638 грн./га. За умови культивування гібрида Ютамі на варіанті позакореневого удобрення

мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків отримано прибуток 48550 грн./т, а за аналогічного застосування мікродобрива та регулятора росту Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків – 48622 грн/т.

Визначено, що кращі показники енергетичної ефективності були за вирощування гібрида Брігга на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті) в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків – 116,72 ГДж/га та коефіцієнтом енергетичної ефективності – 2,65. Аналогічно для гібрида Ютамі ці ж варіанти дослідів забезпечили отримання 134,58 ГДж/га енергії з врожаєм та КЕЕ 3,05.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та обґрунтовано новий підхід до виконання наукового завдання – оптимізації елементів технології вирощування сорго зернового у Лісостепу України.

1. Проведені дослідження засвідчують, що тривалість вегетаційного періоду гібрида Брігга складала 104-107 діб, а Ютамі – 114-115 діб. При цьому вплив факторів технології істотно позначався лише в період активного росту сорго. Так, за вирощування гібрида Брігга позакореневе підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, сприяло зростанню тривалості міжфазного періоду на 2 доби, тоді як обробка рослин Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, – на 2 доби. В гібрида Ютамі підживлення Альфа-Гроу-Екстра сприяло зростанню тривалості міжфазного періоду на 3 доби, тоді як обробка рослин Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, – на 2 доби.

2. Визначено, що елементи технології вплинули на формування густоти посівів. Так, на час збирання густота посівів гібриду Брігга була кращою за обробки позакореневим мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, в поєднанні з регулятором росту Регоплант 50 мл/га, – 152,8 тис. шт./га, а виживання рослин впродовж вегетації – 94,0%. У гібрида Ютамі кращу густоту забезпечувало застосування позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га, – 152,6 тис. шт./га, а виживання рослин – 94,6%. А за застосування позакореневого підживлення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, кращою була комбінація з Стимпо, 20 мл/га, адже густота посівів зберіглась на рівні 152,4 тис. шт./га, а виживання рослин впродовж вегетації – 94,1%.

3. Досліджено, що в фазу викидання волоті вищі значення площі листової поверхні гібрида Брігга була за позакореневого удобрення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га, – 49,1 тис. м²/га. А в гібрида Ютамі за внесення Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, в композиції з Регоплант, 50 мл/га, або Стимпо, 20 мл/га,

– 52,9 тис. м²/га. А у фазу цвітіння вищі значення площі листків були за обробки мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га.

4. Визначено, що у період від викидання волоті до цвітіння фотосинтетичний потенціал в гібрида Брігга достатній був на варіанті з проведенням позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, в поєднанні з Регоплант 50 мл/га, або Стимпо, 20 мл/га. Також ефективним було застосування Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га. В гібрида Ютамі також ефективним виявились обидва варіанти позакореневого підживлення рослин мікродобривом в поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га, або Стимпо, 20 мл/га.

5. Досліджено, що міжфазний період «цвітіння – повна стиглість» в гібрида Брігга за обробки мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га в комбінації з Стимпо, 20 мл/га чиста продуктивність фотосинтезу становила 3,33 г/м² за добу сухої речовини, а за застосування мікродобрива Інтермаг – Кукурудза в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га, отримано 3,14 г/м² за добу сухої речовини. А за вирощування гібрида Ютамі за позакореневого підживлення Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га або Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га вищі показники чистої продуктивності фотосинтезу отримано на варіантах у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га – 3,19 та 3,19 г/м² за добу сухої речовини відповідно.

6. Визначено, що гібрид Брігга сформував меншу кількість зерен за вищої їх маси, а Ютамі – навпаки. Так, у гібрида Брігга за позакореневого підживлення рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, у поєднанні його з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га, сформувалось 1325 зерен на рослині. А за вирощування гібрида Ютамі найбільш ефективним заходом впливу була обробка рослин мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, що сприяла формуванню 2179 зерен на рослині. При цьому вища маса насіння з рослини сформувалася в гібрида Брігга за позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, у поєднанні з регулятором росту

Стимпо, 20 мл/га – 51,3 г. А за внесення препарату Інтермаг – Кукурудза спрацювали ефективно обидва регулятори росту. Водночас за вирощування гібрида Ютамі застосування позакореневого підживлення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра або ж Інтермаг – Кукурудза та обох регуляторів росту було ефективними за впливом на формування маси насіння з рослини.

7. Досліджено, що вищий рівень урожайності за вирощування сорго гібрида Брігга, забезпечував варіант з використанням позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га, – 7,71 т/га. Проте, за вирощування гібрида сорго Ютамі, на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, у комбінації з обома регуляторами росту отримано однакову урожайність – 8,89 та 8,88 т/га.

8. Вивчено, що в гібрида Брігга кращу якість зерна сформувало застосування позакореневого підживлення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, у поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га, – отримано вміст протеїну 15,33%, крохмалю 74,33%, жиру 3,36% та клітковини 2,18%. А за вирощування гібрида Ютамі більш ефективним було позакореневе підживлення препаратом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га, в поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га, де отримано вміст протеїну 13,50%, крохмалю 75,64%, жиру 3,64% та клітковини 2,11%.

9. Досліджено, що за вирощування гібрида сорго Брігга вищий прибуток отримано на варіанті за позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, у поєднанні з регулятором росту Стимпо, 20 мл/га, – 39638 грн./га. А в гібрида Ютамі на варіанті позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, у поєднанні з регулятором росту Регоплант, 50 мл/га, – 48622 грн./т, а за поєднання з препаратом Стимпо, 20 мл/га, отримано прибуток – 48550 грн./т.

10. Визначено, що вищі показники енергетичної ефективності були за вирощування гібрида Брігга на варіанті, де застосовували позакореневе удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га, у поєднанні з

регулятором росту Стимпо, 20 мл/га, – 116,72 ГДж/га та 2,65. Аналогічно для гібрида Ютамі ці ж варіанти досліду забезпечили отримання 134,58 ГДж/га енергії з врожаєм та коефіцієнтом енергетичної ефективності – 3,05.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою одержання високої продуктивності сорго зернового, за високого рівня техніко-технологічного забезпечення, в умовах Лісостепу України рекомендується наступні елементи технології вирощування сорго зернового:

Застосовувати для позакореневого удобрення сорго зернового мікродобриво: Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті).

За вирощування гібрида Брігга: комбінувати мікродобриво з внесенням регулятора росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків.

За вирощування гібрида Ютамі: комбінувати мікродобриво з внесенням регулятора росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків або Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків.

Для підвищення якісних характеристик зерна сорго застосовувати позакореневе підживлення мікродобривом: Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка в фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kamala Venkateswaran, M. Elangovan, N. Sivaraj, Chapter 2 - Origin, Domestication and Diffusion of Sorghum bicolor, Editor(s): C. Aruna, K.B.R.S. Visarada, B. Venkatesh Bhat, Vilas A. Tonapi, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Breeding Sorghum for Diverse End Uses, Woodhead Publishing, 2019, P. 15-31. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00002-4>.
2. J.K. Myers. The root system of a grain sorghum crop. *Field Crops Research*. Volume 3. 1980. P. 53-64. [DOI: 10.1016/0378-4290\(80\)90007-6](https://doi.org/10.1016/0378-4290(80)90007-6).
3. Deep Roots in Plants Driven by Soil Hydrology. Internet source : <https://www.rutgers.edu/news/deep-roots-plants-driven-soil-hydrology>.
4. Yuko Togawa-Urakoshi, Osamu Ueno. (2022) Photosynthetic nitrogen- and water-use efficiencies in C3 and C4 subtype grasses grown under two nitrogen supply levels. *Plant Production Science* 25:2. P. 183-194.
5. Osamu Ueno, Yuhei Fuchikami. (2020) Structure and photosynthetic metabolism in green prop roots of C4 sorghum. *Plant Production Science* 23:2, P. 182-190.
6. Deepak Raj Prajapati, S.K. Pahuja, N.K. Verma and Shalu Chaudhary. 2018. Morphological Characterization of Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Germplasm for DUS Traits. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 7(2): 2058-2071. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.702.246
7. Yutaro Makino & Osamu Ueno (2018) Structural and physiological responses of the C4 grass *Sorghum bicolor* to nitrogen limitation, *Plant Production Science*, 21:1, 39-50, DOI: 10.1080/1343943X.2018.1432290
8. Gomez, F.E., Muliana, A.H. and Rooney, W.L. (2018), Predicting Stem Strength in Diverse Bioenergy Sorghum Genotypes. *Crop Science*, 58: 739-751. [DOI: 10.2135/cropsci2017.09.0588](https://doi.org/10.2135/cropsci2017.09.0588)
9. Enyew Muluken, Feyissa Tileye, Carlsson Anders S., Tesfaye Kassahun, Hammenhag Cecilia, Geleta Mulatu. Genetic Diversity and Population Structure of

Sorghum [*Sorghum Bicolor* (L.) Moench] Accessions as Revealed by Single Nucleotide Polymorphism Markers. *Frontiers in Plant Science*. Volume 12. 2021. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.799482>

<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.799482>.

