

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ПРАВДИВА ЛЮДМИЛА АНАТОЛІЇВНА

УДК 633.174:631.5:620.9

ДИСЕРТАЦІЯ
**АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО
ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.09 – рослинництво

Подається на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук

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



Л. А. Правдива

(підпис ініціали та прізвище здобувача)

Науковий консультант:
ДОРОНІН ВОЛОДИМИР АРКАДІЙОВИЧ
доктор сільськогосподарських наук
професор

Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Правдива Л. А. Агротехнологічні основи вирощування сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 – «Рослинництво». – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України, Київ, 2023.

Наукова новизна одержаних результатів досліджень полягає у тому, що вперше:

– обґрунтовано агротехнологічні та екологічні положення інтенсифікації вирощування сорго звичайного двокольорового, формування та функціонування умов його виробництва враховуючи біологічні потреби рослин за впливу ґрунтово-кліматичних та технологічних чинників;

– встановлено параметри основних даних ґрунтово-кліматичних умов впродовж періоду вегетації на формування врожаю, залежності та тісноти зв'язку між показниками погодних умов, урожайністю та стабільністю вирощування сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України;

– визначено особливості впливу елементів технології вирощування (сорт, строки та способи сівби, удобрення, способи контролювання чисельності бур'янів) на перебіг формування продуктивності сортів сорго звичайного двокольорового;

– розроблено математичні моделі залежності продуктивності сорго звичайного двокольорового від дії основних елементів технології вирощування;

– обґрунтовано та розроблено методичні положення щодо розрахункового виходу біопалива та енергії з насіння і вегетативної маси сорго звичайного двокольорового, стабільного виробництва необхідної кількості біосировини і впровадження у виробництво високопластичних сортів за удосконаленої технології вирощування сорго звичайного двокольорового.

Удосконалено:

– технологію вирощування сорго звичайного двокольорового (підтверджено патентами: № 126252 Двофазний спосіб збирання сорго зернового, № 126245 Спосіб підгортання просапних культур на схилах, № 126251 Спосіб підготовки поля для сівби сорго, № 133238 Спосіб вирощування зернового сорго).

Набули подальшого розвитку:

– наукові положення щодо фотосинтетичної продуктивності агрофітоценозу сорго звичайного двокольорового та формування урожайності, якості насіння і біомаси залежно від сортових особливостей та елементів технології вирощування.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів польових та лабораторних досліджень удосконалено технологію вирощування сорго звичайного двокольорового і формування високопродуктивних посівів, яку викладено в методичних рекомендаціях: «Методичні рекомендації з технології вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива», 2020 р., «Методичні рекомендації з проведення спостережень, обліків та визначення якісних показників у дослідженнях сорго зернового», 2021 р., «Методичні рекомендації з розрахунку виходу біогазу та біоетанолу з біоенергетичних культур», 2021 р., «Науково-методичні рекомендації. Сорго: технологія, переробка, використання, насінництво та селекція. Каталог гібридів та сортів», 2023 р.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на засіданнях методичної комісії та Вченої ради Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України, а також на наукових семінарах і конференціях різного рівня.

Основні результати досліджень.

У **вступі** наведені актуальність теми; зв'язок роботи з науковими планами, програмами та темами; мета та завдання досліджень; методи досліджень;

особистий внесок здобувача; апробація результатів, публікації, обсяг та структура дисертації.

У **першому** розділі проаналізовано та узагальнено результати наукових досліджень вітчизняних й зарубіжних вчених щодо морфобіологічних особливостей рослин та існуючих елементів технології вирощування сорго звичайного двокольорового, їх переваги та недоліки. Обґрунтовано важливість проведення досліджень з впливу елементів технології вирощування на продуктивність та якість сорго звичайного двокольорового як харчової, кормової та біоенергетичної культури для виробництва біоетанолу та твердого палива.

У **другому** розділі наведено ґрунтові та погодні умови проведення досліджень, програму та методику, характеристику досліджуваних сортів. Визначено, що умови вирощування сорго звичайного двокольорового були сприятливими для росту і розвитку культури в Лісостепу України. Однак суттєвий вплив мали гідротермічні умови вегетаційного періоду, які різнилися в кожній частині Лісостепу України, що дало можливість оцінити адаптацію рослин сортів сорго до умов вирощування та вплив досліджуваних елементів технології вирощування на формування продуктивності культури.

У **третьому** розділі наведено результати досліджень з особливостей росту та розвитку сорго звичайного двокольорового залежно від елементів технології вирощування в умовах підзони нестійкого зволоження Білоцерківської (Правобережний Лісостеп України), Ялтушківської (Західний Лісостеп України) та Іванівської (Лівобережний Лісостеп України) дослідно-селекційних станцій, й підзони недостатнього зволоження Веселоподільської (Лівобережний Лісостеп України) дослідно-селекційної станції.

Визначено екологічну оцінку умов вирощування та формування сортових ресурсів сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України. Встановлено пряму сильну кореляцію між ґрунтово-кліматичними умовами вегетаційного періоду та продуктивністю агрофітоценозу сорго звичайного двокольорового.

Встановлено, що польова схожість насіння, тривалість періоду вегетації, інтенсивність росту та розвитку рослин залежали від погодних умов, сортових

особливостей та елементів технології вирощування сорго звичайного двокольорового.

У **четвертому** розділі наведено результати досліджень щодо фотосинтетичної продуктивності посівів сорго звичайного двокольорового залежно від елементів технології вирощування.

У **п'ятому** розділі наведено результати досліджень із особливостей формування урожайності та якісних показників сорго звичайного двокольорового залежно від досліджуваних елементів технології вирощування.

Висвітлені питання щодо тривалості збирання урожаю, посівних якостей насіння залежно від термінів досягання досліджуваних сортів, вирівняності посівів, а також особливостей використання сорго звичайного двокольорового.

У **шостому** розділі, за методикою, розробленою автором та співавторами Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, здійснено розрахунковий вихід біоетанолу, вихід твердого палива та енергії з нього залежно від елементів технології вирощування, визначено, що між урожайністю сорго звичайного двокольорового, виходом біопалива та енергії існує сильна кореляція.

У **сьомому** розділі наведено рівень стабільності та пластичності урожайності сорго звичайного двокольорового і доцільність оптимізації досліджуваних факторів та комплексного їх застосування з метою формування максимально ефективної технології вирощування адаптованої до умов регіону.

У **восьмому** розділі висвітлено дані щодо економічної та енергетичної ефективності вирощування сорго звичайного двокольорового в різних ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу України.

Дисертаційна робота містить загальні висновки, рекомендації виробництву, список використаної літератури після кожного розділу й додатків.

Ключові слова: сорт, стимулятор росту, строк сівби, глибина загортання насіння, норма висіву, ширина міжрядь, доза добрив, способи контролювання чисельності бур'янів, урожайність, біоетанол, тверде паливо, енергія.

ABSTRACT

Pravdyva L. Agrotechnological basis for the cultivation of *Sorghum bicolor* L. in the Forest Steppe Zone of Ukraine. Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for a Doctor of Agricultural Sciences degree by specialty 06.01.09 – Plant growing. Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, 2023.

The scientific novelty of the obtained research results is that for the first time:

- agrotechnological and ecological substantiation of provisions for the intensification of the cultivation of *Sorghum bicolor*, the functioning and formation of conditions for its production, taking into account the biological needs of plants before the action of soil, climatic and technological factors;
- establishing the parameters of the basic data of soil and climatic conditions during the growing season for the change of crop formation, the dependence and closeness of the relationship between indicators of weather conditions, productivity and stability of growing *Sorghum bicolor* in the Forest Steppe of Ukraine;
- determining the specifics of the influence of the elements of cultivation technology (varieties, timing and methods of sowing, fertilizers, methods of controlling the number of weeds) and their complex on the course of the formation of the productivity of *Sorghum bicolor* varieties;
- development of mathematical models of the dependence of the productivity of *Sorghum bicolor* on the action of the main elements of growing technology;
- substantiation and development of methodological provisions regarding the estimated yield of biofuel and energy from the seeds and vegetative mass of *Sorghum bicolor*, and criteria for stable production of the required amount of bio-raw material and rapid introduction into the production of highly plastic varieties and improved technology of growing *Sorghum bicolor*.

Improved, the technology of growing *Sorghum bicolor* (patents: No. 126252 Two-stage method of harvesting *Sorghum bicolor*; No. 126245 Method of hilling row

crops on slopes; No. 126251 Method of seedbed preparation for sowing sorghum; and No. 133238 Method of *Sorghum bicolor* cultivation).

Further developed: scientific provisions on the photosynthetic activity of the *Sorghum bicolor* agrophytocenosis, productivity formation, seed, and biomass quality as affected by varietal characteristics and elements of cultivation technology.

The practical value of research. Based on the results of field and laboratory research, the technology of growing *Sorghum bicolor* and the formation of high-yielding crops has been proven, which is outlined in the methodological recommendations: «Methodological recommendations for the cultivation of *Sorghum bicolor* as a feedstock for the food industry and biofuel production» (2020), «Methodical recommendations for carrying out observations, counting, and determining qualitative characteristics in the research on sorghum» (2021), «Methodical recommendations for the calculation of biogas and bioethanol yield from bioenergy crops» (2021), «Research and methodological recommendations. Sorghum: cultivation technology, processing, use, seed production and breeding. Catalogue of hybrids and varieties» (2023).

Approbation of the thesis results. The main provisions and results of the dissertation work were reported and discussed at meetings of the methodological commission and the Academic Council of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, as well as at scientific seminars and conferences of various levels.

The main results of the research.

The **Introduction** section presents the relevance of the topic; the connection of the study with scientific programmes, plans, and topics; the purpose and objectives of the research; research methods; personal contribution of the author; approbation of the thesis results; publications; the size and the structure of the thesis.

The **first** section analyses and summarises the literature on the state of bioenergy, and the formation of high-productive *Sorghum bicolor* crops. The importance of research on the impact of elements of cultivation technology on the

productivity and quality of *Sorghum bicolor* as a food, feed, and bioenergy crop for the production of bioethanol and solid fuels is substantiated.

The **second** section describes the soil and climatic conditions of the research area, the programmes and methods of research, the characteristics of *Sorghum bicolor* varieties, and the materials. It was established that the conditions in the Forest Steppe Zone of Ukraine were favourable for the growth and development of the crop. However, hydrothermal conditions of the growing season, which differed in each part of the Forest Steppe Zone of Ukraine, had a significant impact, which made it possible to evaluate the adaptation of sorghum plants to the cultivation conditions and the influence of the studied elements of the cultivation technology on crop productivity formation.

The **third** section presents the research results on the peculiarities of the growth and development of sorghum plants under the effect of cultivation technology in conditions of unstable soil moisture in the Right Bank of the Forest Steppe of Ukraine at Bila Tserkva Experimental Breeding Station (BTsEBS), in conditions of unstable soil moisture in the Western Forest Steppe of Ukraine at Yaltushkiv Experimental Breeding Station (YaEBS), in conditions of unstable soil moisture at Ivanivska Experimental Breeding Station (IEBS) and conditions of insufficient soil moisture in the Left Bank Forest Steppe of Ukraine at Veselyi Podil Experimental Breeding Station (VPEBS).

Cultivation conditions and formation of varietal resources of *Sorghum bicolor* were evaluated in the Forest Steppe of Ukraine. A strong direct correlation between the soil and climate conditions of vegetation season and productivity formation of *Sorghum bicolor* agrophytocoenosis was found.

It was established that the field germination of *Sorghum bicolor* seeds was affected by weather conditions, varietal characteristics and elements of the cultivation technology. The duration of the growing season was shorter for optimal sowing dates, and the best biometric indicators were observed when plant life factors were optimal.

The **fourth** section presents the research results on the photosynthetic productivity of *Sorghum bicolor* crops as affected by the applied agronomic practices.

The **fifth** section presents the results on the peculiarities of the yield and quality formation of *Sorghum bicolor* under the effect of the studied elements of the cultivation technology. The aspects of harvesting and the effect of ripening and evenness of the sowings on seed quality, as well as the possible applications of the crop have been highlighted.

In the **sixth** section, according to the methodology developed by the author and co-authors from the IBCSB, the yield of bioethanol, solid biofuel and energy from sorghum was calculated, taking into account the effect of the studied elements of the cultivation technology. It was found that there is a strong correlation between crop yield and the yields of biofuel and energy.

The **seventh** section defines the stability and plasticity of the *Sorghum bicolor* yield. As a result, the feasibility of optimising the studied factors and their complex application to form the most efficient cultivation technology adapted to the conditions of the region was determined.

The **eighth** section highlights the data on the economic and energy efficiency of growing *Sorghum bicolor* in various soil and climatic conditions of the Forest Steppe of Ukraine.

The thesis contains general conclusions, recommendations on the production, references after each section, and appendices.

Keywords: variety, growth stimulator, sowing date, sowing depth, sowing rate, row width, dose of fertilizers, weed control methods, yield, bioethanol, solid biofuel, energy.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Герасименко Л. А., Дубовий Ю. П. Захист посівів сорго зернового від бур'янів у Правобережному Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2018. № 3 (247). С. 24–25. (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).
2. Правдива Л. А. Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 2. С. 199–206. doi.org/10.21498/2518-1017.16.2.2020.209254
3. Правдива Л. А. Особливості росту і розвитку рослин сорго зернового в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*, 2020. № 2. С. 139–146. doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-139-146
4. Правдива Л. А. Фотосинтетична діяльність посівів сорго зернового залежно від способу сівби насіння. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. Частина 1. С. 61–71. doi: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-61-71
5. Правдива Л. А. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сорго зернового та вихід біопалива. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 5 (818). С. 23–29. doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-03
6. Правдива Л. А. Урожайність сорго зернового залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2021. № 1. С. 121–129. doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-121-129.
7. Правдива Л. А. Контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго зернового та їх вплив на ріст і розвиток рослин. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2021. Вип. 98. Частина 1. С. 182–191. doi: 10.31395/2415-8240-2021-98-1-182-191.

8. **Правдива Л. А., Федорук Ю. В.** Формування показників структури врожайності сорго зернового залежно від способу сівби насіння та густоти стояння рослин у Правобережному Лісостепу України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2021. Вип. 28 (42). С. 215–223. doi.org/ 10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-18 (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

9. **Правдива Л. А.** Особливості росту рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Вип. 17. № 2. С. 139–145. doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236521

10. **Правдива Л. А., Доронін В. А., Ганженко О. М.** Формування продуктивності сорго зернового та соризу залежно від строків сівби в умовах східної частини Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9. doi.org/10.21498/na.9.2021.253364 (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

11. **Правдива Л. А.** Вплив мінерального живлення рослин на формування біометричних показників сорго зернового. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2022. № 1. С.43–52 doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-43-52

12. **Правдива Л. А., Доронін В. А.** Вплив мінеральних добрив на фотосинтетичну продуктивність сорго зернового. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 72 (1). С. 51–64. doi: 10.32636/01308521.2022-(72)-1-4 (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

13. **Правдива Л. А.** Енергетична продуктивність сорго зернового та соризу залежно від строків сівби насіння. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та*

випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2022. Вип. 30 (44). С. 215–223. doi.org/ 10.31473/2305-5987-2022-1-30(44)-22

14. **Правдива Л. А.** Гончарук Г. С. Вплив строків сівби на біоенергетичну продуктивність сорго зернового та соризу. *Біоенергетика*. 2022. № 1–2 (19–20), С. 51–52. doi.org/10.47414/be.1-2.2022.271365 (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

15. **Правдива Л. А.,** Атаманюк О. М., Яланський О. В. Формування біометричних показників сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.) в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2022. № 2. С. 87–94 doi:10.33245/2310-9270-2022-174-2-87-94 (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

16. **Правдива Л. А.,** Яланський О. В. Продуктивність та елементи структури врожайності різних сортів сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.). *Новітні агротехнології*. 2022. Т.10, № 3. doi: 10.47414/на.10.3.2022.270497 (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

17. **Правдива Л. А.** Особливості розвитку сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) залежно від норм висіву насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 129. С. 111–118. doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.15

18. **Правдива Л. А.** Енергетична продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) та соризу (*Sorghum oryroidum*) залежно від норм висіву насіння. *Зернові культури*. 2023. Том 7. № 1. С. 106–112. doi.org/10.31867/2523-4544/0265

19. **Правдива Л. А.** Гончарук Г. С. Особливості формування продуктивності сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) та соризу (*S. oryroidum*) залежно від строків сівби насіння в умовах західної

частини Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2023. Т.11, № 2. doi: 10.47414/na.11.2.2023.285142 (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

20. **Правдива Л. А.**, Ганженко О. М., Гончарук Г. С. Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) та соризу (*S. oryroidum*) залежно від методів контролювання чисельності бур'янів. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Вип. 19. № 3. С. 176–184. doi.org/10.21498/2518-1017.19.3.2023.287641 (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

21. **Pravdyva L.A.**, Prysiazhniuk O. I., Doronin V. A. Effect of mineral fertilizers on the formation of the structure indicators of grain sorghum yield capacity. *Новітні агротехнології*. 2023. Т.11, № 3. doi: 10.47414/na.11.3.2023.288680 (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 70 %).