10. Behera, P. P., Saharia, N., Borah, N., Devi, S. H., & Sarma, R. N. (2022). Sorghum Physiology and Adaptation to Abiotic Stresses. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(10). P. 1005–1022. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i1030891>.

11. Kumar, R., Mishra, J.S., Dwivedi, S.K. et al. Nutrient uptake and content in sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L) under summer environment. *Ind J Plant Physiol*. 22. P. 309–315 (2017). <https://doi.org/10.1007/s40502-017-0306-z>.

12. Демиденко, Я. В., Петриченко, О. В. (2017). Технології вирощування сорго зернового в умовах лісостепу України. Зернові та кормові культури, 1(21). P. 15-22.

13. Забарний, Б. М., Власенко, О. О. (2016). Особливості вирощування сорго зернового на зрошуваних землях Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*, 3. P. 61-66.

14. Zhatova, H., Kovalenko, M. (2020). Biological characteristics of sorghum crop. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 40(2). P. 14-22. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.2>

15. Ходаніч, О. Я., Кравченко, В. п. (2019). Адаптованість сортів сорго зернового до умов Лісостепу України. *Селекція і насінництво*, 111, 36-41.

16. Поліщук, О. В., Кравченко М.П. (2018). Особливості вирощування сорго зернового в умовах Лісостепу України з урахуванням кліматичних змін. *Наукові записки Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Т. 2. С. 63-68.

17. Коваленко В. М. *Фізіологія рослин* / В.В. М. Коваленко. – К.: Наукова думка, 2009. – 328 с.

18. Shahina B. Maqbool, Prathibha Devi, & Sticklen, M. B. (2001). *Biotechnology: Genetic Improvement of Sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench)*.

In Vitro Cellular & Developmental Biology. Plant, 37(5), 504–515.
<http://www.jstor.org/stable/4293504>.

19. Іванченко, О. В. (2019). Ботанічна характеристика та біологічні особливості сорго зернового. Науковий вісник НУБіП України, 1(85), 59-63.

20. Макаренко, В. І. (2016). Біологічні особливості сорго зернового та їх значення для практики вирощування. Науково-технічний бюлетень Інституту зернових, 1(22), 16-21.

21. Кравчук О.І., Семенова С.В. Ботанічна характеристика та розведення рослин сорго / Зб. наук. пр. Таврійського нац. ун-ту ім. В.І. Вернадського. Серія: Біологія, 2018, вип. 31, с. 60-65.

22. Бабенко О.М., Підгайний Д.І. Біологічні особливості рослин сорго / Наукові записки Житомирського державного університету імені Івана Франка. Серія: Біологічна, 2019, т. 1, №1, с. 55-58.

23. Singh, S., Singh, O. P., Singh, P. K., & Singh, R. K. (2018). Influence of plant population on growth, yield and quality of sorghum under different agroclimatic conditions. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(11). P. 121-127.

24. Демиденко Б.Г. Вирощування сорго в Степу України та його використання. – К.: Вид-во УАСГН, 1961. – 119 с.

25. Андрусенко І.І., Коваленко А.М. Проміжні культури для сівозмінної ланки озимої пшениці – сорго на зерно // Зрошуване землеробство. К.: Урожай, 1978. – Вип.23. – 17 с.

26. Курило В.Л., Герасименко Л.А. Продуктивність сорго цукрового для виробництва біопалива залежно від строків сівби та глибини загортання насіння / Цукрові буряки. 2012. №1. С.14-15.

27. Дяченко, О. В. Особливості вирощування сорго зернового в умовах лісостепу України / О.В. В. Дяченко, Т. М. Сологуб // Науковий журнал "Агроєкологічний журнал". 2018. Т. 3. С. 69-75.

28. Гавриленко, М. І. Вплив режимів поливу на урожайність сорго зернового на лісостепу України / М.В. І. Гавриленко, В. В. Михайленко // Аграрна наука. 2020. Т. 2. С. 27-32.
29. Богданова Н. ф. Сорго зернове: біологія, агротехніка, виробництво /Н. ф. Богданова, В. І. Левчук, О. С. Муха та ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2016. 360 с.
30. Науменко В. С. Рослинництво / В. С. Науменко. – К.: Аграр Медіа Груп, 2009. 432 с.
31. Красненков С.В. Реакція сорго на зміну температурного режиму // Матеріали республіканської коорд.-метод. Ради з проблем кормових ресурсів і кормовиробництва „Зернофуражні, зернобобові і кормові культури”. – Вінниця, 1997. С. 26 – 27.
32. Kumar, A., Kumar, S., Singh, R. K., & Singh, O. P. (2017). Influence of sowing time and plant population on growth, yield and quality of sorghum. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 10(3). P. 249-254.
33. Демиденко Б.Г. Особливості вирощування сорго в Степу України та його використання. – К.: Вид-во УАСГН, 1963. 127 с.
34. Проведення передпосівного обробітку ґрунту і сівби насіння цукрового сорго: метод. реком. [за ред. Роїка М.В.]. Київ: ІБКіЦБ, 2012. 15 с.
35. Федорович Г.Т. Урожайність і якість сориту залежно від ланки сівозміни, строку сівби та системи живлення в умовах Півдня України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09«Рослинництво» / Г.Т.Федорович. - Х., 2010. 20 с.
36. Reddy, M. S., Ramaiah, M. S., & Ramu, G. (2019). Influence of sowing time and fertilizer management on growth, yield and quality of sorghum. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5). P. 120-124.
37. S. Singla and S. R Sharmawho (2018). Effect of sowing depth and spacing on growth, development and yield of grain sorghum [*Sorghum bicolor*]. *Journal of Agricultural Science & Technology*, 18(1). P. 83-89

38. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2006. 316 с.
39. Гунчак Т.І. Особливості вирощування сорго цукрового в якості сировини для виробництва біопалива в умовах Південно-Західного Лісостепу України / Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. 2014. Вип.21. С. 240-244.
40. Карпенко О.В. Вирощування сорго зернового в умовах правобережних районів України // Зернові культури: наука і практика: зб. наук. праць. – К., 2016. С. 182-185.
41. Васильченко, Л.М., & Денисенко, О.С. (2017). Розвиток сорго зернового за різними умовами вирощування. Агрономічний часопис, 1, 10-15.
42. Носко Б.С., Христенко А.О. Діагностика мінерального живлення // Удобрення польових культур при інтенсивних технологіях вирощування. – К.: Урожай. 1990. С. 31 – 61.
43. Носко Б.С. Удобрення польових культур при інтенсивних технологіях вирощування. – К.: Урожай. 1991. С. 30 – 57.
44. Васильченко Ю. П. Сорго – зернова культура майбутнього / Ю. Сорго. п. Васильченко, Л. І. Мілованова, О. А. Мальований та ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2014. – 224 с.
45. Aulakh, MS, Khera, KL, Aggarwal, RK, and Sandhu, KS (2014). Impact of different irrigation levels and nitrogen on growth, yield, and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Indian Journal of Agronomy*, 59(2). P. 215-221.
46. Mahajan, R.K., Singh, V.P., and Singh, R.K. (2014). Impact of irrigation levels and nitrogen doses on growth, yield, and quality of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in the arid region of Rajasthan. *Indian Journal of Agronomy*, 59(2). P. 293-298.
47. Singh, V. P., & Boote, K. J. (2015). Water use and yield of maize, sorghum, and pearl millet in the Sahel. *Agricultural Water Management*, 152, 167-175.

48. Leffler, A. J., & Mitchell, C. A. (2012). Water use by corn and grain sorghum in response to planting date, hybrids, and drought stress. *Transactions of the ASABE*, 55(3), 1045-1056.

49. Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). Crop yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper 66*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

50. Матвеева В. І. Сорго зернове: технології вирощування та переробки / В.С. І. Матвеева, О. В. Шевченко, І. В. Костишин та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2018. – 368 с.

51. Стрельникова, Л. М., & Литвиненко, В. В. (2010). Формування врожайності сорго зернового в умовах Лісостепу України. *Вісник сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія та біологія*, (4). С. 82-86.

52. Васильченко Ю. п. Сорго – зернова культура майбутнього / Ю. Сорго. п. Васильченко, Л. І. Мілованова, О. А. Мальований та ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2014. 224 с.

53. Андрусенко І.І. Сорго на зерно як проміжна культура для ланки озимої пшениці // *Зрошуване землеробство*. К.: Урожай, 1979. Вип.25. 19 с.

54. Литвиненко, В. В., Лобода, В. М., & Лобода, М. В. (2011). Вплив доз мінеральних добрив та системи обробітку ґрунту на урожайність сорго зернового в умовах Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*, (7), 26-29.

55. Дубина, І. П., Білий, В. О., & Єлісеєв, М. В. (2014). Оцінка сорго зернового за врожайністю в умовах Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*, (4), 3-6.

56. Науменко В. С. Рослинництво / В. С. Науменко. – К.: Аграр Медіа Груп, 2009. – 432 с.

57. Шукайло С.П. Продуктивність і якість зерна сорізу під впливом мінеральних добрив на півдні України [Текст] : дис... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Шукайло Світлана Петрівна ; Ін-т зрошуваного земл-ва. - Херсон, 1998. - 157 л. - л. 132-157.

58. Остапенко М.А., Самойленко А.Т., Самойленко В.В., Пергаєв О.А. Сорго на зерно в умовах Присивашся // Бюлетень інституту зернового господарства. – 2005. – №26-27. – С. 104 – 109.

59. Хоменко, І. В., Єрошенко, О. М., Лобода, В. М., & Пилипенко, В. І. (2020). Вплив типу ґрунту на вирощування сорго зернового у Лісостепу України. Наукові праці Вінницького національного аграрного університету. Сільськогосподарські науки, (3), 18-22.

60. Пилипенко, В. І., Лобода, В. М., & Єрошенко, О. М. (2019). Особливості технології вирощування сорго зернового на чорноземах Лісостепу України. Наукові праці Вінницького національного аграрного університету. Сільськогосподарські науки, (1), 10-14.

61. Лобода, В. М., Єрошенко, О. М., Хоменко, І. В., & Пилипенко, В. І. (2018). Вплив структури ґрунту на врожайність сорго зернового у Лісостепу України. Вісник аграрної науки, (12), 42-47.

62. Бережний, Є. Є., & Хоменко, І. В. (2017). Вплив різних ґрунтів на урожайність та якість сорго зернового у Лісостепу України. Науковий вісник НЛТУ України, (27.11), 93-98.

63. Щербанюк, М. О., & Кривенко, В. В. (2011). Вплив засолення ґрунту на фізіологічні показники та урожайність сорго зернового. Вісник аграрної науки, (2), 37-42.

64. Єрошенко, О. М., Хоменко, І. В., & Лобода, В. М. (2013). Вплив кислотності ґрунту на урожайність сорго зернового у Лісостепу України. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія, (196), 147-152.

65. Лобода, В. М., Хоменко, І. В., & Пилипенко, В. І. (2014). Вплив мінерального живлення та ґрунтових розчинів на урожайність сорго зернового на різних ґрунтах Лісостепу України. Вісник аграрної науки, (4), 17-21.

66. Харченко, Л. П., Єрошенко, О. М., & Лобода, В. М. (2016). Вплив фізико-хімічних властивостей ґрунту на урожайність сорго зернового у Лісостепу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету, (4), 68-75.

67. Smith, M., Heng, L. K., & Barlow, K. M. (2014). Crop yield response to deficit irrigation implemented by surface drip and subsurface drip systems. *Agricultural Water Management*, 134, 29-37.
68. Steiner J.L. Dryland grain sorghum water use, light interception, and growth responses to planting geometry / *Agron. J.* 1986. Т. 78. №4. Р. 720-726.
69. Smika, D. E., & Unger, P. W. (1983). Evapotranspiration response of grain sorghum to water supply. *Agronomy Journal*, 75(3), 425-429.
70. Siddique, K. H., Regan, K. L., Tennant, D., & Thomson, B. D. (2001). Water use and water-use efficiency of cool season grain legumes in low rainfall Mediterranean-type environments. *European Journal of Agronomy*, 15(4), 267-280.
71. Пилипенко, В. І., Лобода, В. М., & Лобода, М. В. (2013). Вплив агротехніки на формування урожайності сорго зернового в умовах Лісостепу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*, (1), 62-68.
72. Глушкова, О. В., & Жукова, О. В. (2012). Урожайність та економічна ефективність вирощування сорго зернового у Лісостепу України. *Аграрна наука*, (4), 54-58.
73. Стельмашук, О. В., Горбач, І. В., & Бойко, О. О. (2014). Формування врожайності сорго зернового на засолених ґрунтах. *Наукові праці Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сільськогосподарські науки*, (197), 148-155.
74. Yarmolenko, N., & Melnyk, A. (2015). Formation of yield and quality of grain sorghum under different tillage systems in the Forest-steppe of Ukraine. *Plant Breeding and Seed Production*, 102, 263-268.
75. Nosko, V., Boyko, I., Kamyshanov, V., & Leshuk, U. (2016). Perspective of energy crops in Ukraine. *Науковий журнал «Біологічні системи: теорія та інновації»*, 0(214), 216-222. Отримано з <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/6230>.
76. Demchuk N.I. Sorghum market development in Ukraine under the impact of global trends [Електронний ресурс] / Natalia Demchuk, Oleh Okselenko //

Соціально-економічні проблеми і держава. — 2015. — Вип. 2 (13). — С. 88-96.

— Режим доступу до журн.:
<http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2015/15dniogt.pdf>.

77. Bezuhla, L. (2021). Economic aspect of territorial production of amaranth, hemp and sorgo in Ukraine. *Economy and Society*, (25).
<https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-25-79>.

78. Kalenska S., Rakhmetov D.B., Kalenskiy V. at al. Prospects of sorghum (sorghum moench) bioenergetic potential in Ukraine. International Scientific Conference «Rural Development: Innovations and Sustainability». Proceedings., Kaunas, Akademija. 2013, Vol. 6. P. 60–64.

79. Бикін А. В., Антал В. М., Найденко В. М. Фенологічні особливості сорго зернового залежно від впливу елементів технології вирощування Таврійський науковий вісник. 2019. № 107. С. 12-21 DOI
<https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.2>.

80. Калашник Н.С., Олексенко Ю.Ф., Пустовар А.В. Сорго. – Київ: Урожай, 1978. – 72 с.

81. Lakhdive B.A. Sorghum yield on micronutrient containing fertilizers. – *Indian J. Agron.* – 1977. – v. 19. – №1. – P. 207 – 219.

82. Petrov, M., Ivanov, V., & Kovalenko, O. (2020). Efficiency of different mineral fertilization systems on grain sorghum yield in the Forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(1), 78-83.

83. Tishchenko, V., Trokhymchuk, A., & Vasilyeva, N. (2016). Features of agrobiological characteristics of grain sorghum varieties in the conditions of the Forest-steppe of Ukraine. *Agro-Science*, 15(3), 39-45.