22. **Правдива Л. А.** Винос та баланс елементів живлення в посівах сорго звичайного двокольорового залежно від внесення мінеральних добрив. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 105. С. 98–118. doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.14

Статті в наукових виданнях включених до баз даних Web of Science та Scopus

23. **Pravdyva L. A.**, Doronin V. A., Dryha V. V., Khakhula V. S., Vakhniy S. P., Mykolaiko I. I. Yield capacity and energy value of sorghum grain depending on the application of mineral fertilisers. *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 109, No. 2 2022. P. 115–122 DOI 10.13080/z-a.2022.109.015 (Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %).

24. **Pravdyva L.**, Prysiazhniuk O., Khakhula V., Fedoruk Y., Shushkivska N. Seed Yield and the Possibility of Biofuel Production from Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24 (5), 2023. P. 94–99. DOI: 10.12912/27197050/163715 (*Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %*).

25. **Pravdyva L.**, Zatserkovna N., Vakhniy S., Khakhula V., & Hornovska S. Photosynthetic productivity of sorghum (*Sorghum bicolor* L. (Moenh) in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26(5), 2023. P. 56–64. DOI: 10.48077/scihor5.2023.56 (*Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %*).

26. **Pravdyva L.**, Prysiazhniuk O., Khakhula V., Kachan L. & Panchenko T. Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) growth and development features under the influence of growth regulator. *Scientific Horizons*, 26(9), 2023. P. 120–130. DOI: 10.48077/scihor9.2023.120 (*Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання статті, частка участі – 60 %*).

Статті, що додатково висвітлюють результати досліджень

27. Grabovskyi M., Fedoruk Y., **Pravdyva L.**, Grabovska T., Kurylo V., Fedoruk N. Influence of agrotechnical and chemical measures on weediness in sweet Sorghum crops (*Sorghum Bicolor*) and the output of biogas. *EurAsian Journal of BioSciences*, 2018. № 12, P. 347–353. (*Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання рекомендацій, частка участі – 30 %*).

Науково-методичні рекомендації

28. Роїк М. В., **Правдива Л. А.**, Ганженко О. М., Доронін В. А., Сінченко В. М., Курило В. Л., Фучило Я. Д., Квак В. М., Хіврич О. Б.,

Зиков П. Ю., Гончарук Г. С., Смірних В. М., Іванова О. Г., Дубовий Ю. П., Атаманюк О. М., Яланський О. В. Методичні рекомендації з технології вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива. *(Розглянуто вченою радою ІБКіЦБ НААН, протокол № 2. від 17.11.2020 р.)*. Київ, 2020. 21 с. *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання рекомендацій, частка участі – 70 %)*.

29. **Правдива Л. А.**, Ганженко О. М., Доронін В. А., Бойко І. І., Сінченко В. М., Фучило Я. Д., Квак В. М., Гончарук Г. С., Смірних В. М., Атаманюк О. М., Власенко С. І. Методичні рекомендації з проведення спостережень, обліків та визначення якісних показників у дослідженнях сорго зернового. *(Розглянуто вченою радою ІБКіЦБ НААН, протокол № 2 від 17.11.2017 р.)*. Київ, 2021. 34 с. *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання рекомендацій, частка участі – 70 %)*.

30. Грабовський М. Б., Вахній С. П., Хахула В. С., Федорук Ю. В., **Правдива Л. А.**, Панченко Т. В., Остренко М. В., Козак Л. А., Городецький О. С., Павліченко К. В., Степаненко М. В. Методичні рекомендації з розрахунку виходу біогазу та біостанолу з біоенергетичних культур *(Розглянуто вченою радою БНАУ, протокол № 15 від 30.06.2021 р.)*. Біла Церква, 2021. 28 с. *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання рекомендацій, частка участі – 55 %)*.

31. Черчель В.Ю. Дзюбецький Б.В., Яланський О.В., Боденко Н.А., Костиця І.В., Федоренко Е.М., Дудка М.І., Середа В.І., Носов М.Г., Алдошин А.В., Ковальов Д.В., Артеменко С.Ф., Кононюк Н.О., Кух М.В., Таганцова М.М., **Правдива Л.А.**, Сторожик Л.І., Терещенко І.С., Безсусідня Ю.В., Кулик І.О, Бондаренко А.С., Ковтун О.В. Науково-методичні рекомендації. Сорго: технологія, переробка, використання, насінництво та селекція. Каталог гібридів та сортів *(Розглянуто вченою радою ДУ Інститут зернових культур НААН України, протокол № 2 від 04.10.2023 р.)*. Дніпро, 2023.

С. 68. *(Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка та написання рекомендацій, частка участі – 40 %).*

Матеріали наукових конференцій

32. **Герасименко Л. А.** Доцільність вирощування зернового та цукрового сорго. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату. Всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доп.* Кам'янець-Подільський. 2017. С. 69.

33. **Герасименко Л. А.** Перспективи вирощування сорго в Україні. *Новітні агротехнології. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Київ. 2017. С. 74.

34. **Герасименко Л. А.** Продуктивність сорго зернового залежно від елементів технології вирощування. *Сучасні проблеми ведення сільського господарства та підготовки фахівців аграрного профілю. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Біла Церква. 2018. С. 4.

35. **Правдива Л. А.** Вплив строків сівби та глибини загортання насіння на врожайність сорго зернового. *Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Біла Церква. 2020. С. 110–111.

35. **Правдива Л. А.** Вплив елементів технології вирощування на ріст і розвиток рослин сорго зернового. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Центральне. 2020. С. 84.

37. **Правдива Л. А.** Особливості росту та розвитку рослин сорго зернового залежно від способу сівби насіння. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Біла Церква. 2020. С. 6–7.

38. **Правдива Л. А.** Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. *Новітні агротехнології. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Київ. 2020. С. 18.

39. **Правдива Л. А.** Залежність польової схожості насіння сорго зернового від строків сівби та глибини загортання. *Новітні технології в рослинництві: традиції та сучасність. Міжнародна наукова інтернет – конференція. Тези доп.* Харків. 2020. С. 50–51.

40. **Правдива Л. А.** Якісні показники насіння сорго зернового залежно від елементів технології вирощування. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі. Всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доп.* Умань. 2020. С. 152–153.

41. **Правдива Л. А.** Енергетична продуктивність сорго зернового. *Актуальні питання аграрної науки Всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доп.* Умань. 2020. С. 52–54.

42. **Правдива Л. А.** Фотосинтетична діяльність посівів сорго зернового залежно від способу сівби насіння *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур. Міжнародна наукова інтернет – конференція. Тези доп.* Дніпро. 2020. С. 73–74.

43. **Правдива Л. А.** Вплив способів сівби насіння сорго зернового на енергетичну продуктивність культури. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Біла Церква, 2021. С. 191–192.

44. **Правдива Л. А.** Вплив способів сівби насіння на врожайність сорго зернового. *Роль науково-технічного забезпечення розвитку агропромислового комплексу в сучасних ринкових умовах. Всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доп.* Дніпро. 2021. С. 246–247.

45. **Правдива Л. А.** Продуктивність сорго зернового залежно від забур'яненості посівів. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур. Міжнародна наукова інтернет – конференція. Тези доп.* Центральне. 2021. С. 90.

46. **Правдива Л. А.** Ріст і розвиток рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) залежно від способів сівби насіння в умовах

Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Київ. 2021. С. 28.

47. **Правдива Л. А.** Вплив способів сівби насіння і густоти стояння рослин на елементи структури врожайності сорго зернового. *Гончарівські читання. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Суми. 2021. С. 101–102.

48. **Правдива Л. А.** Ріст і розвиток рослин сорго зернового залежно від забур'яненості посівів. Проблеми аграрного виробництва на сучасному етапі і шляхи їх вирішення. *Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Харків, 2021. С. 92–94.

49. **Правдива Л. А.** Вплив мінеральних добрив на площу листової поверхні рослин сорго зернового. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Біла Церква. 2022. С. 69–72.

50. **Правдива Л. А.** Вплив мінеральних добрив на якісні показники сорго зернового. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Центральне. 2022 р. С. 85.

51. **Правдива Л. А.** Тривалість вегетаційного періоду та польова схожість насіння сорго зернового залежно від удобрення. *Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Житомир. 2022. С. 145–146.

52. **Pravdyva L. A.** The influence of a growth regulator on the sowing quality of sorghum bicolor seeds (*Sorghum bicolor* L.). *International scientific conference “Forecasts and prospects of scientific discoveries in agricultural sciences and food”: conference proceedings.* Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2022. P. 52–55.

53. **Правдива Л. А.** Вплив регулятора росту на формування продуктивності сорго звичайного двокольорового. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція. Тези доп.* Полтава. 2022. С. 146–148.

54. **Правдива Л. А.** Площа листкової поверхні рослин сорго звичайного двокольорового залежно від регулятора росту. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Біла Церква. 2022. С. 69–72.

55. **Правдива Л. А.** Моніторинг стану посівів сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.) на стійкість до хвороб. *Проблеми і перспективи фітоімунітету в селекції рослин. Всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доп.* Київ. 2022. С. 97–99.

56. **Правдива Л. А.** Вплив мінеральних добрив на урожайність сорго зернового. *Сучасні аспекти підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур у контексті європейського зеленого курсу. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Центральне. 2022. С. 147.

57. **Правдива Л. А.** Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.) залежно від умов вирощування та сортових особливостей. *Сільське господарство в умовах глобальних викликів: стратегічні пріоритети та загрози вклад молодих вчених. Науково практична інтернет-конференція. Тези доп.* ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2022. С. 35–36.

58. **Правдива Л. А.** Вплив норм висіву насіння на урожайність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) та соризу (*Sorghum orysoïdum*). *Аграрна освіта та наука: досягнення та перспективи розвитку. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Біла Церква. 2023. С. 234–235.

59. **Правдива Л. А.** Вплив методів контролювання чисельності бур'янів на розвиток рослин сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh). *Герботологія в сучасному екологічно безпечному землеробстві. Науково-практична конференція. Тези доп.* Київ. 2023. С. 53–54.

60. **Правдива Л. А.** Вплив регулятора росту на урожайність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh). *Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого*

розвитку агропромислового комплексу України. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Одеса. 2023. С. 65–66.

61. **Правдива Л. А.** Площа листкової поверхні сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) залежно від регулятора росту рослин. Гончарівські читання. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Суми. 2023. С. 130–131.

62. **Правдива Л. А.** Вплив методів контролювання чисельності бур'янів на урожайність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh). Інновації у сучасному агропромисловому виробництві. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Одеса. 2023. С. 72–74.

63. **Правдива Л.А., Дмитренко О.О., Вовк А.М.** Енергетична продуктивність сорго звичайного двокольорового залежно від методів контролювання чисельності бур'янів. Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Біла Церква. 2023. С. 41–43.

64. **Правдива Л. А.** Енергетична продуктивність сорго звичайного двокольорового залежно від методів контролювання чисельності бур'янів. Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Дніпро. 2023. С. 155–156.

Патенти України на корисну модель

65. Патент 126252 Україна, МПК (2018.01), A01D45/00. Двофазний спосіб збирання сорго зернового / **Герасименко Л. А., Зиков П. Ю.** (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – № у 2018 00216; заявл. 09.01.2018; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

66. Патент 126251 Україна, МПК, A01B79/02 (2006.01). Спосіб підготовки поля для сівби сорго / **Герасименко Л. А., Сторожик Л. І., Зиков П. Ю.** (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і

цукрових буряків НААН. – № у 2018 00215; заявл. 09.01.2018; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

67. Патент 126245 Україна, МПК А01В39/12 (2006.01). Спосіб підгортання просапних культур на схилах / Хіврич О. Б., Зиков П. Ю., Курило В. Л., **Герасименко Л. А.**, Квак В. М., Хіврич Б. С. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – № у 2018 00170; заявл. 04.01.2018; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

68. Патент 133238 Україна, МПК А01Ж22/20 (2018.01), А01С21/00, А01В79/02 (2006.01). Спосіб вирощування зернового сорго / Зиков П. Ю., **Герасименко Л. А.**, Хіврич О. Б., Котелевський В. М. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – № у 2018 10940; заявл. 06.11.2018; опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6.

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	26
ВСТУП	27
РОЗДІЛ 1 АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ПОСІВІВ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО (огляд наукової літератури)	35
1.1. Посівні площі, валовий збір та урожайність зерна сорго звичайного двокольорового в Україні та світі	35
1.1.1. Формування сортових ресурсів сорго звичайного двокольорового	41
1.2. Значення сорго звичайного двокольорового	43
1.2.1. Морфобіологічні особливості культури	48
1.2.2. Вимоги сорго звичайного двокольорового до температурного та світлового фактору, до зволоження та ґрунтових умов	51
1.3. Основні елементи технології вирощування та їх вплив на продуктивність сорго звичайного двокольорового	53
1.3.1. Роль стимулятора росту в технології вирощування культури	54
1.3.2. Особливості мінерального живлення, строків сівби та глибини загортання насіння сорго звичайного двокольорового	57
1.3.3. Особливості способу сівби та норм висіву сорго звичайного двокольорового	61
1.3.4. Роль способів контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго звичайного двокольорового	63
Висновки до розділу 1	66
Література до розділу 1	67
РОЗДІЛ 2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	92
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови зон проведення досліджень	92

2.2. Програма та методика проведення досліджень	115
2.3. Характеристика сортів сорго звичайного двокольного та препаратів	123
Висновки до розділу 2	126
Література до розділу 2	126
РОЗДІЛ 3 ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ДІЇ ФАКТОРІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ	129
3.1. Екологічна оцінка умов вирощування сорго звичайного двокольного в Україні	129
3.1.1. Вплив метеорологічних умов на стабільність виробництва сорго звичайного двокольного в Лісостепу України	129
3.2. Вплив дії факторів інтенсифікації на польову схожість насіння сорго звичайного двокольного	143
3.3. Вплив передпосівної обробки насіння стимулятором росту на його схожість, інтенсивний ріст і розвиток рослин	161
3.4. Особливості формування агрофітоценозу культури залежно від умов та елементів технології вирощування	164
3.5. Оптимізація мінерального живлення рослин сорго звичайного двокольного	184
3.6. Ефективність способів контролювання чисельності бур'янів в посівах	189
Висновки до розділу 3	198
Література до розділу 3	199
РОЗДІЛ 4 ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	209
4.1. Фотосинтетичний потенціал посіву сорго звичайного двокольного	209
4.2. Фотосинтетична продуктивність залежно від сортових особливостей та способів сівби	229

	4.3. Фотосинтетична діяльність посівів сорго звичайного двокольорового залежно від доз мінеральних добрив та способів контролювання бур'янів	239
	Висновки до розділу 4	252
	Література до розділу 4	253
РОЗДІЛ 5	ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	259
	5.1. Залежність урожайності сорго звичайного двокольорового від способу підготовки насіння до сівби	259
	5.2. Комплексний вплив факторів інтенсифікації на урожайність сорго звичайного двокольорового	264
	5.3. Вплив доз мінеральних добрив та способів контролювання чисельності бур'янів на формування врожаю сорго звичайного двокольорового	290
	5.4. Формування продуктивності та елементів структури врожаю сорго звичайного двокольорового залежно від умов вирощування та груп стиглості сортів	312
	5.5. Якість зерна сорго звичайного двокольорового залежно від сортових особливостей та елементів технології вирощування	316
	5.6. Вплив строків та способів збирання на якість насіння сорго звичайного двокольорового	321
	Висновки до розділу 5	327
	Література до розділу 5	329
РОЗДІЛ 6	ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	333
	6.1. Оцінка енергетичного потенціалу сорго звичайного двокольорового залежно від стимулятора росту рослин	334

6.2. Енергетична продуктивність сорго звичайного двокольорового залежно від комплексної дії факторів інтенсифікації	337
6.3. Особливості формування енергетичної продуктивності сорго звичайного двокольорового залежно від сортових особливостей, доз мінеральних добрив, способів контролювання чисельності бур'янів	350
Висновки до розділу 6	365
Література до розділу 6	367
РОЗДІЛ 7 МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО	371
Висновки до розділу 7	394
Література до розділу 7	394
РОЗДІЛ 8 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЇ ФАКТОРІВ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО	398
8.1. Економічна ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового	398
8.2. Економічна ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового за переробки на біопаливо	411
8.3. Енергетична ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового	417
Висновки до розділу 8	425
Література до розділу 8	427
ВИСНОВКИ	430
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	435
ДОДАТКИ	436

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НААН – Національна академія аграрних наук України

ІБКіЦБ – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України

БЦДСС – Білоцерківська дослідно селекційна станція Інституту
біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних
наук України

ВПДСС – Веселоподільська дослідно селекційна станція Інституту
біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних
наук України

ІДСС – Іванівська дослідно селекційна станція Інституту біоенергетичних
культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України

ЯДСС – Ялтушківська дослідно селекційна станція Інституту
біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних
наук України

ГТК – гідротермічний коефіцієнт Селянинова

ДСТУ – державний стандарт України

К_{ее} – коефіцієнт енергетичної ефективності

т – тонн

N – азот

P – фосфор

K – калій

тис. – тисяч

шт. – штук

ВСТУП

Нині, досить актуальною є проблема забезпечення потреб населення в альтернативних джерелах енергії. Нагальним питанням сьогодення є поліпшення енергоефективності та розвитку відновлюваної енергетики. Нестача природних енергоресурсів (нафти, газу й вугілля), виникнення проблеми забруднення навколишнього середовища і недостатня кількість енергетичних джерел енергії спонукають вчених до пошуку альтернативних. У зв'язку з цим виробники здійснюють добір культур, які формують високу урожайність зерна й надземної біомаси в різних ґрунтово–кліматичних умовах.

В Україні наявні необхідні передумови, які забезпечують вирощування культур енергетичного спрямування з високою продуктивністю. Використання адаптивних технологій, оптимізація технологічних процесів вирощування біоенергетичних культур, переробляння надземної маси та використання біопалива дасть змогу збільшити частку біоенергетики в структурі енергетичного балансу країни.

Основними напрямками біоенергетичної галузі є пошук дешевої біосировини, нових технологічних рішень та створення потрібної інфраструктури для вирощування й переробляння біомаси рослин за допомогою біологічних і хімічних процесів у різні види біопалива: рідкі, газоподібні та тверді. Тому для забезпечення зростання цієї галузі необхідно створити належну кількість сировинної бази, провідне місце у формуванні якої відводиться крохмалемістким культурам, зокрема, сорго звичайному двокольоровому або зерновому (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).

Актуальність теми. Актуальність досліджень обумовлена потребою обґрунтування агротехнологічних основ вирощування сорго звичайного двокольорового, формування та функціонування умов його стабільного виробництва, необхідністю в удосконаленні елементів технології вирощування культури та оптимізації їх дії, впровадження яких забезпечить стабілізацію

виробництва високоякісного зерна сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України.

Сорго звичайне двокольорове – унікальна за своїми біологічними особливостями та господарсько цінними ознаками культура. Основними з них є посухостійкість, стабільна врожайність, універсальність використання, значний потенціал біомаси та висока адаптованість до умов вирощування в Україні. Забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки з використанням зерна та вегетативної маси сільськогосподарських культур є важливим завданням для будь-якої країни.

Селекційними та агротехнологічними питаннями вирощування сорго звичайного двокольорового займалися такі вчені: О. В. Яланський, В. Л. Гамандій, В. І. Середа, С. М. Каленська, Л. І. Сторожик, О. М. Ганженко, Д. Б. Рахметов, Б. В. Дзюбецький, С. В. Краснєнков, Я. В. Алексєєв, І. П. Гринюк та ін. Однак, у більшості досліджень сорго вивчали як продовольчу культуру та для використання в кормовиробництві. Водночас, комплексне дослідження і впровадження елементів технології вирощування сорго звичайного двокольорового у виробництво як сировини для харчової промисловості й виробництва рідкого біопалива у вигляді біоетанолу та твердого палива у вигляді брикетів і пелетів є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані упродовж 2016–2022 рр. і є складовою частиною науково-дослідної роботи відділу технологій вирощування біоенергетичних культур Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН на 2016–2020 рр. згідно з ПНД 16 “Селекція, насінництво і розсадництво та технологія вирощування біоенергетичних культур як сировини для виробництва рідких, твердих і газоподібних видів палива” завдання 16.00.02.03.Ф «Розробити методичні основи та здійснити порівняльну оцінку енергетичного потенціалу зернового сорго як сировини для виробництва біопалива» (номер державної реєстрації 0116U002198); відділу селекції і сталих технологій вирощування та переробляння біоенергетичних культур ІБКІЦБ

НААН на 2021–2025 рр. згідно з ПНД 26 “Біотехнологія, селекція, насінництво, розсадництво та технологія сталого вирощування біоенергетичних культур як сировини для виробництва біоматеріалів та біопалива” завдання 26.00.02.03.Ф «Розроблення екологічних та біологічних основ високопродуктивного вирощування сорго зернового у різних ґрунтово-кліматичних зонах України» (номер державної реєстрації 0121U100401); відділу агрохімічних досліджень ІБКЦБ НААН на 2021–2025 рр. згідно з ПНД 26 “Біотехнологія, селекція, насінництво, розсадництво та технологія сталого вирощування біоенергетичних культур як сировини для виробництва біоматеріалів та біопалива” завдання 26.00.02.07.Ф «Розроблення агрохімічних основ управління генетичним потенціалом сорго зернового в умовах змін клімату» (номер державної реєстрації 0121U100597).

Мета і завдання дослідження. Мета досліджень полягала у теоретичному обґрунтуванні та удосконаленні агротехнологічних основ вирощування сорго звичайного двокольорового на підставі встановлення параметрів формування і функціонування умов стабільного виробництва, та поєднання комплексу основних агротехнічних заходів в умовах Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення наступних завдань:

- узагальнити принципи формування умов стабільного виробництва сорго звичайного двокольорового, їх дієвого функціонування, враховуючи біологічні потреби рослин за впливу ґрунтово-кліматичних і технологічних чинників;
- визначити особливості інтенсивного росту та розвитку рослин залежно від сортових ознак, метеорологічних та агротехнічних умов вирощування;
- встановити критерії формування врожаю сорго звичайного двокольорового залежно від умов його вирощування;
- встановити особливості впливу сорту, стимулятора росту рослин, строку сівби, глибини загортання насіння, способу сівби, норми висіву насіння на проходження морфологічних та фізіологічних процесів і формування зернової та вегетативної маси;

- визначити вплив доз мінеральних добрив на формування продуктивності сортів сорго звичайного двокольорового;
- встановити ефективність способів контролювання чисельності бур'янів у посівах;
- обґрунтувати строки збирання насіння сорго звичайного двокольорового та визначити їх вплив на насінніві показники (лабораторна та польова схожість насіння, чистота, маса 1000 насінин тощо), надземної вегетативної маси, та їх якісні показники (маса, суха речовина тощо);
- провести економічну та енергетичну оцінку досліджуваних елементів технології вирощування культури для виробництва біопалива.

Об'єкт дослідження – процес формування продуктивності сорго звичайного двокольорового та закономірності росту і розвитку рослин залежно від елементів технології вирощування в Лісостепу України.

Предмет дослідження – сорти сорго звичайного двокольорового, елементи технології вирощування: стимулятор росту рослин, строк та спосіб сівби, глибина загортання насіння, доза добрив, способи контролювання чисельності бур'янів, збирання зерна та біомаси.

Методи дослідження. Польовий – спостереження за ростом і розвитком рослин, формуванням урожайності, умовами зовнішнього середовища упродовж періоду вегетації культури. Лабораторний – визначення посівних якостей насіння, хімічного складу сировини, вмісту сухої речовини в рослинах. Вимірювально-ваговий – визначення вологості ґрунту на період сівби, обліку біометричних показників рослин та врожайності. Математично-статистичний – оцінка достовірності експериментальних даних методом дисперсійного, кореляційного і регресійного та кластерного аналізів. Розрахунково-порівняльний – встановлення економічної ефективності та енергетичної оцінки досліджуваних факторів.

Наукова новизна одержаних результатів досліджень полягає у тому, що *вперше*:

- обґрунтовано агротехнологічні та екологічні положення інтенсифікації вирощування сорго звичайного двокольорового, формування та функціонування умов його виробництва враховуючи біологічні потреби рослин за впливу ґрунтово-кліматичних та технологічних чинників;

- встановлено параметри основних даних ґрунтово-кліматичних умов впродовж періоду вегетації на формування врожаю, залежності та тісноти зв'язку між показниками погодних умов, урожайністю та стабільністю вирощування сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України;

- визначено особливості впливу елементів технології вирощування (сорт, строки та способи сівби, удобрення, способи контролювання чисельності бур'янів) на перебіг формування продуктивності сортів сорго звичайного двокольорового;

- розроблено математичні моделі залежності продуктивності сорго звичайного двокольорового від дії основних елементів технології вирощування;

- обґрунтовано та розроблено методичні положення щодо розрахункового виходу біопалива та енергії з насіння і вегетативної маси сорго звичайного двокольорового, стабільного виробництва необхідної кількості біосировини і впровадження у виробництво високопластичних сортів за удосконаленої технології вирощування сорго звичайного двокольорового.

Удосконалено:

- технологію вирощування сорго звичайного двокольорового (підтверджено патентами: № 126252 Двофазний спосіб збирання сорго зернового, № 126245 Спосіб підгортання просапних культур на схилах, № 126251 Спосіб підготовки поля для сівби сорго, № 133238 Спосіб вирощування зернового сорго).

Набули подальшого розвитку:

- наукові положення щодо фотосинтетичної продуктивності агрофітоценозу сорго звичайного двокольорового та формування урожайності, якості насіння і біомаси залежно від сортових особливостей та елементів технології вирощування.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів польових та лабораторних досліджень удосконалено технологію вирощування сорго звичайного двокольорового і формування високопродуктивних посівів, яку викладено в методичних рекомендаціях: «Методичні рекомендації з технології вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива», 2020 р., «Методичні рекомендації з проведення спостережень, обліків та визначення якісних показників у дослідженнях сорго зернового», 2021 р., «Методичні рекомендації з розрахунку виходу біогазу та біоетанолу з біоенергетичних культур», 2021 р., «Науково-методичні рекомендації. Сорго: технологія, переробка, використання, насінництво та селекція. Каталог гібридів та сортів», 2023 р. та впроваджені на дослідно-селекційних станціях ІБКІЦБ і в господарствах Київської, Сумської, Хмельницької та Кіровоградської областей на площі близько 105 га.

Результати наукових досліджень широко використовують в науково-дослідному процесі, програмах підвищення кваліфікації агрономічного спрямування та у навчальному процесі Білоцерківського національного аграрного університету.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота написана автором на основі результатів польових і лабораторних досліджень. Здобувачем здійснено інформаційний пошук, проаналізовано та узагальнено літературні джерела за темою дисертаційної роботи, визначено мету і завдання досліджень, обґрунтовано напрям роботи, розроблено програму польових, лабораторних досліджень і спостережень. Експериментальні дані, отримані автором, проаналізовані та узагальнені, статистично обраховані, сформульовані наукові положення, висновки та рекомендації виробництву. Самостійно та в співавторстві опубліковано наукові праці за результатами досліджень (частка в яких становить 30–70 %).

Апробація результатів дисертації. Матеріали досліджень, викладені в дисертації, доповідалися на засіданнях методичних комісій (2017–2023 рр.), координаційно-методичних рад (2018–2022 рр.), на засіданнях вченої ради

Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (2020–2023 рр.) та конференціях. Публікація тез доповідей: Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми ведення сільського господарства та підготовки фахівців аграрного профілю» (15 лютого 2018 р., м. Біла Церква); Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні агротехнології» (10 вересня 2020 р., м. Київ); Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту» (30 жовтня 2020 р., м. Біла Церква); Міжнародній науково-практичній конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (26 листопада 2020 р., м. Дніпро); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки» (21 грудня 2020 р., м. Умань); Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку» (4–5 березня 2021 р., м. Біла Церква); Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні агротехнології» (3 червня 2021 р., м. Київ); Міжнародній науково-практичній конференції «Гончарівські читання» (25 травня 2021 р., м. Суми); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми аграрного виробництва на сучасному етапі і шляхи їх вирішення» (1–2 липня 2021 р., м. Харків); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні аспекти підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур у контексті європейського зеленого курсу» (16 листопада 2022 р., с. Центральне); Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна освіта та наука: досягнення та перспективи розвитку» (30 березня 2023 р., м. Біла Церква); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, присвяченої до дня науки в Україні «Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України» (18–19 травня 2023 р., м. Одеса); Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації у сучасному агропромисловому виробництві» (21–22 вересня 2023 р., м. Одеса); Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту» (26 жовтня 2023 р.,

м. Біла Церква).

Публікації. Основні результати досліджень за темою дисертаційної роботи викладено в 68 наукових працях: з них 22 – у фахових виданнях України, 4 – у виданнях, що входять до бази Scopus, 1 – у виданні іншої держави, що додатково висвітлює результати досліджень, 4 – у науково-практичних рекомендаціях виробництву, 33 – у тезах доповідей і матеріалів наукових конференцій, 4 – патентах України на корисну модель.

Обсяг і структура дисертаційної роботи. Дисертація викладена на 490 сторінках комп'ютерного тексту, з них 325 – основного, і складається зі вступу, 8 розділів, висновків та списку використаної літератури до кожного розділу, основних висновків, рекомендацій виробництву. Містить 144 таблиці і 94 рисунки, 7 додатків. Список використаних джерел – 445, з них латиницею – 154.

РОЗДІЛ 1

АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ

ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ПОСІВІВ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО

ДВОКОЛЬОРОВОГО (огляд наукової літератури)

1.1. Посівні площі, валовий збір та урожайність зерна сорго звичайного двокольорового в Україні та світі

Сорго звичайне двокольорове займає п'яте місце серед основних зернових культур вирощуваних в загальносвітовому масштабі [4–6] і може культивуватись в різних умовах вирощування, включаючи регіони з обмеженим рівнем вологозабезпечення, несприятливими ґрунтовими та температурними умовами [7–9]. Завдяки своїй невибагливості до умов вирощування, є актуальною культурою для України, особливо з урахуванням зростаючої небезпеки посухи, яка потребує вдосконалення елементів технології вирощування та вибору посухостійких культур. Наприклад, в умовах Південного Степу України ймовірність атмосферних посух у поєднанні з ґрунтовими посухами в період активної вегетації рослин становить 90 %. Однак в останні десятиліття високі температури повітря та різна кількість опадів стали проблемою для Лісостепового регіону України, який традиційно вважався зоною достатньо вологого клімату [10–13].

Для того щоб розуміти перспективи вирощування сорго звичайного двокольорового в умовах України слід оцінити його поширеність в світі (рис. 1.1, 1.2). Аналізуючи статистичні дані посівних площ спостерігаємо, що за 2000–2022 роки посівні площі у світі змінювались від 39,2 до 46,4 тис.га, тоді як в Україні ці показники змінювались від 5,8 тис.га у 2002 році до 136,9 і 129,3 тис га. у 2012 і 2013 роках.

У 2016 та 2017 роках площі посівів сорго в Україні змінювались від 70,2 до 71,0 тис. га, у 2021 році до 41,7 та у 2022 році до 15,2 тис. га, зменшення посівних площ пояснюється умовами війни з росією.

Валовий збір зерна у світі коливається в межах від 53,4 до 68,3 тис. т зерна продовж 2000 – 2022 років. В Україні в розрізі цих років показники валового збору зерна були строкатими. Так, найменшим він був у 2002 році – 7,7 тис. т із площі 5,8 тис. га, найвищим він був у 2013 році – 354,4 тис. т з площі 129,3 тис. га.

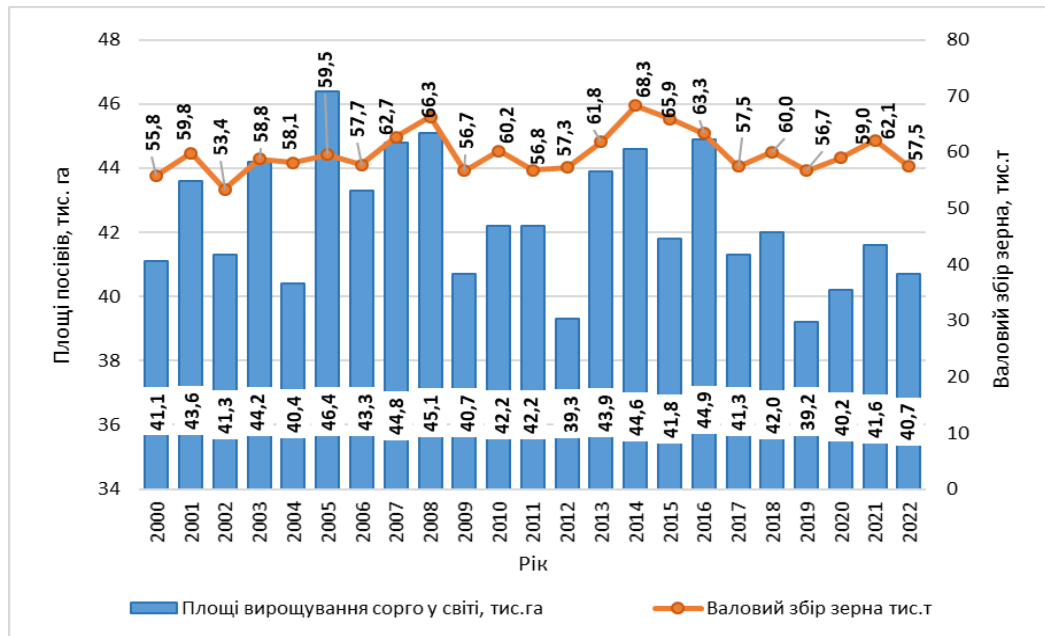


Рис. 1.1. Площі вирощування та валовий збір зерна сорго у світі
(сформовано за даними FAO STAT Crops statistics, середнє за 2000–2022 pp.)