84. Калачова, Т., & Костенко, О. (2012). Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сорго зернового у Лісостепу України. Наукові записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського, Серія: Біологія, Хімія, 25(64), 143-148.

85. Коваленко, І., & Харченко, Л. (2011). Формування врожайності сорго зернового в умовах Лісостепу України. Вісник селекції і насінництва рослин, 7(1), 144-150.
86. Anon. Sorgho da granella (*Sorghum vulgare* o *Sorghum bicolor*) / Terra e vita. 1987. Т. 28, №9. Р. 89-90.
87. Wall, G. W., Garcia, R. L., Kimball, B. A., Hunsaker, D. J., & Pinter Jr, P. J. (2005). Elevated atmospheric CO₂ increased sorghum biomass under drought conditions. *New Phytologist*, 167(3), 907-917.
88. Wachendorf M. Thermal use of agricultural biomass. BOVA course «Energy Crops and Biomass Production». Tartu, Estoniya. 2008. 212 p.
89. Zhao Y.L., Dolat A., Steinberger Y. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. *Field Crops Res.* 2009 Vol. 111, No. 1-2. P. 55-64.
90. Євтушенко В.І., Петрова І.В. Сорго в Україні: стан вирощування та перспективи розвитку / *Аграрна наука та харчові технології*, 2017, №1, с. 5-9.
91. Бойко О.В., Ковальова Л.І. Особливості вирощування сорго зернового в умовах України / *Науковий журнал «Аграрна наука та харчові технології»*, 2016, №4, с. 8-12.
92. Фарафонов В.А. Сорго – потенційно стратегічна культура / В.А. Фарафонов // *Хімія. Агрохімія. Сервіс.* – 2003 – №17. – С. 4.
93. Шепель М.А. Соргові культури просяться на лани України / М.А. Шепель // *Пропозиція.* – 2004. – №6. – С. 54-55.
94. Choudhari, M. L., Shrivastava, R. L., Singh, R. K., & Singh, A. (2011). Influence of plant density and nitrogen level on growth, yield, and quality of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Journal of Agrometeorology*, 13(1), 62-66.
95. Singh, R. K., Singh, S. P., Singh, A., & Singh, R. K. (2012). Influence of nitrogen level and plant population on yield and quality of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Journal of Agrometeorology*, 14(2), 190-194.

96. AB Adepoju, MO Oladele, and MO Odedina. (2017). Influence of spacing and planting density on growth, yield, and quality of grain sorghum. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(3), 643-652.
97. Демиденко Б.Г. Особливості вирощування сорго в Степу України та його використання. – К.: Вид-во УАСГН, 1963. – 127 с.
98. Chapin F.S. The mineral nutrition // *Ann. Rev. Ecol. Syst.* – 1978. – №10. – P. 200 – 223.
99. Chapin F.S. The mineral nutrition of vied plants // *Ann. Rev. Ecol. Syst.* – 1980. – №11. – P. 233 – 260.
100. 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 at other] / *Asian journal of plant sciences*. 2007. № 6(2). P. 423-426.
101. Каражбей Г.М. Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.) залежно від рівня мінерального живлення та густоти стояння / Г.М. Каражбей, С.В. Тегун // *Зб. наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН* - 2012. - № 14. - С. 67-70.
102. Коваленко, А. В. Вплив засобів захисту рослин на урожайність сорго зернового в Лісостепу України / А.В. В. Коваленко, І. В. Шевченко // *Вісник аграрної науки*. - 2020. - Т. 3. - С. 35-40.
103. Марченко, М., Шерстюк, І., & Горілко, І. (2010). Забур'яненість сорго зернового в залежності від густоти посіву та агротехнічних заходів. *Аграрна наука Європи*, 4(2), 10-15.
104. Пащенко Ю.М., Андрієнко А.Л. Густота стояння рослин гібридів сорго в умовах північного Степу України / *Бюл. ІЗГ*. 2003. № 20-25. С. 17-25.
105. Макаров Л. Х., Скорий М.В. Соріз (технологія, селекція, насінництво, переробка): монографія. Херсон: Айлант, 2009. 224 с.
106. Хом'як, О.М., Хоменко, І.А., & Гарбар, О.І. (2009). Оптимізація густоти посіву сорго зернового в умовах Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*, 11, 77-81.

107. Поплавський, І.В., Романенко, В.М., & Шинкаренко, М.П. (2010). Вплив густоти посіву на урожайність та структуру рослин сорго зернового. *Зернові культури*, 2(39), 176-180.
108. Сорго зернове: ботанічна характеристика, вирощування та використання / за ред. І.І. Мельничука, В.В. Калініченка. – К.: Аграр Медіа Груп, 2017. – 140 с.
109. Сичук Л.В. Виробництво біопалива: вплив мінеральних добрив та ширини міжрядь на продуктивність цукрового сорго / Л.В. Сичук // *Цукрові буряки*. - 2012. - №4. - С. 15-16.
110. AB Adepoju, MO Oladele, and MO Odedina. (2017). Influence of spacing and planting density on the growth, yield, and quality of grain sorghum. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(3), 643-652.
111. Танчик С. П., Мокрієнко В.А., Скалій І.М. Новітні елементи в технологіях вирощування сорго / С. П. Танчик / *Хімія. Агрономія*. Київ: ТОВ «Дельта-Агро». 2009. 19-20 (287-288). С. 48-50.
112. Abd El-Hakim, H. F., El-Monem, A. A., & Mahmoud, Y. A. G. (2019). 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*, 10(3), 63-72.
113. Макаров Л.Х. Соргові культури: монографія / Л.Х. Макаров. - Херсон: Айлант, 2006. - 264 с.
114. Kravchenko, O., Radchenko, S., & Horhunov, Y. (2019). Productivity and quality of grain sorghum depending on row spacing in the conditions of the Crimean steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 182-186.
115. Balynska, N., Lytvynenko, L., & Bulaievska, O. (2015). Effect of row spacing on grain sorghum yield in the conditions of the Crimea. *Plant Varieties Studying and Protection*, 11(4), 316-320.
116. Коноваленко, В.М., Сушкевич, А.В., & Луценко, В.А. (2014). Особливості вирощування сорго зернового в умовах Лісостепу України. *Аграрний вісник Причорномор'я*, 3(69), 83-86.

117. Шаповалова, Н., Сідляр, А., & Костіна, Л. (2013). Вплив густоти посіву на забур'яненість сорго зернового та його урожайність. Сучасні проблеми екології, 13, 76-82.

118. 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>

119. Шевченко, В. Г., & Гайда, Ю. О. (2017). Вплив густоти посіву на урожайність та якість зернового сорго в умовах Степу України. Вісник Дніпропетровського аграрного університету, (4), 106-110.

120. Бабенко, В. М. (2018). Вплив густоти рослин на врожайність та якість зернового сорго в умовах Степу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії, (3), 37-43.

121. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

122. Валієв, Г. Р., & Сіненко, І. В. (2014). Вплив густоти посіву та внесення мінеральних добрив на урожайність та якість зернового сорго в умовах Степу України. Науковий вісник Національного аграрного університету, (146), 33-38.

123. Kutman, U. B., Yildiz, B., & Cakmak, I. (2011). Effect of nitrogen on uptake, remobilization and partitioning of zinc and iron throughout the development of durum wheat. *Plant and Soil*, 342(1-2), 149-164.

124. Jayaraj, D., & Subramanian, P. (2020). Effect of micronutrients on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under rainfed condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(10), 2571-2576.