Рис. 1.2. Площі вирощування та валовий збір зерна сорго в Україні
(сформовано за даними FAO STAT Crops statistics, середнє за 2000–2022 pp.)

Формування сприятливих умов інтенсивного росту і розвитку культури можна простежити проаналізувавши дані середньої урожайності сорго у світі та Україні (рис. 1.3). Так, урожайність зерна сорго в Україні з 2000 по 2003 рік була майже на рівні із світовими даними – 0,99–1,37 т/га, а з 2004 року по 2022 рік значно перевищувала ці показники і у 2018, 2019 та 2021 роках становила 4,62, 4,1 та 4,15 т/га, тоді як у світі становила 1,42, 1,44 та 1,49 т/га зерна.

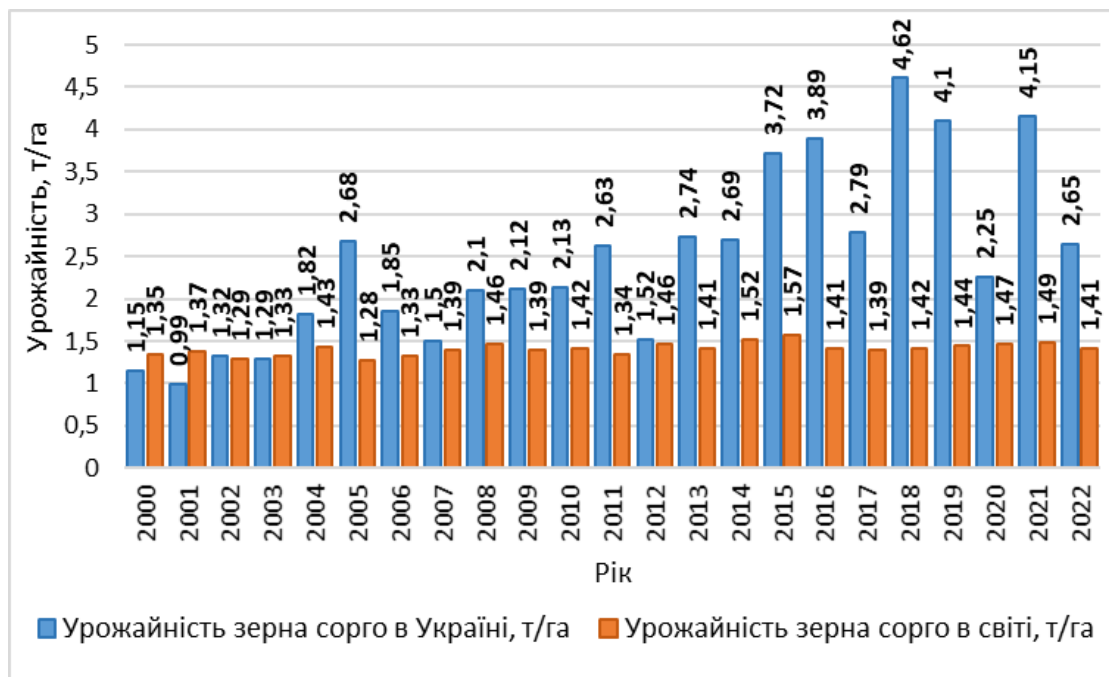


Рис. 1.3. Формування урожайності сорго в Україні та світі (сформовано за даними FAO STAT Crops statistics, середнє за 2000–2022 рр.)

Основними найбільшими країнами виробництва зерна сорго впродовж 2000 –2022 років є Сполучені штати Америки – 9,9 млн т, Нігерія – 7,3 млн т, Індія – 6,1 млн т, Мексика – 5,8 млн т, Судан 4,3 та 3,9 млн т, Єфіопія – 3,4 млн т, Аргентина – 2,9 млн т, Китай та Бразилія – 2,6 та 1,9 млн т (рис. 1.4).

У відсотковому співвідношенні найбільша частка виробництва зерна сорго належить Африці – 42 %, Америці – 37 %, Азії – 16 %, Океанії та Європі 3 та 2 % (рис. 1.5).

За вирощування сорго звичайного двокольорового на великих площах важко забезпечити стабільно вагомий рівень урожайності з року в рік. А отже

встановлення кращих регіонів України за впливом агрокліматичних умов вирощування на урожайність сорго є актуальним (табл. 1.1).

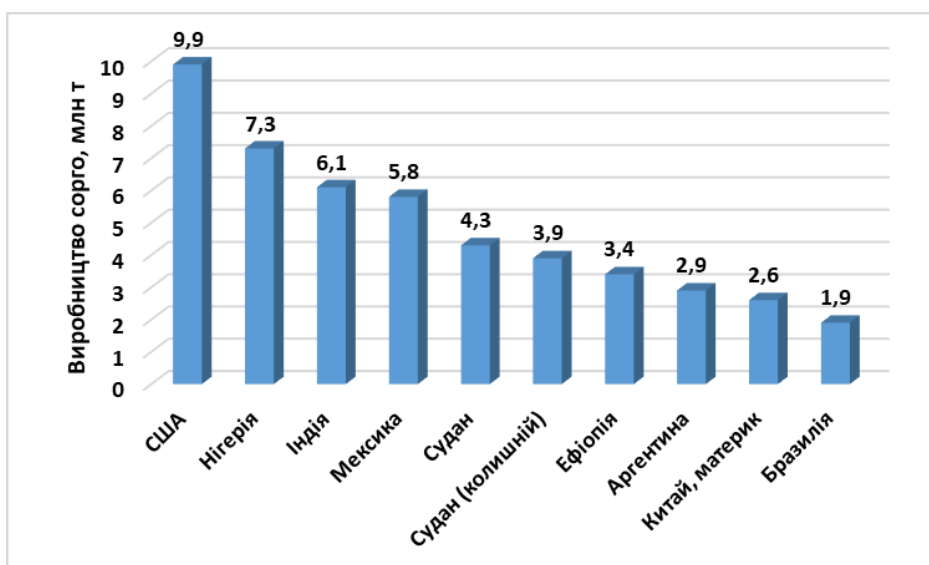


Рис. 1.4. Найкращі країни виробники зерна сорго у світі (сформовано за даними FAO STAT Crops statistics, середнє за 2000–2022 рр.)

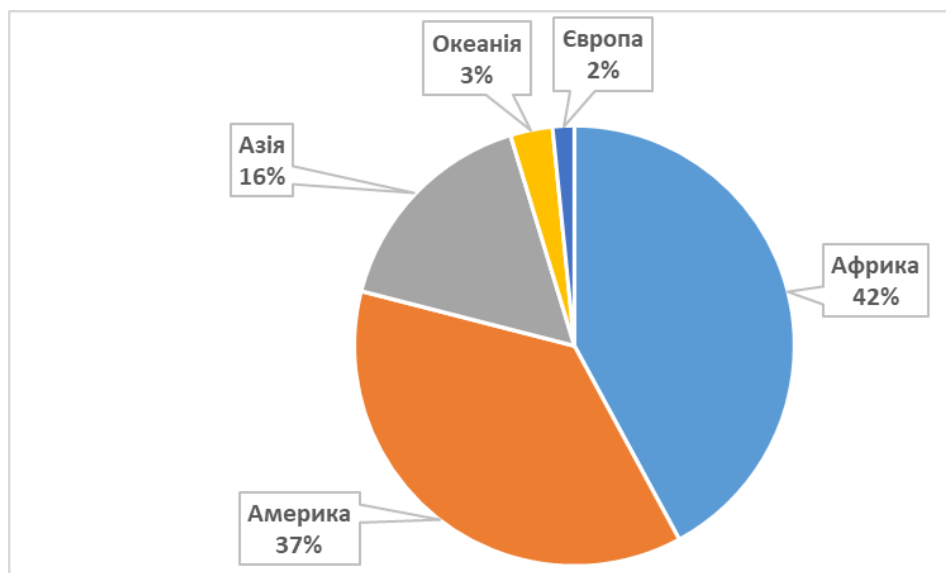


Рис. 1.5. Частка виробництва сорго за регіонами у світі (сформовано за даними FAO STAT Crops statistics, середнє за 2000–2022 рр.)

В цілому по Україні, середні площі вирощування сорго звичайного двокольорового збалансувались на 47,7 тис. га, при цьому урожайність становить 3,49 т/га, а валовий збір зерна – 219,8 тис. т. Тобто сформувалась

своєрідна частка ринку з вирощування сорго і подальше збільшення площ, урожайності та валових зборів можливе за оптимізації розташування культури в умовах регіонів України.

Таблиця 1.1

**Урожайність, площі посівів та валовий збір зерна сорго по регіонах
України, середнє за 2000–2022 рр.**

Регіон*	Урожайність, т/га	Площа, тис./га	Валовий збір, тис.т/га
Україна загалом	3,49	47,7	219,8
Вінницька	4,36	0,6	4,0
Дніпропетровська	3,39	6,6	30,1
Донецька	2,89	2,2	6,4
Житомирська	3,46	1,3	3,6
Закарпатська	0,61	0,0	0,2
Запорізька	2,92	1,2	3,1
Київська	5,70	1,3	9,5
Кіровоградська	4,48	4,7	31,2
Луганська	4,38	2,9	13,1
Львівська	0,30	0,0	0,2
Миколаївська	2,65	6,9	27,1
Одеська	2,96	6,0	23,7
Полтавська	4,31	1,9	15,5
Сумська	2,73	0,4	1,5
Харківська	3,55	2,3	7,8
Херсонська	2,87	5,0	14,7
Черкаська	5,93	3,6	23,5
Чернівецька	0,76	0,1	2,0
Чернігівська	1,73	0,3	1,6

*без урахування даних Автономної Республіки Крим, як таких що суттєво відрізняються за умовами вирощування сорго звичайного двокольорового від регіонів материкової частини України.

Більші площі посіву, високу урожайність та валовий збір зерна можна отримати у Степу України, цей регіон є доволі посушливим, а сума активних температур з 1990 року зросла на 405°C , що формує умови для більш широкого вирощування такої посухо- та жаростійкої культури як сорго.

Однак враховуючи умови змін клімату, потепління, в зоні Лісостепу України, встановлено, що сприятливі умови до реалізації біологічного потенціалу культури створюються в Київській, Вінницькій, Полтавській та Харківській областях. При цьому, в середньому по Лісостепу України отримано урожайність сорго звичайного двокольорового 3,45 т/га, що на 0,14 т/га переважає регіони Степу України. Це пояснюється підвищенням середньодобових температур повітря та збільшенням кількості опадів і кращою доступністю вологи ніж в умовах Степу України. В умовах Полісся України, яке характеризується підвищенням суми активних температур з 1990 року на 450°C , надмірна волога та чергування теплих і прохолодних періодів вегетації робить вирощування сорго в умовах регіону ризиковим заняттям, у Житомирській та Чернігівській області отримано високу урожайність культури.

Важливим показником ефективності вирощування культури є валовий збір зерна в умовах агрокліматичних регіонів України (рис. 1.6).

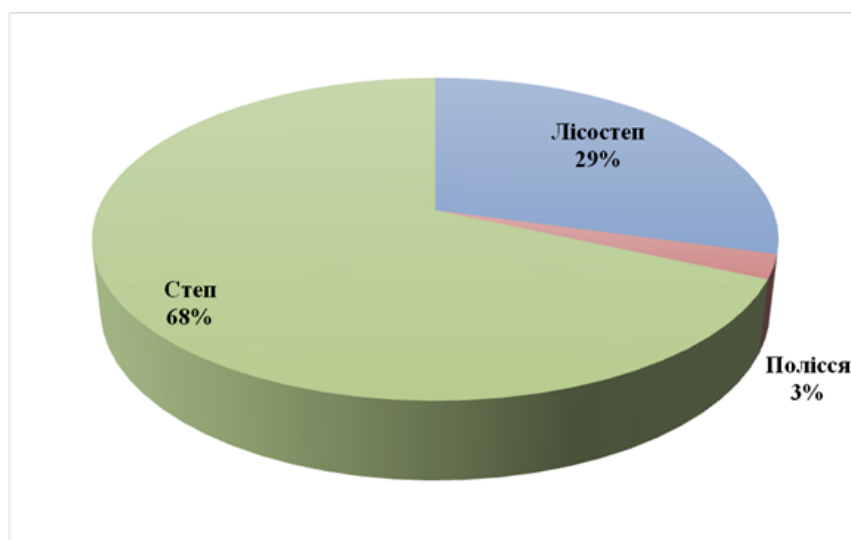


Рис. 1.6. Розподіл валового збору зерна в межах основних агрокліматичних регіонів України, середнє за 2000–2022 рр.

Найбільше виробництво зерна сорго звичайного двокольорового спостерігається в умовах Степу України, водночас Лісостеп займає друге місце або ж 29,0 % в валовому виробництві. Це достатньо щоб поставити актуальність регіонального розміщення культури та оптимізації елементів технології її вирощування на чільне місце.

1.1.1. Формування сортових ресурсів сорго звичайного двокольорового

Формування сортових ресурсів будь яких сільськогосподарських культур займає важливе місце в селекції, а саме у збільшенні урожайності та поліпшенні її якості. Тому виведення нових сортів є потрібним та незамінним напрямком сукупних дій, що спрямовані на підвищення виробництва продукції високої якості та адаптації до високої екологічної пластичності за вирощування в різних географічних умовах.

Сучасний сортовий потенціал має бути конкурентоспроможним та максимально адаптованим до сучасних технологій вирощування. Запровадження нових сортів та гібридів забезпечує кращий ріст і розвиток продуктивності, високу адаптацію до несприятливих умов вирощування, підвищену стійкість до хвороб та шкідників, покращення якісних показників продукції та її виходу, а також поширення механізації агрофітоценозу, догляду за посівами і збирання.

Сорт, у землеробстві, є самостійним фактором підвищення продуктивності досліджуваної сільськогосподарської культури та має велике і вирішальне значення в отриманні сталої урожайності.

Станом на 2023 рік у Реєстрі сортів рослин [14] занесено 151 сорт сорго, із них: 2 сорти сорго багаторічного (трава Колумба), 5 сортів сорго віникове (1 з них – батьківський компонент), 92 сорти сорго звичайного двокольорового (11 з них – батьківський компонент), 6 сортів сорго суданського, 1 сорт сорго звичайного двокольорового схрещеним з сорго суданським, 31 сорт сорго цукрового (8 з них – батьківський компонент). 10 сортів сорго-суданських гібридів та 5 сортів соризу (рис. 1.7).

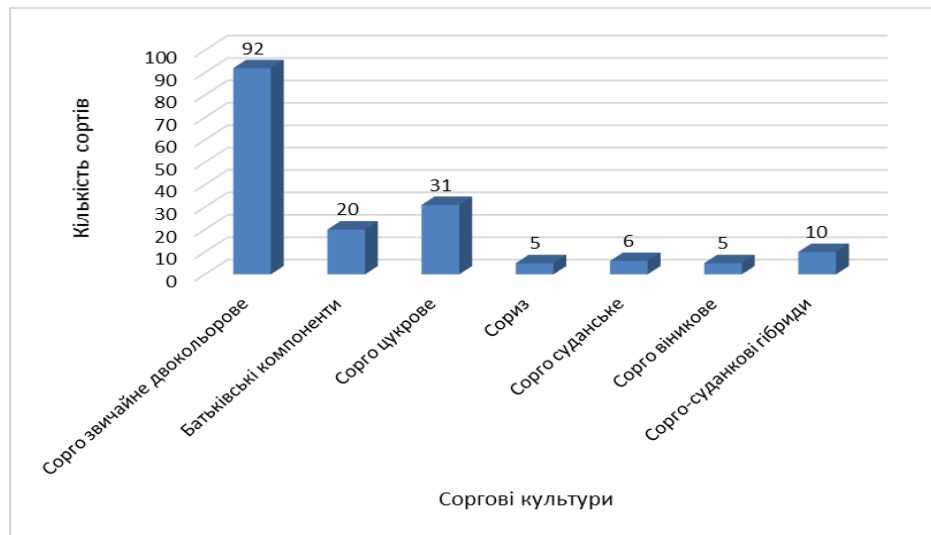


Рис. 1.7. Види соргових культур занесених до Державного реєстру сортів рослин, 2023 р.

Сорти різняться за рекомендованими умовами вирощування, напрямком використання, групою стиглості та якістю (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Характеристика сортів сорго звичайного двокольорового української селекції

Сорт	Рекомендована зона для вирощування	Напрямок використання	Група стиглості	Якість
Даш Е	Степ	зерновий	середньоранній	харчове та фуражне зерно
Краєвид	Степ	зерновий	середньоранній	харчове та фуражне зерно
Лан 59	Степ, Лісостеп	зерновий	ранньостиглий	харчове та фуражне зерно
Одеський 205	Степ	зерновий	середньостиглий	харчове та фуражне зерно
Південне	Степ	зерновий	середньоранній	висококрохмальний
Прайм	Степ, Лісостеп	зерновий	ранньостиглий	харчове та фуражне зерно
СВАТ	Степ	зерновий	ранньостиглий	висококрохмальний
Свіфт 380/79	Степ, Лісостеп	зерновий	ранньостиглий	харчове та фуражне зерно
Смотрич	Степ	зерновий	середньоранній	середньокрохмальний
Спринт 2	Степ	зерновий	середньоранній	харчове та фуражне зерно
Спринт W 341/22	Степ	зерновий	середньоранній	харчове та фуражне зерно
Сріблясте	Степ	зерновий	ранньостиглий	середньокрохмальний
Степовий	Степ, Лісостеп	зерновий	середньоранній	висококрохмальний
Утлюг	Степ, Лісостеп	зерновий	ранньостиглий	середньокрохмальний
Ярона	Степ	зерновий	середньостиглий	висококрохмальний

З усіх видів сорго найбільш поширеним є сорго звичайне двокольорове, що культивується як харчова (хлібна), кормова та технічна культура. Рослини низькорослі – 90–175 см, малокущисті. Формують кім'ясті, щільні волоті з голим відкритим зерном. Зерно висококрохмальне – до 70–75 %, містить білка – 8,0–17,0 %, жиру – 2,0–6,5 %. З зерна сорго виготовляють крупу, борошно, крохмаль, спирт. Як зерно, так і надземну масу згодовують на корм тваринам [15].

Таким чином, сорти у дослідях ранньостиглі, середньоранні та середньостиглі, висококрохмальні, зернового спрямування, які використовують в харчовій промисловості та для виробництва біопалива.

1.2. Значення сорго звичайного двокольорового

Сорго зернове є дуже важливою і цінною зерною культурою, особливо в посушливих областях України. Висока посухостійкість, стійкість до сильних вітрів і досить значна продуктивність зерна та надземної маси підтверджують доцільність вирощування цієї культури там, де кукурудза та інші зернові, за відсутності достатньої кількості вологи в ґрунті не дають сталих урожаїв [16–18].

Через невибагливість культури до складних умов вирощування сорго називають «верблюдом» рослинного світу [19]. Серед сільськогосподарських культур за посухо- та солестійкістю сорго займає перше місце. Це досить світлолюбива культура короткого дня, яка погано переносить затінення [20–25]. Сорго є оптимальною культурою у сівозміні, маючи значний вплив на агрохімічні і агрофізичні властивості ґрунту. Воно має широкий спектр можливого використання – як харчова культура, на корм тваринам та як енергетична культура [26–28].

Сорго звичайне двокольорове почали вирощувати за 3 тис. років до нашої ери, батьківщиною є екваторіальна Африка. Також існують версії, що сорго зернове походить з Індії, Китаю та Єгипту. В XVII столітті сорго було завезено в Північну та Південну Америку з Африки [29, 30].

Серед зернових культур, які вирощують в Україні, сорго відрізняється посухостійкістю і високою врожайністю. За посухостійкістю переважає навіть просо і кукурудзу. Переваги цієї культури полягають у тому, що рослини здатні асимілювати в умовах високих температур повітря. За показниками урожайності, займає п'яте місце після основних зернових культур (пшениці, рису, ячменю і кукурудзи) і третє місце серед зернофуражних [31–36].

Сорго звичайне двокольорове – це технічна, продовольча та кормова культура і господарстві може бути використана для найрізноманітніших цілей. Зерно сорго, багате на крохмаль, є чудовим концентрованим кормом для домашніх тварин, а також цінною сировиною для спиртової, крохмалепатокової і пивоварної промисловості. В багатьох країнах світу зерно сорго переробляють на крупу та борошно і використовують для продовольчих потреб [37–40].

В Африці ця культура є основною продовольчою і кормовою; посівна площа становить понад 15 млн га, урожайність зерна – 0,73 т/га, валовий збір – понад 10 млн т. Сорго зернове називали «китайським просом» [41].

Відомості про появу сорго зернового в Україні не відомі. Відомо лише, що християни вирощували віничне сорго в XVIII столітті під назвою «турецьке просо». Видатний діяч агрономії А.І. Ізмаїльський є одним з перших, хто впровадив сорго в південних областях України і культивував хлібне сорго-джугару на Херсонській дослідній станції. З 1889 року вирощував «китайське просо» для використання його на зелений корм, а зерно – на фураж і для отримання крупи. В 1893 році сорго випробовували на Дерябинському дослідному полі в Полтавській губернії. І вже на початку XX століття селекцією сорго займався В.В. Талановий [41].

Дослідження агротехніки, селекції і насінництва сорго в нашій країні розпочато в 1927 році і пов'язані з іменем видатного вченого академіка Б.П. Соколова, який вивів сорти Ранній янтар, Віничне 623 та інші. З 1931 року цією культурою займався видатний дослідник Б.Г. Демиденко. Також селекцією сорго займався академік Н.Н. Кулешов [41].

Нині в установах НААН ведуться дослідження з селекції та насінництва різних форм цієї культури [42].

Потенціал урожайності сортів і гібридів сорго використовується у виробництві незначною мірою. Тому, що основою продовольчої безпеки є врегулювання та підвищення обсягів виробництва продукції рослинництва, за рахунок удосконалення елементів технології вирощування [43–45].

За даними Бабича А.О. [46] ґрунтово-кліматичні умови України дозволяють вирощувати соргові культури. До того ж, сорго відзначається стабільнішою врожайністю, ніж кукурудза. Розширення селекції і насінництва сорго та застосування інтенсивної технології його вирощування забезпечить значне підвищення продуктивності цієї цінної культури.

Збільшення посівних площ сорго зернового в посушливих та напівпосушливих агрокліматичних районах України обумовлюється його високою продуктивністю, та широким використанням в різних галузях України [47, 48].

В умовах України сорго зернове висівається в основному в Степовій зоні, розміщені в Дніпропетровській, Одеській, Кіровоградській, Миколаївській та Херсонській областях [49–53].

Площа посівів сорго зернового в Україні за прогнозами експертів у майбутньому має зрости до 2 млн га. [54, 55]. Однак, щоб мати таке зростання, варто розробити та оптимізувати технологію вирощування.

Головним призначенням сорго зернового було кормове [56–61]. Енергетична поживність становить 118–130 к.од. в 100 кг зерна. За відгодівлі свиней зерно сорго заміняє ячмінь. Використовуючи в годівлі птиці як компонент корму, за кормовою цінністю не поступається кукурудзяному, у разі заміни тільки 20 % комбікорму зерном сорго вихід яєць за добу збільшується на 9 %. Також сорго зернове є прекрасним кормом для ставкових риб, якщо звичайний рибний комбікорм 30 % замінити зерном сорго то продуктивність збільшиться на 25 % [62–67].

У харчовій промисловості, основним показником, що характеризує господарську цінність сорго як крохмалемісткої культури, є крохмаль. В країнах з високим споживанням зерна сорго в їжу є переробка його у борошно. В країнах, де сорго використовують як технічну і кормову культуру, основними продуктами переробки є крохмаль, глюкозо-фруктозні сиропи і спирт [68–70].

Сорго зернове має високу енергетичну цінність завдяки високому вмісту крохмалю в зерні. Це універсальний продукт, вільний від будь яких антипоживних компонентів. Так як ендосперм сорго часто має відтінкові забарвлення, крохмаль з нього також може бути злегка забарвленим. Пігментація крохмалю може бути посилена також і пігментами насінневих оболонок, які в процесі виробництва виділяються в технологічні розчини. При вироблянні крохмалю для харчових цілей прагнуть використовувати в якості сировини сорти сорго зернового із світлими насінневими оболонками і білим ендоспермом. Крохмаль з сорго використовують у виробництві соусів, начинок для пирогів, пудингів, десертів, як добавку до булочних і кондитерських виробів [71], та в технічних цілях: в паперовому виробництві, в текстильній і медичній промисловості. Він є цінною сировиною для виробництва цукристих речовин, на його основі виробляють глюкозо-фруктозні сиропи із заданим співвідношенням компонентів.

Крупа соризу має високу скловидність, твердість, високий вміст білка та крохмалю. Основними продуктами переробки соризу є крупа сонячна, крупа подрібнена, пластівці, борошно, тощо. Готові вироби мають приємний колір, оригінальний смак і запах, ніжну консистенцію.

Порівнюючи з кукурудзою відмічена нижча вартість зерна сорго і вищий вміст у ньому крохмалю, що забезпечує кращі показники рентабельності для виробництва глюкозо-фруктозних сиропів із сорго. З цих же причин виробництво спирту із сорго рентабельніше, ніж з кукурудзи. Зі 100 кг зерна за переробляння сорго, можна отримати близько 65 кг крохмалю або до 35 кг спирту [72, 73].

В сільському господарстві рослинна біомаса є ефективним поновлюваним джерелом енергії. Використання її для біоенергетичних потреб може здійснюватися в багатьох напрямках [74–76].

Пошук нових екологічно чистих джерел енергії із поновлювальної сировини є перспективним для використання в якості пального, в зв'язку з погіршенням стану навколишнього середовища. Всі можливості є в Україні для виробництва продуктів сільськогосподарського комплексу, альтернативних видів біопалива, які можуть бути одержані з біоенергетичної сировини сільськогосподарського призначення [77].

Світовий досвід розвитку біоенергетики свідчить, що ця галузь отримує свій активний розвиток там, де є системний підхід, як у вигляді прямої підтримки, так і стимулювання сприятливих умов для споживачів біопалива порівняно з традиційними видами палива [78, 79].

Нині сорго зернове розглядається як біоенергетична культура, і є однією з крохмалемістких культур із значним потенціалом біомаси, яка пристосована для вирощування в Україні. Як рослина з типом фотосинтезу C_4 сорго володіє значною ефективністю і за вегетаційний період формує високу продуктивність зерна і біомаси багату на енергію. До того ж в сорго значна частина енергії знаходиться у речовинах, що легко перетворюються в етанол [80–83]. Біопаливо з рослинницької сировини займає четверте місце серед різних видів палив і забезпечує 14 % світового споживання первинних енергоносіїв [84–86].

Біопаливо з сорго зернового є екологічно чистим, за раціонального виробництва. Так як біомаса є нейтральним паливом, то використання її не призводить до підсилення масштабного парникового ефекту. Його можна використовувати для виробництва біопалива: біоетанолу (добавка до бензину – обезводнений етиловий спирт) й твердого палива (надземна маса рослин, яка слугує для виготовлення брикетів та пелет) [87].

Переробка сорго зернового дає змогу отримувати з нього нові види продукції для різних галузей країни, не лише у кормовиробництві та харчовій промисловості, а й виготовлення продуктів мікробіологічного синтезу,

лікарських препаратів, складових компонентів для легкої і важкої промисловості (текстильної, паперової та інших). Біопаливо отримане при переробці сорго є важливим відновлювальним джерелом енергії (для двигунів автомобілів, виробництва тепла, електроенергії тощо) [88–90].

Отже, сорго зернове або звичайне двокольорове, високоврожайна крохмалемістка посухостійка культура, одна з найбільш перспективних культур для виробництва рідкого та твердого палива.

Для ефективного використання біологічного потенціалу сорго є недостатньою наукова база; недосконала комплексна технологія вирощування цієї культури; потребує розроблення адаптивних технологій вирощування як біоенергетичної культури; повільне впровадження розробок у виробництво та інше. Тому, для вирощування сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України важливим буде розробити та оптимізувати комплексну технологію вирощування цієї культури, що значно розширить потенціал використання сорго у різних галузях промисловості.

В Україні недостатньо вивчене питання щодо вирощування сорго звичайного двокольорового як сировини для виробництва біопалива, тому дослідження в цьому напрямку є перспективними і актуальними. Виробництво крохмалевмісних продуктів та біопалива з сорго звичайного двокольорового має економічні перспективи для розвитку харчової, паливно-енергетичної промисловості та агропромислового комплексу України.

1.2.1. Морфобіологічні особливості культури

Сорго зернове або звичайне двокольорове належить до родини злакових Poaceae або Gramineae. Рід сорго (*Sorghum* Moench) налічує від 34 до 50 видів, серед яких відомі однорічні та багаторічні, дикі та культурні види, які вирощують у всьому світі, і різняться між собою формою волоті, розміром та якістю зерна, кольором, висотою рослин, періодом дозрівання [91–93].

Сорго зернове – однорічна трав'яниста рослина і за характером розвитку відноситься до рослин короткого дня [94–96]. Факультативна само- або перехреснозапильна рослина.

Особливістю сорго звичайного двокольорового є дуже добре розвинена мичкувата коренева система, яка проникає у ґрунт на глибину до 3,0 м і в діаметрі до 1,0–1,2 м. Крім первинних та вузлових підземних коренів, здатне формувати повітряні корені з нижніх надземних вузлів. Проростає насінина одним корінцем, а за появи 3–4 листків утворюються вторинні корені, які є основними постачальниками рослин водою і поживними речовинами. До викидання волоті з'являються повітряні корені, що ростуть з першого–другого над землею вузла і занурюються в ґрунт. Ці корені надають стійкості рослинам до вилягання та забезпечують водою і поживними речовинами [41]. Стебло сорго – виповнена нещільною серцевиною соломину, яка у низькорослих форм – менше 1,0 м, середньорослих – до 1,3 м, високорослих форм до 3,5 м (у тропіках до 5–7 м); діаметр від 1 до 5 см, багато сортів і гібридів мають антоціанове забарвлення. Стебло у сорго прямостояче та розділене на міжвузля, кількість яких залежить від виду і сорту, і варіює від 5–9 до 25 шт. [37, 71].

За сприятливих ґрунтово-кліматичних умов вирощування сорго добре кущиться і може утворювати до 5–6 стебел на рослину, залежно від сорту та умов вирощування. Для сортів зернового напрямку кращими є одностебельні рослини, тому що в окремі роки зерно на вторинних стеблах не досягає, що подовжує і ускладнює механізоване збирання [41].

На стеблі по черзі з обох сторін розміщені листки, які складаються з двох частин: піхви і листкової пластинки. Листки великі, з язичком, без вушок; довжиною 50–100 см; шириною пластинки 1–6 см, у деяких форм до 10 та більше, вкриті восковим нальотом, з антоціановим забарвленням [97]. Суцвіття – розлога або щільна волоть, вісь якої може сягати до 40–50 см, середня до 15–25 см і коротка до 3–5 см; може бути прямою або зігнутою; при гілкуванні утворює гілки першого бічні, другого та наступного порядків. На кінцях гілочок по два–три розміщуються одноквіткові *колоски*. Більша частина колосків

чоловічих опадає після цвітіння. Колоскові луски плодоносних колосків щільні, глянцеві, шкірясті, опушені або голі, широкі, повністю чи частково закривають зернівку, квіткові луски – тонкоплівчасті. Зернівки сорго – голі або плівчасті, округлої, овальної, видовжено-овальної, яйцеподібної форм, без борозенки; забарвлення: білі, коричневі, жовті, чорні. Маса 1000 насінин – 20–40 г. Одна волоть може сформувати від 1000 до 3500 зернин [98].

Залежно від способів використання, сорго поділяють на чотири групи: зернове (*Sorghum bicolor*), цукрове (*Sorghum saccharatum*), віничне (*Sorghum technicum*) та трав'янисте (*Sorghum sudanense*) [99].

Зернове сорго вирощують на зерно. Представлене низькорослими кущистими формами, висотою 90–175 см. Волоті щільні з відкритою голою зернівкою. Серцевина стебла напівсуха або суха, центральна жилка листка має жовтувато-біле або біле забарвлення. Об'єднує наступні види: сорго кафське, джугара, гаолян, дурра тощо.

Цукрове сорго вирощують на силос, зелений корм, для отримання некристалізованого цукру, використовуюваного при виробництві харчових сиропів. Це високорослі кущисті форми, соковиті солодкі стебла, в яких міститься до 17 % цукрів. Жилка листка сіро-зелена. Зерно злегка відкрите або плівчасте.

Віничне сорго вирощують для виготовлення віників і щіток. Має довгу волоть, з короткою віссю, з гілками першого порядку. Суха серцевина стебла, центральна жилка листка біла. Зерно плівчасте.