125. Smith, F. W., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. <https://cutt.ly/ywoH9jnQ>

126. Briat, J. F., Ravet, K., & Arnaud, N. (2015). New insights into ferritin synthesis and function highlight a link between iron homeostasis and oxidative stress in plants. *Annals of Botany*, 116(2), 359-368.
127. Sattar, A., Cheema, M. A., Sher, A., Awan, T. H., & Iqbal, M. Z. (2018). Molybdenum nutrition of crop plants. In *Molybdenum in Agriculture* (pp. 113-131). Springer.
128. Zhang, F. S., Shen, J. B., & Li, L. (2010). Nitrogen uptake and utilization efficiency in crops: an overview. In *Nitrogen in Agriculture: Updates* (pp. 59-77). Springer.
129. Cakmak, I. (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146(2), 185-205.
130. Cakmak, I., & Kirkby, E. A. (2008). Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiologia Plantarum*, 133(4), 692-704.
131. Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic Press <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>
132. Fageria, N. K. (2009). *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press/Taylor & Francis Group, LLC. <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Agricultural-Chemistry/The-Use-of-Nutrients-in-Crop-Plants.pdf> .
133. Gram G, Roobroeck D, Pypers P, Six J, Merckx R, Vanlauwe B (2020) Combining organic and mineral fertilizers as a climate-smart integrated soil fertility management practice in sub-Saharan Africa: A meta-analysis. *PLoS ONE* 15(9): e0239552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239552>
134. Cen Y, Guo L, Liu M, Gu X, Li C, Jiang G. Using organic fertilizers to increase crop yield, economic growth, and soil quality in a temperate farmland. *PeerJ*. 2020 Aug 19;8:e9668. doi: 10.7717/peerj.9668. PMID: 32879791; PMCID: PMC7443080.

135. de Ruijter, F.J., Boumans, L.J.M., Smit, A.L. et al. Nitrate in upper groundwater on farms under tillage as affected by fertilizer use, soil type and groundwater table. *Nutr Cycl Agroecosyst* 77, 155–167 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10705-006-9051-9>

136. Vargas, E.F., Manrique, Y.J., Pacheco, D.P., Torres, N.S., Martínez, F., 2007. Desviaciones al modelo logarítmico-lineal en la solubilidad de ibuprofén y naproxén en mezclas cosolventes propilenoglicol-agua. *Química Nova* 30, 1945–1950.. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422007000800028>

137. Adam B. Cobb, Gail W.T. Wilson, Carla L. Goad, Scott R. Bean, Tesfaye T. Tesso, Jeff D. Wilson, Assessing the influence of farm fertility amendments, field management, and sorghum genotypes on soil microbial communities and grain quality, *Applied Soil Ecology*, Volume 119, 2017, Pages 367-374, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.010>.

138. Barthès & Roose (2002) Barthès B, Roose E. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion, validation at several levels. *Catena*. 2002;47(2):133–149. doi: 10.1016/S0341-8162(01)00180-1.

139. Azraf-ul-Haq Ahmad, Imran Qadir and Naeem Mahmood (2007). Effect of integrated use of organic and inorganic fertilizers on fodder yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Pak. J. Agri. Sci.*, Vol. 44(3), 2007. P. 415-419.

140. W. Bayu, N. F. G. Rethman, P. S. Hammes & G. Alemu (2006) Effects of Farmyard Manure and Inorganic Fertilizers on Sorghum Growth, Yield, and Nitrogen Use in a Semi-Arid Area of Ethiopia, *Journal of Plant Nutrition*, 29:2, 391-407, DOI: 10.1080/01904160500320962

141. Serme, I., Ouattara, K., Ouattara, D., Ouedraogo, S., Youl, S., Wortmann, C. (2018). Sorghum Grain Yield Under Different Rates of Mineral and Organic Fertilizer Application in the South-Sudan Zone of Burkina Faso. In: Bationo, A., Ngaradoum, D., Youl, S., Lompo, F., Fening, J. (eds) *Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients Through Site Specific Fertilizer Recommendations in West Africa Agro-Ecosystems*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58792-9_14

142. Michael J.W. Maw, James H. Houx, Felix B. Fritschi, Nitrogen fertilization of high biomass sorghum affects macro- and micronutrient accumulation and tissue concentrations, *Industrial Crops and Products*, Volume 156, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112819>.

143. Serme, I., Ouattara, K., Ouattara, D., Ouedraogo, S., Youl, S., Wortmann, C. (2018). Sorghum Grain Yield Under Different Rates of Mineral and Organic Fertilizer Application in the South-Sudan Zone of Burkina Faso. In: Bationo, A., Ngaradoum, D., Youl, S., Lompo, F., Fening, J. (eds) *Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients Through Site Specific Fertilizer Recommendations in West Africa Agro-Ecosystems*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58792-9_14

144. S. Enchev*, G. Kikindonov (2015). Influence of mineral nitrogen and organic fertilization on the productivity of grain sorghum. *Agricultural science and technology*, Vol. 7, No 4, pp 441-443. <http://agriscitech.eu/wp-content/uploads/2015/12/010.pdf>

145. Кулішенко, О. М., Чепурна, Н. В., & Кулішенко, М. О. (2015). Вплив органічних та мінеральних добрив на ріст, розвиток і продуктивність сорго зернового. *Агроекологічний журнал*, 2, 29-34.

146. Мельник, О. А., Лазарева, І. М., & Чередніченко, О. В. (2017). Якісні показники зерна сорго зернового за впливу органічних та мінеральних добрив. *Агроекологічний журнал*, 1, 46-51. досліджували вплив органічних та мінеральних добрив на якісні показники зерна сорго зернового.

147. Климович П.В. Ефективність доз і строків застосування добрив під сорго зернове на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.04. ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського. Харків: 2007. 23 с.

148. Ramu, G., Reddy, M. S., & Ramaya, M. S. (2019). Influence of nutrient management on growth, yield and quality of sorghum. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5), 121-125.

149. Рекомендації по вирощуванню сорго у степовій зоні Української РСР. – К.: Урожай, 1977. – С. 32-34.
150. Фарафонов В.А. Сорго – потенційно стратегічна культура / В.А. Фарафонов // Хімія. Агрохімія. Сервіс. – 2003 – №17. – С. 4.; Науменко В. С. Рослинництво / В. С. Науменко. – К.: Аграр Медіа Груп, 2009. – 432 с.
151. Климович П.В. Ефективність доз і строків застосування добрив під сорго зернове на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.04. ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського. Харків: 2007. 23 с.
152. Bayu, W., Rethman, N. F. G., Hammes, P. S., & Alemu, G. (2006). Effects of Farmyard Manure and Inorganic Fertilizers on Sorghum Growth, Yield, and Nitrogen Use in a Semi-Arid Area of Ethiopia. *Journal of Plant Nutrition*, 29(2), 391–407. doi: 1080/01904160500320962.
153. Ivanina, V. V., & Pashynska, K. L. (2022). Formation of nutritional balance in grain sorghum crops under different fertilizer systems. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 47(1), 65-70. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.9>.
154. Білецький, М. В. Ефективність застосування різних доз добрив у вирощуванні сорго зернового на лісостепу України. Наукові праці ННЦ "Інститут землеробства НААН". 2019. Т. 1. С. 22-28.
155. Ostmeier, T. J., Bahuguna, R. N., Kirkham, M. B., Bean, S., & Jagadish, S. V. K. (2022). Enhancing Sorghum Yield Through Efficient Use of Nitrogen - Challenges and Opportunities. *Frontiers in plant science*, 13, 845443. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.845443>.
156. Abdalla, M.A., Salih, N.O., Hassabo, A.A., and Mahala, A.G. 2007. Effect of application of organic amendments on quality of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in the semi-arid tropics. *Archives of Agronomy and Soil Science* 53: 529-538.