Трав'янисте сорго (суданська трава) вирощується на сіно, зелений корм. Має середню висоту до 3 м, сильно кущиться. Стебла тонкі, голі (3–10 мм) з губчастою серцевиною, листки завдовжки 30 і 70, завширшки 2–4,5 см, центральна жилка світла, розлога волоть, остисті колоски і зернівки плівчасті овальні довжиною 3,5–5 мм і завширшки 2–3 мм. Трав'янисте сорго добре відростає після скошування.

Сорго, за Ф. М. Куперман, можна ідентифікувати за шкалою у 12 етапів органогенезу. Проте ця шкала має ряд недоліків, що пов'язані з точністю визначення етапів органогенезу в польових умовах [100].

Значного поширення також набула шкала Вандерліпа та Рівеса, що розроблена спеціально для розкриття етапів росту і розвитку соргових культур [101–103]. Перший етап – формування вегетативних органів включає нульову та п'ять стадій: стадія трьох листків, стадія формування п'ятого листка, стадія росту, стадія появи верхівкового листка, стадія обгортки. Другий етап – формування генеративних органів: включає чотири стадії: стадія цвітіння, стадія молочної стиглості, стадія воскової стиглості та стадія повної стиглості [104].

1.2.2. Вимоги сорго звичайного двокольорового до температурного та світлового фактору, до зволоження та ґрунтових умов

Температурний та світловий режим. Характерною особливістю є витривалість сорго до посухи та високих температур і вона посилюється тим, що має на стеблі та листках наявний восковий наліт, який зменшує випаровування води рослиною. В спекотний час воно припиняє свій ріст і легше переносить високі температури повітря за інші зернові культури, в разі випадання дощу, відразу починає рости і нагромаджувати сухі речовини. Ці особливості дали підставу назвати сорго – верблюдом рослинного світу, так як довгий час може розвиватися за наявності маленької кількості води. Від довжини світлового дня, зволоження та температури залежить тривалість вегетаційного періоду сорго. Температурний режим впливає також на проростання насіння, найбільша потреба у теплі спостерігається у період «сходи–викидання волоті», найменша у період «сівба–сходи». Сорго чутливе до низьких температур і заморозків [107, 108].

Ґрунти. Однією позитивною рисою є невибагливість сорго до ґрунтів, добре росте і розвивається на легких супісках та суглинках і навіть на солонцях, тобто можна вирощувати практично на всіх ґрунтах, крім заболочених. Солестійкість – це найважливіша біологічна особливість сорго, воно є одним з

представників групи галофітів серед культурних рослин. Сорго зернове в порівнянні з цукровим має меншу солестійкість, при концентрації солей у ґрунті 0,7–0,8 % вже появляються ознаки пригнічення. Однак в умовах зрошування для сорго зернового такий рівень засоленості не є перешкодою для отримання високого урожаю. В початкові періоди розвитку сорго менш солевитривале, ніж в середині і кінці вегетації. Для хорошого розвитку кореневої системи рослин оптимальною є об'ємна маса ґрунту в межах 1,18–1,26 г/см³, із загальною пористістю 50–52 % [41].

Потреба у воді. Сорго економно витрачає воду, однак за період вегетації – формування значної кількості врожаю на випаровування використовує значну кількість води. Не завдаючи собі шкоди може легко переносити високу температуру повітря і ґрунту. Від сильного сонячного нагріву клітини листків не страждають і на відміну більшості інших культур, не витрачають на своє охолодження зайву вологу значним випаровуванням. Кількість води, що у процесі утворення однієї одиниці сухої речовини надземної маси випаровується рослиною називається транспіраційним коефіцієнтом і у сорго він становить 300, тоді як в кукурудзи – 450, в сої – 600, в гороху 700, в кормових бобів – 900. Якщо у ґрунті міститься хоч значна кількість вологи, то сорго продовжує ріст, незважаючи на жару та сухість повітря, мало страждає від суховіїв та спеки. У разі пересихання ґрунту, рослини впадають в анабіоз і після випадання дощу знову починають рости і розвиватися [41].

Найбільше споживають води рослини сорго в період «викидання волоті-цвітіння», це пояснюється різким збільшенням площі листової поверхні і, відповідно, значною витратою води на утворення репродуктивних органів. Також для отримання високої врожайності сорго є достатня забезпеченість водою у початкові періоди росту та розвитку, безпосередньо в період «сході-кущіння». Сорго позитивно реагує на полив і за достатньої кількості вологи в ґрунті значно збільшує урожайність.

Таким чином сорго звичайне двокольорове характеризується значними морфобіологічними особливостями, які відносять його до ряду найцінніших

сільськогосподарських культур для вирощування в Україні. А саме відрізняється від інших видів сорго високим вмістом крохмалю в зерні, високою продуктивністю та використанням.

1.3. Основні елементи технології вирощування та їх вплив на продуктивність агрофітоценозів сорго звичайного двокольорового

Технології вирощування сільськогосподарських культур, мають бути спрямовані на підвищення продуктивності, якості та зменшення собівартості продукції, а також важливо враховувати біологічні особливості досліджуваної культури, ґрунтово–кліматичні умови, сортовий потенціал, призначення посівів та багато інших факторів. В отриманні високих та стабільних врожаїв велике значення мають: вибір поля, застосування раціональної системи обробітку ґрунту, удобрення, оптимальні строки сівби та збирання врожаю [107–110].

У поліпшенні водного і поживного режимів ґрунту важливу роль відіграє сівозміна, яка забезпечує підвищення врожайності та якості сільськогосподарських культур. Виходячи з цього попередниками сорго можуть бути культури, що залишають після себе ґрунт чистим від бур'янів, тобто озимі та просапні, в тому числі жито, пшениця, кукурудза, баштанні.

Досвід вирощування сорго в різних ґрунтово-кліматичних зонах країни показав, що його можна розміщувати першою культурою при освоєнні цілинних і заплавних земель, де воно забезпечує значні врожаї зерна і листостеблової маси [108].

Сорго зернове можна вирощувати в монокультурі впродовж 5 років з дотриманням рекомендованої технології вирощування (своєчасне проведення комплексу польових робіт, внесення розрахункових доз органічних і мінеральних добрив та пестицидів) [109].

Якісний обробіток ґрунту під сорго сприяє покращенню поживного, водного, температурного і повітряного режимів, формування сприятливих

грунтових умов росту і розвитку кореневої системи, контролювання чисельності бур'янів, збудників хвороб, шкідників сільськогосподарських культур [108].

1.3.1. Роль стимулятора росту в технології вирощування культури

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур ґрунтуються на застосуванні пестицидів та внесенні мінеральних добрив, проте їх неконтрольоване використання є екологічно небезпечним і економічно невиправданим. Через те, великої актуальності набуває пошук альтернативних засобів, які впливатимуть на формування урожаю сільськогосподарських культур як господарсько цінної частини. Впровадження у виробництво рістрегулюючих речовин є на сьогодні перспективним напрямком досліджень, які у низьких нормах спроможні підвищувати здатність біологічної продуктивності рослин в межах норми реакції генотипу, а також збільшувати їх адаптаційну здатність до факторів навколишнього середовища [111]. Досягнення очікуваного ефекту від використання рістрегулюючих речовин можливе тільки тоді, якщо препарат приготовлений з оптимальною концентрацією робочого розчину, так як значна кількість біологічно активних речовин працюють як стимулятори в низьких дозах, і як інгібітори – у високих [112]. Особливість дії синтетичних регуляторів росту зводиться до того, що вони впливають на внутрішні процеси, їх напрямок і інтенсивність дії, що неможливо виправити за допомогою агротехнічних заходів вирощування [113, 114].

Процес дії регуляторів росту, головним чином, пов'язують з зміною гормонального балансу в клітинах рослин. Позитивна дія виявляється в інтенсифікації фізіологічних процесів, зміні рівноваги нативних фітогормонів. Із ростом і розвитком рослин змінюються фізико-хімічні особливості мембран, підвищується їх проникність, що спричинює до інтенсифікації процесів внутрішньоклітинного синтезу, клітини швидше ростуть і діляться [115, 116].

Біологічно активні речовини – це хімічні сполуки, які спроможні змінювати обмін речовин та їх швидкість, а також впливати на стан рослин у

мінімальних кількостях. До таких речовин належать ферменти, стимулятори росту, гормони, вітаміни, феромони тощо [117].

Розрізняють синтетичні аналоги природних сполук, які мають високу фізіологічну ефективність. Дія синтетичних регуляторів направлена на зміну стану рослин, токсичної дії не мають [118–120].

Крім природних фітогормонів і їх синтетичних аналогів, гумінові речовини володіють високою біологічною активністю, у їх основі лежать природні гумінові кислоти не розчинні у воді. Потрапляючи на рослини можуть переходити в фізіологічно активний стан та діяти як стимулятори росту. Їх дія полягає у активізації обміну нуклеїнових кислот, покращенні обміну поживних речовин, посиленні фотосинтетичної діяльності завдяки прискоренню поглинання світла хлорофільними зернами, а також стимулюванні імунітету рослин до біотичних та абіотичних факторів, впливають на стійкість рослин до ушкодження збудниками хвороб [121–123].

Стимулятори росту рослин, що використовують в період фаз активного росту і розвитку, спрямовані на краще поглинання рослинами мінеральних сполук, накопичення поживних речовин, вологи та швидкого проходження процесів фотосинтезу. Відсутність певних елементів живлення впливає на зниження інтенсивності фотосинтезу і дихання рослин [124, 125].

Під регуляторами росту і розвитку рослин розуміють синтетичні й природні органічні хімічні речовини, яким властива біологічна активність навіть у невеликих кількостях викликати зміни у фізіологічних і біохімічних процесах рослин [126, 127]. Стимулятори росту рослин застосовують для оброблення насіння перед сівбою та обприскування посівів у період вегетації [128]. Позитивну дію регуляторів росту рослин на пшеницю озиму у польових умовах за різних способів застосування висвітлено у працях багатьох вчених [129–131]. Застосування мінеральних добрив та рістрегулюючих речовин у технологіях вирощування зернових культур сприяє оптимізації живлення рослин впродовж усієї вегетації [132].

Стимулятори росту рослин посилюють інтенсивність протікання обмінних і ростових процесів у рослинах, внаслідок чого підвищується продуктивність сільськогосподарських культур та покращується якість продукції [126, 128].

Застосування гумінових стимуляторів росту рослин сприяє не лише збільшенню показників енергії проростання, лабораторної та польової схожості, а й інтенсифікації процесів росту та розвитку рослин [133].

Багато вчених говорять про ефективність застосування біологічних і хімічних протруйників не тільки для зменшення ураження хворобами, а й для формування стійкості рослин до стресових факторів навколишнього середовища. В досліджах Інституту сільського господарства степової зони НААНУ обробка насіння сумішшю раксилу і антистресу в нормах 0,2 і 0,68 кг/т насіння забезпечило підвищення врожайності на 0,26–0,44 т/га, а передпосівна обробка насіння сумішшю препарату «Селест Топ 312.5 FS» та мікродобривом «Реаком-плюс-зерно» дала змогу збільшити врожайність на 11–17,2 % [134–137]. На удобреному органо-мінеральному фоні прибавка врожайності за рівня на контролі може становити 0,11–0,17 т/га [138].

Застосування у якості добрив біологічних добрив, промислових відходів та стимуляторів росту також позитивно впливає ріст і розвиток рослин сорго звичайного двокольорового. Врожайність біомаси за їх внесення становила 28,0-32,0 т/га, що на 14,7-29,3% вище за контроль – без внесення хімічних засобів [139].

Обробка насіння сільськогосподарських культур препаратами, які створені на основі гумінових і фульвових кислот, сприяє підвищенню посівної якості насіння, сприяє розвитку кореневої системи та проростка в цілому на етапах проростання. Обробка насіння за 45 днів до висіву сприяла зростанню його схожості на 9 – 22 % [140].

З проростанням насіння починається ріст рослин. Під час проростання насіння зародок використовує запасні поживні речовини насінини і в результаті перетворюється на проросток, який живиться самостійно. Вчені виділяють

фенологічну фазу становлення проростка, який забезпечує появу сходів на поверхні ґрунту, інакше ріст стеблової частини [141–143].

Проростання насіння це один з найбільш важливих періодів у житті рослинного організму. Використання способів передпосівної обробки насіння підсилює процеси саморегуляції і сприяє підвищенню схожості та стійкості до несприятливих факторів зовнішнього середовища [144].

1.3.2. Особливості мінерального живлення, строків сівби та глибини загортання насіння сорго звичайного двокольорового

За даними авторів [145–147], сорго зернове своєю кореневою системою активно засвоює елементи живлення і вологу з ґрунту, формуючи високу врожайність та позитивно реагує на внесення органічних і мінеральних добрив.

Ефективним швидкодіючим засобом підвищення урожайності сільськогосподарських культур, а також родючості ґрунту є мінеральні добрива, які впливають на ріст і розвиток рослин впродовж періоду вегетації [97, 148, 149]. Внесення мінеральних добрив підвищує стійкість сільськогосподарських культур до несприятливих умов. Поживні речовини, які вносять з мінеральними добривами, засвоюються рослинами легше і швидше. Азотні добрива – сприяють швидкому росту рослин і підвищенню урожайності, фосфорні – пришвидшують дозрівання, калійні – надають стійкості до вилягання [150–153].

На Ерастівській дослідній станції досліджено, що мінеральні добрива сприяють підвищенню вмісту рухомих форм азоту і фосфору в ґрунті [154]. З ґрунту рослини сорго використовують від 30 до 60 % азоту, від 10 до 25 % фосфору та від 60 до 90 % калію. Однак збільшуючи дозу добрив спостерігали зменшення коефіцієнту використання поживних речовин з них [155].

Науковцями Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН в зоні Лісостепу України для сорго зернового рекомендовано фосфорні та калійні добрива вносити під зяблеву оранку, азотні – навесні під культивуацію. [108].

Однією з важливих умов отримання високої врожайності сорго зернового є сівба його доброякісним насінням сортів і гібридів. Поряд з такими

показниками якості насіння, як схожість, сортова чистота, біологічна довговічність (певний період часу впродовж якого якась частина партії насіння здатна до проростання), господарська придатність (період зберігання насіння, впродовж якого воно залишається кондиційним і відповідає вимогам стандартів), не менш важливим є розмір і вирівняність насіння.

Згідно з ДСТУ 2240-93 насіння сорго 1–3 репродукції має відповідати таким вимогам: схожість не менше 70%, сортова чистота не менше 95%, вміст насіння основної культури не менше 97%, вміст насіння культурних рослин не більше 32 шт./кг, бур'янів – не більше 48 шт./кг [156, 157].

Сівбу не проводять насінням, яке засмічене насінням карантинних бур'янів, живими шкідниками і їх личинками. А також насіння з ділянок уражених сажкою понад 5%.

Важливе значення має величина насіння і маса 1000 насінин. За підготовки до сівби насіння необхідно сортувати на фракції і відокремлювати найбільше, яке володіє високою життєздатністю та схожістю [108, 157].

Сорго зернове є теплолюбивою і дрібнонасінною культурою, тому правильно встановлені строки сівби й глибина загортання насіння мають важливе значення. Вони мають значний вплив як на його проростання та отримання повноцінних сходів, так і на подальший ріст і розвиток рослин [158, 159]. Визначення строку сівби залежить від багатьох факторів, а саме: кліматичних умов зони вирощування, стану та вологості ґрунту, біологічних особливостей досліджуваних сортів і гібридів, цільового призначення сівби тощо [24, 160, 161].

Вивчаючи строки сівби насіння варто зазначити, що рослини розміщуються у різних ґрунтово-кліматичних умовах, а це дає можливість виявити їх реакцію на зовнішні фактори. Зміна строків сівби призводить до створення різного поєднання кліматичних факторів у одному і тому ж географічному місці, які впливають на процеси росту, розвитку і продуктивність рослин, а також забезпечується прояв сортових ознак [162–164].

За нестачі в ґрунті вологи сівбу насіння сорго в умовах Півдня України здійснюють в стисліші строки, а за надлишку вологи або із зрошенням – у декілька строків. Визначаючи строк сівби насіння потрібно орієнтуватися на мінімально допустиму температуру ґрунту [165, 166]. Науковці стверджують, що сівба за температури ґрунту 9–12 °C на глибині загортання насіння сприяє отриманню сходів на 16 добу, за температури 15–19 °C на 9 добу, з підвищенням температури до 20–30 °C – на 5–6 добу. Для сорго найбільш небезпечним є вплив низьких температур на проростання насіння, який проявляється в період, коли проростки подовжуються, але ще не досягли поверхні ґрунту [166, 167].

За даними вчених [41], насіння сорго висівають коли температура ґрунту на глибині загортання сягає 17–19 °C. Варто зазначити, що пливчасті сорти сорго, які мають танін в оболонці, краще переносять несприятливі умови у період проростання, тому їх висівають раніше на три голозерних сортів.

Сівба сорго в непрогрітий ґрунт (7–8 °C на глибині 10 см) призводить до зрідження сходів та до появи їх на 30–35 день, польова схожість, відповідно, знижується до 30 %. За температури ґрунту 14–16 °C на глибині загортання насіння сходи з'являються на 10–12-у добу, а за температури 25–28 °C – на 5–6-у добу після сівби [168, 169]. За даними Ізмаїльської дослідної станції, за ранньої сівби (температура 7–8 °C на глибині 10 см) тривалість періоду від сівби до появи сходів зменшується до 17 днів, при цьому кількість бур'янів в два рази більша ніж за сівби в більш прогрітий ґрунт [170, 171].

Результати досліджень А. В. Varanovsky та ін. [172] свідчать, що за швидкого збільшення температури в посушливі весни на ґрунтах легкого механічного складу рання сівба має значну перевагу над пізньою.

Глибина загортання насіння – це один з важливих заходів агротехніки сорго. Правильно обрана глибина залежить від стану та вологості ґрунту, його температури, сорту, маси 1000 насінин, схожості, енергії проростання тощо [173, 174]. Сівбу насіння здійснюють на тверде посівне ложе і на оптимальну глибину, забезпечуючи цим швидку появу дружних сходів та отримання високої продуктивності [175, 176].

Сорго зернове – це дрібнонасінна культура і сівба насіння більше 8 см не рекомендується, при цьому тривалість періоду "сівба-сходи" збільшується, польова схожість знижується, а сходи, які з'явилися є ослабленими та нестійкими до несприятливих умов вирощування. В умовах Півдня України з посушливим кліматом мілко висівати насіння не варто, тому що воно не дає сходів, а якщо вони і з'являються, то більшість з них гине [41]. В умовах Півдня рекомендованою є глибина загортання насіння сорго 5–7 см, з обов'язковим прикочуванням кільчастими котками. Сівбу на 4–5 см здійснюють за умови, наявності вологи в ґрунті. На зрошуваних землях ця глибина загортання насіння є найбільш оптимальна [41].

В умовах Півдня в посушливі весни з пересиханням верхнього шару ґрунту збільшують глибину загортання насіння до 10 см з післяпосівним прикочуванням [177].

Оптимальною глибиною загортання насіння сорго є 4–5 см, це забезпечує отримання сходів на 9–10 день. За достатньої вологості та температури сорго дає сходи за глибини загортання насіння 7–8 та навіть 9–10 см. Однак спостерігається зниження польової схожості за ранньої сівби. Якщо сівба здійснюється в оптимальні строки, збільшення глибини загортання насіння з 4–5 до 7–8 см призводить до зниження польової схожості на 1,7–2 %, а за сівби насіння коли температура ґрунту становить 7–8 °C – на 9,3–10 %. Однак загортання насіння на глибину 7–8 см здійснюється у тому випадку, якщо під час сівби ґрунт на глибині 4–5 см сухий і отримати сходи неможливо [170, 175, 178, 179].

За сівби насіння в ранні строки, на ґрунтах, які погано прогріваються або сильно зволжених, насіння загортають на глибину 3–5 см. Дрібне насіння, що має низьку схожість та життєздатність, також необхідно висівати не глибоко. А на супіщаних і легких ґрунтах, у зоні недостатнього зволоження, сівбу здійснюють на глибину загортання насіння 6–8 см. У районах з сухими веснами та легкими швидко висихаючими ґрунтами сівбу здійснюють на глибину де достатньо вологи для проростання і початкового росту насіння. Глибина

загортання насіння сорго залежно від механічного стану ґрунту та ступеня його зволоження встановлюється від 5–6 до 8–10 см [180]. В Степу України соргові культури доцільно висівати на глибиною загортання насіння 4–7 см. Якщо посівний шар ґрунту пересохлий то глибина загортання збільшується до 8–10 см і обов’язково здійснюють допосівне та післяпосівне прикочування [155].

Дослідженнями Василенка Р. М. виявлено, що найкраща фотосинтетична продуктивність сорго зернового отримана за сівби насіння у III декаді квітня [181].

1.3.3. Особливості способу сівби та норм висіву сорго звичайного двокольорового

Важливе значення в отриманні високої продуктивності має спосіб сівби і густота стояння рослин. Спосіб сівби визначається біологічними потребами рослин до площі живлення, забезпечення вологою освітлення, і можливістю проведення механізованого догляду за посівами, метою культивування, засміченістю поля тощо. З густотою стояння і способом сівби пов’язані живлення рослин, транспірація, фотосинтез, водоспоживання, тощо. Із зміною величини і площі живлення регулюються наступні процеси: інтенсивність кущіння, час і рівномірність дозрівання. Інтенсивніше кущяться рослини і формують гарну волоть, а відповідно, й урожайність насіння, при розміщенні невеликої кількості рослин на одиниці площі. Із загущенням посівів, кущіння рослин зменшується, відповідно, знижується маса зерна з волоті, але за рахунок збільшення продуктивного стеблостою врожайність не знижується. Цим і пояснюється велика кількість різних рекомендованих способів сівби та густоти стояння рослин [93].

За даними М. О. Бойка і Л. Х. Макарова [35, 182] оптимальним є широкорядний спосіб сівби насіння з міжряддям 70 см. Проте в умовах Півдня вважають доцільним висівати низькоросле сорго зернове з міжряддям 45 см. За цієї ширини міжрядь отримали урожайність зерна на 0,5 т/га більше порівняно з міжряддям 70 см.

У дослідженнях А. О. Рожкова та Л. А. Свиридової [183], в умовах Східного Лісостепу України, найвищу врожайність гібридів сорго зернового отримали у варіанті за норми висіву насіння 200 тис. шт./га і шириною міжрядь 45 см. За даними досліджень І. А. Овсієнка [184], проведених у Лісостепу України, рекомендовано висівати сорго зернове з шириною міжрядь 45 см нормою висіву 300–400 тис. шт./га. У дослідженнях С. М. Каленської та В. М. Найдено [185] максимальна урожайність досліджуваних гібридів сорго зернового формувалась за ширини міжрядь 50 см.

У Східному Лісостепу України спостерігається закономірність, що спосіб сівби та норми висіву впливали на тривалість фенофаз, і відбувалось скорочення фази виходу в трубку в результаті послаблення ценотичної напруги між рослинами у посівах за зменшення норм висіву насіння та звуження ширини міжрядь до 45 см і, відповідно, збільшення тривалості періодів кушіння та формування–достигання зерна за дії цих же варіантів [186].

Для зони Степу України оптимальна густина стояння для зернового сорго становить 140–160 тис. схожих насінин на 1 га. За даними результатів досліджень Генічеської дослідної станції, вона коливається для зернового сорго в межах 60–100 тис. схожих насінин/га, а в особливо сприятливі роки 140 тис. схожих насінин/га [187].

Багато науковців [85, 188–193], займалося вивченням норм висіву насіння сорго, та чітко встановленої не досліджено. Густина стояння рослин впливає на ріст, розвиток рослин та величину врожаю. Оптимальна густина стояння сприяє отриманню рослинам елементів живлення, вологи, освітлення рослин і формування максимальної продуктивності [194]. Одним із факторів, що визначає норму висіву, є наявність вологи та елементів живлення у ґрунті. Оптимальну норму висіву визначають залежно від особливостей сортів і гібридів сорго, конкретних ґрунтово-кліматичних умов та напрямку використання продукції [195–197].

Оптимальна норма висіву насіння та густота стояння рослин є основою отримання високого стеблостою, урожайності зерна та максимального прибутку [198].

Із загущенням посівів виникає конкуренція рослин за воду, світло і поживні речовини, що негативно впливає на урожайність [199, 200].

Для сортів і гібридів, що мають товсте стебло і велику волоть оптимальна густота стояння рослин вважається 90–120 тис. шт./га за ширини міжрядь 60–70 см, для сортів і гібридів, що мають середню волоть і товщину стебла – 140–160 тис. шт./га, а для короткостеблових сортів і гібридів з тонким стеблом і невеликою волоттю норму висіву насіння доцільно збільшити до 180–220 тис./га за ширини міжрядь 45–60 см. На чистих від бур'янів полях, за достатніх запасів продуктивної вологи короткостеблові сорти можна висівати звичайним рядковим способом з нормою 400–600 тис./га [41].

Густота стеблостою має вагоме значення, так як від неї залежить розвиток кореневої системи, кущення рослин і, відповідно – продуктивність. Тому норма висіву насіння має велике значення. Рівномірне розміщення рослин на одиниці площі це одна з важливих умов отримання високої і стабільної продуктивності культури.

1.3.4. Роль способів контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго звичайного двокольорового

Головним завданням догляду за посівами сорго зернового є створення сприятливих ґрунтових умов для отримання дружних і рівномірних сходів, утримання посівів в чистому від бур'янів стані, а також забезпечення рослин сорго вологою і поживними речовинами. Сорго вразливе до бур'янів і потребує захисту від них [108].

Значна кількість бур'янів у посівах знижує врожайність та якість продукції, уповільнює впровадження інтенсивних технологій вирощування, підвищує собівартість продукції тощо [201–207].

Дані авторів свідчать, що за вирощування кукурудзи та сорго в різних кліматичних умовах досить часто відмічається вплив несприятливих умов довкілля. Важливе значення при цьому набуває контроль забур'яненості посівів спрямований на покращення поживного і водного режимів ґрунту та оптимізацію росту і розвитку рослин, і зростання продуктивності [208–211].

Для сорго зернового характерним є повільний ріст і розвиток у початковий період вегетації (перші 30 днів після появи сходів), тому варто приділяють увагу вибору попередника, обробітку ґрунту та догляду за посівами [35]. Водночас активно розвиваються бур'яни поглинаючи поживні речовини та вологу з ґрунту, і як наслідок можливе пригнічення і загибель рослин сорго. Критичний період шкодочинності бур'янів у посівах сорго є період від кушіння до фази виходу в трубку, тому необхідно утримати посіви чистими від бур'янів [212].

Догляд за посівами сорго зернового необхідно починати до появи сходів, який включає післяпосівне прикочування, міжрядні культивації, контролювання чисельності бур'янів, захист від хвороб і шкідників [35, 107, 108].

Післяпосівне прикочування посіву збільшує контакт насіння з ґрунтом, підтягує капілярну вологу із нижніх вологіших шарів ґрунту і вирівнює його поверхню. Прикочування виконують кільчасто-шпоровими котками, які утворюють ребристу поверхню ґрунту, що перешкоджає утворенню ґрунтової кірки. За появи масової кількості бур'янів проводять до сходове боронування – за 4–5 днів до появи сходів, а в фазі 4–6 листків – після сходове боронування [213–217].

Поряд з агротехнічними заходами контролювання чисельності бур'янів в посівах сорго зернового є і хімічні засоби – гербіциди. Поєднання цих заходів забезпечує знищення значної кількості бур'янів та сприяє підвищенню продуктивності культури з скороченням додаткових витрат [108]. Застосування гербіцидів у посівах передбачає вивчення видового складу бур'янів, що значно зменшить засміченість, і як наслідок підвищить врожайність культури та продуктивність сівозміни [218–221].

Гербіциди мають інгібуючу дію не лише на бур'яни, а й на досліджувані рослини [222]. Інші науковці стверджують, що висока ефективність гербіцидів у знищенні бур'янів і незначна негативна дія на ріст та розвиток сорго сприяли формуванню високої врожайності сорго, ніж у варіанті без обробітків [223]. За даними вчених, гербіциди, внесені по сходах рослин сорго не мали негативного впливу на його ріст і розвиток. Так, показники кількості рослин на 1м² і листя, довжини волоті та ширини листка були вищими, ніж на контролі [224, 225].

За результатами досліджень Інститут сільського господарства степової зони рекомендовано використовувати хімічні засоби разом з агротехнічними, що значно знижує кількість бур'янів, сприяє підвищенню рівня урожайності і скороченню додаткових витрат на вирощування сорго [35]. Висока чистота посівів від знищення бур'янів досягається в поєднанні агротехнічних заходів з використанням гербіцидів [226, 227].

У разі появи шкідників варто здійснювати заходи контролювання їх чисельності, які полягають у ретельному зяблевому обробітку ґрунту, низькому зрізі стебел та проведенні хімічного обробітку інсектицидами.

Для контролювання шкідників сорго застосовують інсектициди Енжіо 247 SC (0,18 л/га), Децис, 2,5% к.е. (0,5...0,7 л/га), Децис Форте, 12,5% к.е. (0,05...0,08 л/га), Карате 050 ЕС, к.е. (0,2 л/га), Карате Зеон 050 CS, м.к.с. (0,2 л/га), Штефесін, 2,5% к.е. (0,5–0,7 л/га), Фастак (0,1-0,15 л/га), Бі-58 новий, Актелік (0,5-1,0 л/га) та інші [108].

Розрізняють такі хвороби сорго зернового: пліснявіння насіння, кореневі і стеблові гнилі, сажка – летюча і тверда, іржа.

Заходи захисту: вирощування стійких до цієї хвороби сортів і гібридів сорго зернового. А також дотримання сівозмін, глибока зяблева оранка ґрунту, внесення збалансованих норм добрив. Протруювання насіння суспензією препарату Вітавакс 200 з.п. (5 л/т води+2 л/т препарату), Максим 0,25 Р8 т. к. с. (8 л/т води+1 л/т препарату) [108].

Отже, огляд літературних джерел показує, що елементи технології вирощування сорго звичайного двокольорового відрізняються і залежать від

агротехніки та ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Тому доцільно вивчити елементи технології вирощування сорго в Лісостепу України, що сприятиме отриманню високої продуктивності і якості культури.

Висновки до розділу 1

Аналіз огляду літературних джерел з питань вирощування сорго звичайного двокольорового для використання у харчовій промисловості, в кормовиробництві та енергетичному комплексі на сьогодні є досить актуальним, тому варто навести наступні висновки:

1. У світі в середньому за 2000–2022 роки площі посівів були майже на рівні і змінювались від 39,2 до 46,4 тис.га. В Україні у 2016 та 2017 роках посівні площі становили 70,2–71,0 тис./га після чого спостерігається їх зменшення до 41,7 тис.га у 2021 році та до 15,2 тис. га у 2022 році, що пояснюється умовами війни з росією.

2. Валовий збір зерна у світі коливається в межах від 53,4 до 68,3 т зерна продовж 2000 – 2022 років. В Україні в розрізі цих років показники валового збору зерна були строкатими. Так, найменшим він був у 2002 році – 7,7 т із площі 5,8 тис. га, найвищим він був у 2013 році – 354,4 т з площі 129,3 тис.га.

3. Найбільше виробництво зерна сорго звичайного двокольорового спостерігається в умовах Степу України, водночас Лісостеп займає друге місце або ж 29,0 % в валовому виробництві. Тому існує необхідність вивчити елементи технології вирощування сорго в Лісостепу України.

4. Вибір сортів сорго звичайного двокольорового, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов вирощування та технологія вирощування є головними чинниками, що визначають продуктивність і якість продукції. В сучасних літературних джерелах взаємозв'язок цих чинників не висвітлений.

5. В Україні недостатньо вивчене питання щодо використання відновлюваних джерел енергії, які мають рослинне походження, зокрема сорго звичайного двокольорове як сировини для виробництва біопалива.

6. В літературі майже відсутня інформація щодо вирощування сорго звичайного двокольорового як біоенергетичної культури. Зокрема недостатньо вивчені окремі елементи технології вирощування: оброблення насіння та обприскування стимулятором росту посівів, строки сівби, глибина загортання насіння, ширина міжрядь та норма висіву, доз добрив, способи контролювання чисельності бур'янів, строки збирання. Звідси виникає необхідність провести дослідження з вирощування сорго звичайного двокольорового відповідно до ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу України та елементів технології вирощування на продуктивність і якість сорго звичайного двокольорового для використання не лише в харчовій промисловості та кормовиробництві, а й як біоенергетичної культури для виробництва біопалива – біостанолу та твердого палива.

Література до розділу 1

1. Герасименко Л. А. Доцільність вирощування зернового та цукрового сорго. *Новітні агротехнології: теорія та практика* : тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (м. Київ, 11 липня 2017 р.). Вінниця : Нілан-ЛТД, 2017. С. 74–75.

2. Гайденок О. М., Шевченко І. Л. Аналіз технологій заготівлі рослинної біомаси як твердого біопалива. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17, Т. 2. С. 352–357.

3. Пришляк Н. В., Токарчук Д. М., Паламаренко Я. В. Забезпечення енергетичної та екологічної безпеки держави за рахунок біопалива з біоенергетичних культур і відходів. Вінниця : Консоль, 2019. 248 с.