157. Tonitto, C., Ricker-Gilbert, J.E. Nutrient management in African sorghum cropping systems: applying meta-analysis to assess yield and profitability. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 10 (2016). <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0336-8>.
158. Abebe, Z., & Deressa, H. (2017). The Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on the Yield of Two Contrasting Soybean Varieties and Residual Nutrient Effects on a Subsequent Finger Millet Crop. *Agronomy*, 7(2), 42. <https://doi.org/10.3390/agronomy7020042>.
159. Сіренко, Ю.П., Чумак, О.В. (2008). Вплив азоту та калію на ріст та розвиток сорго зернового. *Агрохімія і ґрунтознавство*. № 5. С. 45-48.
160. Гончаренко В.М., Фурса Т.А. (2010). Вплив різних доз азоту на ріст та розвиток сорго зернового. *Зернові культури*. №5. С. 32-35.
161. Suresh, K., Srinivas, T. (2019). Influence of irrigation and nutrient management on yield and quality of sorghum. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 7(3), 121-128.
162. Калініченко В.В., Кондратенко І.І., Кондратенко Ю.І. (2015). Сорго зернове: ботанічна характеристика, сортові особливості, вирощування та використання. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. № 6. С. 195-203.
163. Wang, C., Zhou, L., Gao, J., Zhang, G., Peng, F., Zhang, C., Zhao, Q., Peng, Q., Shao, M. (2022). Changes in Nutrient Accumulation and Transportation of Waxy Sorghum in Waxy Sorghum-Soybean Intercropping Systems Under Different Row Ratio Configurations. *Frontiers in plant science*, 13, 921860. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.921860>.
164. Панченко Л.П., Коваленко В. М., Ільченко В. А. та ін. *Технологія вирощування зернових культур*. К.: Аграр Медіа Груп, 2009. 376 с.
165. Jones, J.B.; Eck, H.V.; Voss, R. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In *Soil Testing and Plant Analysis*, 3rd ed.; Westerman, R.L., Ed.; Soil Science Society of America: Madison, WI, USA, 1990; pp. 521–527.

166. Gupta, P. K., Kumar, A. (2016). Effect of phosphorus and potassium nutrition on growth, yield, and nutrient uptake of sorghum (*Sorghum bicolor*). *Journal of Plant Nutrition*, 39(13), 1821-1830.
167. Біоенергетична продуктивність цукрового сорго залежно від умов азотного живлення. [В.В. Іваніна, А.О. Сипко, Г.А. Сінчук та ін.]. *Біоенергетика*. 2014. № 2. С. 25-27.
168. Вплив азотних добрив на біоенергетичну продуктивність цукрового сорго. [В.В. Іваніна, А.О. Сипко, Г.А. Сінчук та ін.]. *Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. 2013. Вип. 19. С. 51-54.
169. 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». К., 2013. 21 с.
170. Reddy, B. S., Rao, K. V., & Subramanyam, D. (2018). Influence of nitrogen and phosphorus on growth, yield, and quality of grain sorghum. *Journal of Plant Nutrition*, 41(3), 324-332.
171. Демиденко Б.Г. Вирощування сорго в Степу України та його використання. К.: Вид-во Укр. академії с.-г. наук, 1961. 89 с.
172. Goyal, P., Lal, M. (2019). Effect of phosphorus and zinc on growth, yield, and nutrient uptake of kharif sorghum (*Sorghum bicolor*). *International Journal of Chemical Studies*, 7(5), 1941-1944.
173. Berhanu, B., Fikadu, Y. (2018). Effects of phosphorus fertilizer rates and intra-row spacing on yield and yield components of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) at Farta, North West Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 8(19), 8-16.
174. Pandey, A. N., & Rai, M. (2016). Effect of potassium nutrition on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. *Indian Journal of Plant Physiology*, 21(3), 268-275.
175. Калашник Н.С., Олексенко Ю.Ф., Пустовар А.В. Сорго. – Київ: Урожай, 1978. – 72 с.

176. Шукайло С.П. Продуктивність і якість зерна сорізу під впливом мінеральних добрив на півдні України: Автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Херсон, 1999. 16 с.
177. Reddy, B. S., Rao, K. V., Subramanyam, D. (2018). Influence of nitrogen and phosphorus on growth, yield, and quality of grain sorghum. *Journal of Plant Nutrition*, 41(3), 324-332.
178. Gupta, S. K., & Gupta, V. (2016). Effect of phosphorus and potassium fertilization on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor*). *Indian Journal of Plant Physiology*, 21(4), 366-371.
179. Каражбей Г.М., Тегун С.В. Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*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.
180. Gopalakrishnan, S., Srinivas, V., & Surekha, K. (2017). Influence of potassium and zinc on growth, yield, and nutrient uptake of rabi sorghum (*Sorghum bicolor*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), 1572-1579.
181. Федорович Г.Т. Урожайність і якість сорізу залежно від ланки сівозміни, строку сівби та системи живлення в умовах Півдня України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09«Рослинництво». Х., 2010. 20 с.
182. Beringer H., Trolldenier G. Influence of K nutrition on response to environmental stress. - In.: Potassium Research-Review and Trends. Bern / Switzerland, 1978. 49p.
183. Бойко М.О. Обґрунтування агротехнічних прийомів вирощування сорго зернового в умовах Півдня України / Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія» [Редкол.: С. М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін.]. К. : ВЦНУБіП України, 2016. Вип. 235. С.33-39.

184. Sharan, S. S., & Lal, M. (2020). Effect of potassium levels and biofertilizers on growth, yield, and nutrient uptake of rainfed kharif sorghum (*Sorghum bicolor*). *International Journal of Chemical Studies*, 8(3), 2483-2488.
185. Pandey, A. N., Rai, M. (2016). Effect of potassium nutrition on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. *Indian Journal of Plant Physiology*, 21(3), 268-275.
186. Jayaraj, D., & Subramanian, P. (2020). Effect of micronutrients on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under rainfed condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(10), 2571-2576.
187. Ramteke, S. D., & Kulkarni, S. P. (2018). Effect of nitrogen and potassium on growth, yield, and nutrient uptake of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in vertisols. *Journal of Agrometeorology*, 20(2), 212-215.
188. Reddy, B. S., & Rao, K. V. (2019). Response of hybrid sorghum to nitrogen and phosphorus fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 42(12), 1463-1471.
189. Iqbal, M. Z., Akhtar, N., & Rashid, M. (2013). Foliar application of phosphorus improves growth and yield of grain sorghum. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(6), 1643-1650.
190. 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.
191. Pessi V., Vlanen V., Syvalahti J. The effect of fertilisation the grain crop of cereals, primarily on the protein content / *Suomen maataloustieteellisen seuran julk.* 1971. №123. P. 206-216.
192. Sarig S., Kapubini G., Nur I. Response of non-irrigated *Sorghum bicolor* of *Asospirillum* inoculations / *Expl. Agr.* 1984. v. 20. P. 59-66.
193. Черненко А.В., Остапенко М.А., Пергаев О.А. Сорго – резерв кормової бази в посушливих умовах Присивашся. *Бюлетень інституту зернового господарства*. 2005. №26-27. С. 169-171.

194. Черенков А.В., Остапенко М.А., Самойленко А.Т., Самойленко В.В. Сорго на зерно в умовах Південного Степу України. Агроном. 2006. №3. С. 36-38.
195. Макаров Л. Х. Соріз (технологія, селекція, насінництво, переробка): Монографія / Л.Х.Макаров, М.В. Скорий. - Херсон: Айлант, 2009. - 224 с.
196. Гунчак Т.І. Особливості вирощування сорго цукрового в якості сировини для виробництва біопалива в умовах Південно-Західного Лісостепу України. Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. 2014. Вип.21. С.240-244.
197. Лихочвор В.В. Практичні поради з вирощування зернових та зернобобових культур в умовах Західної України. Львів: НВФ „Українські технології”, 2001. С. 66-69.
198. Каражбей Г.М., Шпак П.І., Козловська М.С., Мельниченко Т.П., Карпич М.К. Формування продуктивності залежно від стабільності та пластичності сортів сорго зернового. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2017. № 2. С. 150-154.
199. Несміян І.Н. Однорічні кормові культури. К.: Урожай, 1972. 304 с.
200. Іващенко О.О., Рудник - Іващенко О.І. Перспективи вирощування кукурудзи і сорго. Хімія. Агрономія. Сервіс. 2011. № 12. С. 38–41.
201. Вплив азотних добрив на продуктивність зернового сорго в умовах Луганської області / [О.В. Барановський, М.М. Трофименко, В.І. Вечеров та ін.]. Наук. вісн. Луганського нац. аграр. ун-ту. 2012. Вип. 36. С. 9-16.
202. Балан В.М., Сторожик Л.І. Вирощування цукрового сорго як біоенергетичної культури. Цукрові буряки. 2010. № 5 С. 14–15.
203. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2006. 316 с.
204. Ковальов, Ю. Ф., Чайка, В. В. (2014). Фізіологія рослин сорго зернового при випуску позакореневих добрив. Наукові доповіді НУБіП України, 2(54). С. 1-7.

205. Секрети мікродобрив та регуляторів росту рослин. Джерело доступу: <https://agrosfera.ua/ua/articles/microdobruva-regulyatoru>.
206. Петренко, В. М., Лобода І. П. (2014). Відновлення інтенсивності метаболізму рослин сорго зернового під впливом позакореневих удобрень. Український журнал екології. 2(2). С. 155-160.
207. Андрієнко, Т.Л. (2009). Ефективність позакореневого підживлення сорго зернового мікроелементами. Вісник аграрної науки. № 3. С. 24-27.
208. Amoanimaa-Dede, H., Su, C., Yeboah, A., Zhou, H., Zheng, D., & Zhu, H. (2022). Growth regulators promote soybean productivity: a review. PeerJ, 10, e12556. <https://doi.org/10.7717/peerj.12556>; The use of plant growth regulators. Access mode: <https://lainco.com/en/the-use-of-phytoregulators>.
209. Tripathi Ruchi, Tewari Rashmi, Singh K. P., Keswani Chetan, Minkina Tatiana, Srivastava Anoop Kumar, De Corato Ugo, Sansinenea Estibaliz. Plant mineral nutrition and disease resistance: A significant linkage for sustainable crop protection. Frontiers in Plant Science. Vol.13. 2022. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.883970>
DOI=10.3389/fpls.2022.883970
210. O. Martínez-Viveros, M.A. Jorquera, D.E. Crowley, G. Gajardo and M.L. Mora. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by Rhizobacteria. J. Soil Sci. Plant Nutr. 10 (3): 293 - 319 (2010). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000100006>.
211. Рогач Т.І., Кур'ята В.Г. Фізіологічні основи регуляції морфогенезу та продуктивності соняшнику за допомогою хлормекватхлориду і трептолему. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. 140 с.
212. Ходаніцька О.О., Кур'ята В.Г. Дія хлормекватхлориду і трептолему на морфогенез, продуктивність та жирнокислотний склад насіння льону олійного. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 148 с.
213. P. Hedden, REGULATORS OF GROWTH | Gibberellins, Encyclopedia of Applied Plant Sciences, Elsevier, 2003,pp. 1011-1019,

<https://doi.org/10.1016/B0-12-227050-9/00064-8>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0122270509000648>.

214. Sah, S., Krishnani, S., & Singh, R. (2021). Pseudomonas mediated nutritional and growth promotional activities for sustainable food security. *Current research in microbial sciences*, 2, 100084. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100084>.

215. Urban, L., Lauri, F., Ben Hdech, D., & Aarrouf, J. (2022). Prospects for Increasing the Efficacy of Plant Resistance Inducers Stimulating Salicylic Acid. *Agronomy*, 12(12), 3151. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123151>.

216. Palmieri, D.; Ianiri, G.; Del Grosso, C.; Barone, G.; De Curtis, F.; Castoria, R.; Lima, G. (2022). Advances and Perspectives in the Use of Biocontrol Agents against Fungal Plant Diseases. *Horticulturae*. 8. 577. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070577>.

217. Lahlali, R., Ezrari, S., Radouane, N., Kenfaoui, J., Esmael, Q., El Hamss, H., Belabess, Z., & Barka, E. A. (2022). Biological Control of Plant Pathogens: A Global Perspective. *Microorganisms*, 10(3), 596. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030596>; Biopesticides and biocontrol agents guidelines. Access mode: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/mul204457.pdf>.

218. Haruna, A., & Yahaya, S. M. (2021). Recent Advances in the Chemistry of Bioactive Compounds from Plants and Soil Microbes: a Review. *Chemistry Africa*, 4(2), 231–248. <https://doi.org/10.1007/s42250-020-00213-9>.

219. Ткачук О.П., Шкатула Ю.М., Тітаренко О.М. Сільськогосподарська екологія: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. - 542 с.

220. Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., & Cunill, J. M. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in microbiology*, 13, 962619. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>.

221. Мельничук М.Д., Кляченко О.Л. Біотехнологія а агросфері: Навчальний посібник. К., 2014. 245 с.
222. Wang, Y. H., Irving, H. R. (2011). Developing a model of plant hormone interactions. *Plant signaling & behavior*, 6(4), 494–500. <https://doi.org/10.4161/psb.6.4.14558>.
223. Писаренко В. М., Писаренко В.В., Писаренко П. В. Управління агротехнологіями за умов посух. ПДАА. Полтава, 2020. 161 с.
224. Домарацький Є.О. Агроекологічне обґрунтування системного застосування багатофункціональних рістрегулюючих препаратів при вирощуванні польових культур у Південному Степу. Автореф. дис. докт. с.-г. н. Херсонський державний аграрний університет. 2019. 47 с.
225. Brendel, O. The relationship between plant growth and water consumption: a history from the classical four elements to modern stable isotopes. *Annals of Forest Science* 78, 47 (2021). <https://doi.org/10.1007/s13595-021-01063-2>.
226. Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul-Wajid, H. H., & Battaglia, M. L. (2021). Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(2), 259. <https://doi.org/10.3390/plants10020259>.
227. Kamini Gautam, Chhavi Sirohi, N. Raju Singh, Yourmila Thakur, Surendra Singh Jatav, Kiran Rana, Manoj Chitara, Rajendra Prasad Meena, Ashish Kumar Singh, Manoj Parihar, Chapter 1 - Microbial biofertilizer: Types, applications, and current challenges for sustainable agricultural production. *Biofertilizers*. Woodhead Publishing. 2021, pp. 3-19, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821667-5.00014-2>.
228. Федорчук М.І., Коковіхін С.В., Каленська С.М., Рахметов Д. Б., та ін. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування екологобезпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України: монографія. Херсон, 2017р. 208 с.

229. Castro-Camba, R., Sánchez, C., Vidal, N., & Vielba, J. M. (2022). Plant Development and Crop Yield: The Role of Gibberellins. *Plants*, 11(19), 2650. <https://doi.org/10.3390/plants11192650>.

230. Luc Christiaensen, Lionel Demery, Jesper Kuhl, The (evolving) role of agriculture in poverty reduction—An empirical perspective, *Journal of Development Economics*, Volume 96, Issue 2, 2011, Pages 239-254, <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2010.10.006>.

231. Музика О.В. Формування врожаю сорго цукрового за вирощування як енергетичної культури в умовах Лісостепу правобережного.. Автореф. дис. канд. с.-г. н. Білоцерківський національний аграрний університет. 2020. 20 с.

232. Abreha, K.B., Enyew, M., Carlsson, A.S. et al. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta* 255, 20 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03799-7>.

233. Prasad, V. B. R., Govindaraj, M., Djanaguiraman, M., Djalovic, I., Shailani, A., Rawat, N., Singla-Pareek, S. L., Pareek, A., & Prasad, P. V. V. (2021). Drought and High Temperature Stress in Sorghum: Physiological, Genetic, and Molecular Insights and Breeding Approaches. *International journal of molecular sciences*, 22(18), 9826. <https://doi.org/10.3390/ijms22189826>.

234. Khanthavong P, Yabuta S, Asai H, Hossain MA, Akagi I, Sakagami J-I. Root Response to Soil Water Status via Interaction of Crop Genotype and Environment. *Agronomy*. 2021; 11(4):708. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040708>.

235. Іващенко О.О. Бур'яни в агрофітоценозах. К.: Світ, 2001. 234 с.

236. Mishra, J.S., Patil, J.V. (2015). Nutrient-Use Efficiency in Sorghum. In: Rakshit, A., Singh, H.B., Sen, A. (eds) *Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances*. Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2169-2_19.

237. Federico Antonio Gutiérrez-Miceli, Roberto Carlos García-Gómez, Reiner Rincón Rosales, Miguel Abud-Archila, Oliva Llaven María Angela, Marcos Joaquín Guillen Cruz, Luc Dendooven, Formulation of a liquid fertilizer for sorghum

(*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate, *Bioresource Technology*, Volume 99, Issue 14, 2008, Pages 6174-6180, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.043>.

238. Методика державного випробування сортів сільськогосподарських культур. Вид. 2, вип. 7. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. Український інститут експертизи сортів рослин. К.: Арефа, 2000.

239. Куперман Ф.М. Морфофізіологія рослин. Морфофізіологічний аналіз етапів органогенезу різних життєвих форм покритонасінних рослин. Вища школа, 1984. 240 с.

240. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вища школа, 1994. 334 с.

241. Ничипорович, А. О. (1982) Фізіологія фотосинтезу і продуктивність. С. 7–38.

242. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica – 6: Методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.

243. Методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій. [Баланюк І. Ф., Барило С. І., Басун С. Р. та ін.] К.: Урожай. 1986. С. 32.

244. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1988. 205 с.

245. Рожков А.О., Свиридова Л.А. Польова схожість насіння і виживаність рослин сорго зернового залежно від впливу норми висіву та способу сівби. Вісник ХНАУ Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання», 2017, вип.1. 99-109.

246. Бойко М. О. Формування асиміляційного апарату гібридів сорго зернового в залежності від строків сівби та густоти посівів. Таврійський науковий вісник (Сільськогосподарські науки). Херсон, 2017. Вип. 97. С. 18–22.

247. Тітаренко О.С., Карпук Л.М. (2022). Ефективність фотосинтезу сорго залежно від впливу елементів технології вирощування. Новітні агротехнології, 10(3). <https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.287179>

248. Каленська С. М., Найденко В. М. (2018). Урожайність сорго зернового залежно от ширини міжрядь и системи удобрення. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Вип. 26. С. 67–75.

249. Давиденко С. Ю., Рожков А. О. (2022). Урожайність зерна сорго за різних варіантів застосування стимулятора росту Вегестим у Північному Степу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. (1), 18-28. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.02>.

250. Тітаренко О.С., Карпук Л.М. (2022). Урожайність та енергетична ефективність сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 145–151. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151>.

251. Самойленко В.В., Самойленко А.Т. Сорго зернофуражне і харчове. Хранение и переработка зерна, 2001, №2.

252. Сторожик Л.І., Музика О.В. (2019). Ефективність вирощування сорго цукрового для переробки на біопаливо. Таврійський науковий вісник № 108. С. 100-109. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.14>.

253. Горбаченко Н.І. Ефективність мікробних препаратів при вирощуванні сорго цукрового в умовах Полісся. Сільськогосподарська мікробіологія, 2013, Вип. 18. 39-50.

254. Пашинська К.Л. Енергетична ефективність вирощування сорго зернового за різних систем удобрення. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків, 2021. (27), 61–66. <https://doi.org/10.47414/np.27.2019.211139>.

255. Тітаренко, О. С., Карпук, Л. М. (2021). Ефективність вирощування сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. Новітні агротехнології, (9). <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.259698>.

256. Тітаренко О.С. (2022). Економічна оцінка ефективності вирощування сорго зернового. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 2. С. 200–206. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-174-2-200-206>.

ДОДАТКИ

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 продуктивності, а саме: внесення мікродобрива Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті); за вирощування гібриду Брігга, комбінувати мікродобриво з внесенням регулятора росту Стимно, 20 мл/га в фазу 5 листків; за вирощування гібриду Ютамі, комбінувати мікродобриво з внесенням регулятора росту Стимно, 20 мл/га у фазу 5 листків або Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків; для підвищення якісних характеристик зерна застосовувати позакореневе підживлення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка у фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб).
2. Яким закладом вищої освіти одержано НТД та запропоновано до впровадження, і його авторка: Білоцерківський національний аграрний університет, Тігаренко О.С.
2. Коли і ким прийнято рішення про впровадження НТД: вченою радою агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету.
3. ТОВ «Еліта» *Київська область Білоцерківський р-н смт. Терезине, вул. Першотравнева, буд 2.*
4. Рік і обсяг впровадження (план, фактично): у 2021 році план 15 га, фактично 15 га
5. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину і т. п.) і на весь обсяг впровадження: порівняно з прийнятою в господарстві технологією вирощування сорго зернового отримано на всю площу додаткового прибутку 322,5 тис. грн.

Акт складено 01 лютого 2022 року

Представник ЗВО

здобувач,  Оксана ТІГАРЕНКО



здобувач господарства

«Еліта» господарства

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 продуктивності, а саме: внесення мікродобрива Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га (1 обробка 5 листків, 2 – 9 листків, 3 – викидання волоті); за вирощування гібриду Брігга, комбінувати мікродобриво з внесенням регулятора росту Стимпо, 20 мл/га в фазу 5 листків; за вирощування гібриду Ютамі, комбінувати мікродобриво з внесенням регулятора росту Стимпо, 20 мл/га у фазу 5 листків або Регоплант, 50 мл/га в фазу 5 листків; для підвищення якісних характеристик зерна застосовувати позакореневе підживлення мікродобривом Інтермаг – Кукурудза, 2 л/га (1 обробка у фазі 5 листків, 2 та 3-тя – з інтервалом в 7 діб).

2. Яким закладом вищої освіти одержано НТД та запропоновано до впровадження, і його авторка: Білоцерківський національний аграрний університет, Тігаренко О.С.
3. Коли і ким прийнято рішення про впровадження НТД: вченою радою агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету.
4. ТДВ «Терезине» Київська обл. Білоцерківський р-н, смт. Терезине, вул. Першотравнева 2
5. Рік і обсяг впровадження (план, фактично): у 2021 році план 11 га, фактично 11 га
6. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину і т. п.) і на весь обсяг впровадження: порівняно з прийнятою в господарстві технологією вирощування сорго зернового отримано на всю площу додаткового прибутку 231 тис. грн.

Акт складено 31 січня 2022 року

Представник ЗВО

здобувач,  Оксана ТИТАРЕНКО

Керівник





Гібрид сорго зернового Брігга



Гібрид сорго зернового Ютамі

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях:

1. **Тігаренко, О. С.**, Карпук, Л. М. Ефективність вирощування сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. *Новітні агротехнології*, №9. 2021. 5 с. DOI: org/10.21498/na.9.2021.259698 (70%, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

2. **Тігаренко О. С.**, Карпук Л. М. Ефективність фотосинтезу сорго залежно від впливу елементів технології вирощування. *Новітні агротехнології*. 2022. №3. 10 с. DOI: 10.47414/na.10.3.2022.287179 (70 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

3. **Тігаренко О. С.**, Карпук Л. М. Урожайність та енергетична ефективність сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 145–151. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151. (70 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

4. Тігаренко О. С. Економічна оцінка ефективності вирощування сорго зернового. Збірник наукових праць *Агробіологія*. 2022. № 2. С. 200–206. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-174-2-200–206.

Матеріали науково-практичних конференцій:

5. Карпук Л. М., **Тігаренко О. С.**, Тігаренко В. А., Заїка Н. В. Основні етапи росту сорго зернового / Ресурсозберігаючі технології вирощування культурних рослин: матеріали I Всеукраїнської конференції. 23 квітня 2021 р. Біла Церква. 2021. С. 78

6. Карпук Л. М., **Тігаренко О. С.** Формування площі листової поверхні гібридів сорго зернового залежно від елементів технології вирощування у Лісостепу України. Матеріали III міжнародної науково-практичної

конференції «Новітні агротехнології». Інститут експертизи сортів рослин (Київ, 31 серпня 2022 р.). С. 20.

7. **Titarenko O. S.**, Karpuk L. M., Pavlichenko A. A. Peculiarities of grain sorghum plant height formation depending on the studied factors. International scientific conference “Forecasts and prospects of scientific discoveries in agricultural sciences and food”: conference proceedings (August 30–31, 2022. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia: “Baltija Publishing”. 2022. P. 55-58.

8. Карпук Л. М., **Тітаренко О. С.**, Тітаренко В. А., Петракова О. О., Федорченко М. М., Федорченко Я. О. Параметри схожості, густоти та виживання сорго зернового залежно від елементів технології вирощування. «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві»: (17 листопада 2022 року). Білоцерківський НАУ. С. 27–28.