4. FAO STAT Crops statistics. (2023). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

5. Trouche G., Bastianelli D., Hamadou T., Chantereau J., Rami J., Pot D. Exploring the variability of a photoperiod-insensitive sorghum genetic panel for stem

composition and related traits in temperate environments. *Field Crops Res.*, 2014. 166, P. 72–81. doi: 10.1016/j.fcr.2014.06.008

6. Ndiaye M., Adam M., Ganyo K.K., Guissé A., Cissé N., Muller B. Genotype-environment interaction: trade-offs between the agronomic performance and stability of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes in Senegal. *Agronomy*, 2019. 9. P. 1–16. doi: 10.3390/agronomy9120867

7. Perrier L., Rouan L., Jaffuel S., Clément-Vidal A., Roques S., Soutiras A., Baptiste C., Bastianelli D., Fabre D., Dubois C., Pot D., Luquet D. Plasticity of Sorghum Stem Biomass Accumulation in Response to Water Deficit: A Multiscale Analysis from Internode Tissue to Plant Level. *Front. Plant Sci.*, 2017. 8. P.1516. doi: 10.3389/fpls.2017.01516

8. Fu T., Ko J., Wall G.W., Pinter P.J., Kimball B.A., Ottman M.J. Simulation of climate change impacts on grain sorghum production grown under free air CO₂ enrichment. *Int. Agrophys.*, 2016. 30, P. 311–322. doi: 10.1515/intag-2016-0007

9. Potgieter A.B., Lobell D.B., Hammer G.L., Jordan D.R., Davis P., Brider J. Yield trends under varying environmental conditions for sorghum and wheat across Australia. *Agric. For. Meteorol.*, 2016. 228, P. 276–285. doi: 10.1016/j.agrformet.2016.07.004

10. Sultan S.E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends. Plant. Sci.*, 2000. 5. P. 537–542. doi: 10.1016/s1360-1385(00)01797-0

11. Agrawal A.A. Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Science*, 2001. 294. P. 321–326. doi: 10.1126/science.1060701

12. Hughes K.A., Burleson M.H., Rodd F.H. Is phenotypic plasticity adaptive? in *Biodemography of Fertility*, Rodgers J.L., Kohler H.C., Eds., Dordrecht, Netherlands: Kluwer, 2002, P. 23–42.

13. Schlichting C.D. Phenotypic plasticity in plants. *Plant Species Biol.*, 2002. 17. P. 85-88. doi: 10.1046/j.1442–1984.2002.00083.x

14. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 10.11.2023 рік. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin>

15. Присяжнюк О. І. Особливості ідентифікації етапів росту сорго зернового. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. праць*. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2020. Вип. 28. С. 102–112.
16. Пшеничний Н. І. Сорго – посухостійка і високоврожайна кормова культура. Київ, 1956. 32 с.
17. Raj Prajapati D., Pahuja S. K., Verma N. K., Chaudhary S. Morphological Characterization of Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Germplasm for DUS. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018. Vol. 7, Iss. 2. P. 2058–2071. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.246>
18. Ueno O., Fuchikami Y. Structure and photosynthetic metabolism in green prop roots of C₄ sorghum. *Plant Production Science*. 2020. Vol. 23, Iss. 2. P. 182–190. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2019.1683456>
19. Фарафонов В. А., Зозуля О. Л. Сорго завойовує світ. *Агроном*. 2007. № 5. С. 24.
20. Dossou-Aminon I., Loko Y. L., Adjatin A. et al. Genetic Divergence in Northern Benin Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Landraces as Revealed by Agromorphological Traits and Selection of Candidate Genotypes. *The Scientific World Journal*. 2015. Vol. 2015. Article ID 916476. <https://doi.org/10.1155/2015/916476>
21. Orr A., Mwema C., Gierend A., Nedumaran S. Sorghum and Millets in Eastern and Southern Africa. Facts, Trends and Outlook. Patancheru, Telangana, India : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 2016. 76 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5154.5205>
22. Ratnavathi C. V., Komala V. V., Kumar B. S. et al. Natural occurrence of aflatoxin B₁ in sorghum grown in different geographical regions of India. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012. Vol. 92, Iss. 12. P. 2416–2420. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5646>
23. Saleh A. S. M., Zhang Q., Chen J., Shen Q. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2013. Vol. 12, Iss. 3. P. 281–295. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12012>

24. Kumar A. A., Anuradha K., Ramaiah B. et al. Recent advances in sorghum bio fortification research. *Plant Breeding Review*. 2015. Vol. 39. P. 89–124. <https://doi.org/10.1002/9781119107743.ch03>
25. Фарафонов В., Зозуля А. За посухо- й солестійкістю сорго лідирує серед культурних рослин світу. *Зерно і хліб*. 2011. № 3. С. 50.
26. Abdelhalim T. S., Kamal N. M., Amro B. H. Nutritional potential of wild sorghum: Grain quality of Sudanese wild sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Food Science & Nutrition*. 2019. Vol. 7, Iss. 4. P. 1529–1539. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1002>
27. Кух М. В., Яланський О. В. Перспективи вирощування сорго зернового в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2011. Вип. 19. С. 112–116.
28. Сторожик Л. І. Потенціал цукрового сорго в Україні як біоенергетичної культури. *Агробіологія*. 2010. Вип. 4. С. 28–30.
29. Культура стратегічного значення. *Сучасні аграрні технології*. 2012. № 8–9. С. 14–26.
30. Рудник-Іващенко О. І., Сторожик Л. І. Біоенергетична цінність соргових культур. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 5. С. 46–48.
31. Каленська С. М., Найдено В. М. Якісний склад зерна сорго залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 105. С. 82–89.
32. Присяжнюк О. І., Сторожик Л. І., Завгородня С. В. Екологічна пластичність сорго зернового. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. <https://doi.org/10.47414/na.7.2019.204818>
33. Cruickshank A. Sorghum Grain, Its Production and Uses: Overview. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*. 2016. Vol. 1. P. 153–158. <http://doi.org/10.1016/b978-0-12-394437-5.00023-1>
34. Wang N., Wang Y., Yu J. et al. Prioritization of feasible physiological parameters in drought tolerance evaluation in sorghum: a grey relational analysis.

Zemdirbyste-Agriculture. 2015. Vol. 102, No. 4. P. 457–464.
<http://dx.doi.org/10.13080/z-a.2015.102.059>

35. Макаров Л. Х. Соргові культури. Херсон : Айлант, 2006. 263 с.

36. Рудник-Іващенко О. І., Сторожик Л. І. Стан і перспективи соргових культур в Україні. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2011. Вип. 10. С. 198–206.

37. Mahama G. Y., Vara Prasad P. V., Mengel D. B., Tesso T. T. Influence of Nitrogen Fertilizer on Growth and Yield of Grain Sorghum Hybrids and Inbred Lines. *Agronomy Journal*. 2014. Vol. 106, Iss. 5. P. 1623–1630.
<https://doi.org/10.2134/agronj14.0092>

38. Palé S., Mason S. C., Taonda S. J. B. Water and fertilizer influence on yield of grain sorghum varieties produced in Burkina Faso. *South African Journal of Plant and Soil*. 2009. Vol. 26, Iss. 2. P. 91–97.
<https://doi.org/10.1080/02571862.2009.10639939>

39. Begna T. Effect of Striga Species on Sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Production and its Integrated Management Approaches. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 7, Iss. 7. P. 10–22.
<https://doi.org/10.20431/2454-6224.0707002>

40. Begna T. Role of sorghum genetic diversity in tackling drought effect in Ethiopia. *International Journal of Novel Research in Interdisciplinary Studies*. 2021. Vol. 8, Iss. 7. P. 29–45.

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

42. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. Київ, 2020. 531 с.

43. Роїк М. В. Системне наукове забезпечення розвитку сучасної технології селекційного процесу. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2003. № 1. С. 17–36.

44. Лозінський М. В. Порівняння за адаптивним потенціалом та урожайністю сортів пшениці м'якої озимої. *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету*. 2007. Вип. 46. С. 12–16.
45. Приймачук М. І., Панасик В. В. Як прискорити сортозаміну. *Насінництво*. 2008. № 5. С. 3.
46. Бабич А. О., Мережко М. М., Лехман П. В., Васюра С. А. Ефективність і вдосконалення агротехнічних прийомів вирощування кукурудзи та сорго на силос в чистих і сумісних посівах з високобілковими культурами в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 1999. Вип. 46. С. 128–135.
47. Дремлюк Г. К., Гамадій В. Л. Багатогранна культура. *Насінництво*. 2011. № 4. С. 14–21.
48. Каражбей Г. М. Значення сорго зернового як біоенергетичної культури. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2011. Вип. 12. С. 148–152.
49. Шепель М. А. Соргові культури просяться на лани України. *Пропозиція*. 2004. № 6. С. 54–55.
50. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
51. Лапа О. М., Свиридов А. М., Щербаков В. Я. та ін. Вирощування зернового сорго в умовах України. Київ : Глобус-Принт, 2008. С. 52–59.
52. Федорчук М. І., Коковіхін С. В., Каленська С. М. та ін. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування еколого-безпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України. Херсон : ФОП Бояркін Д. М., 2016. 267 с.
53. Федорчук М. І., Коковіхін С. В., Каленська С. М. та ін. Агротехнологічні аспекти вирощування енергетичних культур в умовах півдня України. Херсон : ФОП Бояркін Д. М., 2017. 129 с.
54. Бойко М. О. Економічна ефективність виробництва сорго зернового в умовах Півдня України. *Теорія та практика менеджменту: реалії і перспективи розвитку* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Херсон, 29 червня 2016 р.). Херсон : ХДАУ, 2016. С. 37–41.

55. Гамандій В. Л., Дремлюк Г. К. Господарствам Півдня час розширювати посіви сорго. *The Ukrainian Farmer*. 2012. № 2. С. 12–13.
56. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Трибой О. В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. *Аналітична записка БАУ № 10*. Київ : Біоенергетична асоціація України, 2014. 34 с.
57. Лапа О. М., Свиридов А. М., Щербаков В. Я., Фарафонов В. А. Вирощування зернового сорго в умовах України / за ред. В. Я. Щербакова. Київ : Глобус-Принт, 2008. 36 с.
58. Маслак О. Перспективне сорго. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 11. С. 12–15.
59. Програма «Зерно України 2008–2015» / Мінагрополітики України. Київ, 2007. 38 с.
60. Радченко М., Маслак О., Полежай О. Сорго: невикористаний потенціал. *Agroexpert*. 2011. № 5. С. 22–26.
61. Фарафонов В. А. Сорго – потенційно стратегічна культура. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2003. № 17. С. 4.
62. Шепель М. О., Болдирева Л. П., Корж Г. С. Сорго повинно вирішити проблему кормів. *Пропозиція*. 2005. № 5. С. 52–54.
63. Narkhede B. N., Shinde M. S., Patil S. P. Stability performance of sorghum varieties for grain and fodder yields. *Journal of the Maharashtra Agricultural Universities*. 1997. Vol. 22. P. 179–181.
64. Чубко О. Сорго – унікальна культура. *Агросектор*. 2007. № 5. С. 23–24.
65. Архипенко Ф. М., Слюсар С. М. Сорго – перспективи вирощування. *Агроном*. 2006. № 4. С. 82–83.
66. Самойленко В. В., Самойленко А. Т. Сорго зернофуражне і харчове. *Хранение и переработка зерна*. 2001. № 2. С. 30–31.
67. Subramanian V. B., Rao D. Y. Basis of grain yield compensation on in dryland sorghum at low density. *Indian Journal of Plant Physiology*. 1987. Vol. 30, Iss. 2. P. 154–159.

68. Каленська С. М., Гринюк І. В., Каленський В. П. Соргові культури як джерело цінної сировини для виробництва біопалива. *Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив* : матеріали наукової конференції (м. Київ, 9–11 вересня 2014 р.). Київ : Фітосоціоцентр, 2014. С. 33–36.
69. Behera P. P., Saharia N., Borah N. et al. Sorghum Physiology and Adaptation to Abiotic Stresses. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2022. Vol. 12, Iss. 10. P. 1005–1022. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i1030891>
70. Kumar R., Mishra J. S., Dwivedi S. K. et al. Nutrient uptake and content in sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L.) under summer environment. *Indian Journal of Plant Physiology*. 2017. Vol. 22, Iss. 3. P. 309–315. <https://doi.org/10.1007/s40502-017-0306-z>
71. Богата В. Ф., Бабенко І. О., Просвірна М. С. Вплив строків сівби на урожай зернового сорго та його якість. *Степове землеробство*. 1980. № 14. С. 51–53.
72. Третьякова С. О., Войтовська В. І., Євчук Я. В., Кононенко Л. М. Порівняльна оцінка хімічного складу цільозернового борошна сорго зернового (*Sorghum bicolor*) і чіа (*Salvia hispanica*). *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 168–177. <https://doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-168-177>
73. Пащенко Ю. Перспективи вирощування сорго. *АгроПерспектива*. 2009. № 12. С. 57–60.
74. Голуб Г. А., Кухарець С. М., Марус О. А. та ін. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві / за ред. Г. А. Голуба. Київ : НУБіП України, 2017. 229 с.
75. Гринюк І. Біоенергетика: минуле, сьогодення і майбутнє. *Агросектор*. 2009. № 1. С. 30–34.
76. Сухенко Ю. Г., Серьогін О. О., Сухенко В. Ю., Рябоконь Н. В. Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах / за ред. О. О. Серьогіна. Київ : Компрінт, 2016. 338 с.

77. Соловей О. І., Лега Ю. Г., Розен В. П. та ін. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії / за заг. ред. О. І. Солов'я. Черкаси : ЧДТУ, 2007. 484 с.
78. Біоенергія: минуле, сьогодення і майбутнє. URL: <https://avenston.com/articles/bioenergy-through-years/>
79. Талавири М. П., Барановська О. Д., Добрівська М. В. та ін. Розвиток та застосування різних видів біоенергетики. Ніжин, 2012. 180 с.
80. Гринюк І. Сорго – ще одна сировина для біопалива. *Агросектор*. 2007. № 4. С. 33.
81. Гументик М. Я. Перспективи вирощування багаторічних злакових культур для виробництва біопалива. *Цукрові буряки*. 2010. № 4. С. 21–22.
82. Гументик М. Я. Альтернативні види палива. *Міське господарство України*. 2007. № 3. С. 9–11.
83. Кириченко А., Клименко В., Роженко В. та ін. Біогаз і паливні брикети із субстрату цукрового сорго стають чимдалі перспективнішими енергоносіями. *Зерно і хліб*. 2012. № 2. С. 54–55.
84. Крайсвітній П. А., Рій О. В., Кулик М. І. Енергетичні культури для отримання біопалива: додатковий прибуток для господарств. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2010. № 12. С. 40–43.
85. Сторожик Л. І. Перспективи вирощування сорго цукрового, як альтернативного джерела енергії. *Цукрові буряки*. 2011. № 2. С. 20–21.
86. Бузовський Є. А. Нетрадиційні поновлювальні джерела енергії. Київ : ННІ ПО НАУ, 2007. 21 с.
87. Семенов В. Біодизельне паливо для України. *Вісник Національної академії наук України*. 2007. № 4. С. 18–22.
88. Самойленко А. Т., Самойленко В. В. Соргові культури в стабілізації виробництва кормів. *Пропозиція*. 2001. № 2. С. 39–40.
89. Хіврич О. Б., Квак В. М., Касків В. В. та ін. Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива. *Агробіологія*. 2011. Вип. 6. С. 153–156.

90. Хіврич О., Курило В., Квак В., Каськів В. Енергетичні рослини як сировина для біопалива. *Пропозиція*. 2011. № 6. С. 68–73.
91. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Каленська С. М., Єрмакова Л. М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця, 2013. 724 с.
92. Криницька Л. А., Рось В. І. Стан і перспективи світового виробництва сорго (огляд іноземної літератури). *Таврійський науковий вісник*. 2000. № 15. С. 20–25.
93. Aruna C., Audilakshmi S. Reproductive biology and breeding behavior of sorghum. Sorghum Improvement in the New Millennium. *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* / B. V. S. Rreddy, S. Ramesh, A. Ashok Kumar, C. L. L. Gowda (Eds.). Patancheru, Andhra Pradesh, India, 2008. P. 28–30.
94. *Agrometeorology of Sorghum and Millet in the Semi-Arid tropics* : Proceedings of the International Symposium (Patancheru, November 15–20, 1982). Patancheru, India, 2004. 322 p.
95. Makino Y., Ueno O. Structural and physiological responses of the C₄ grass *Sorghum bicolor* to nitrogen limitation. *Plant Production Science*. 2018. Vol. 21, Iss. 1. P. 39–50. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2018.1432290>
96. Gomez F., Muliana A., Rooney W. Predicting Stem Strength in Diverse Bioenergy Sorghum Genotypes. *Crop Science*. 2018. Vol. 58, Iss. 2. P. 739–751. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.09.0588>
97. Макаров Л. Х., Скорий М. В. Соріз (технологія, селекція, насінництво, переробка). Херсон : Айлант, 2009. 224 с.
98. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників методом інфрачервоної спектроскопії : ДСТУ-П 4117-2002. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 3 с.
99. Демиденко Б. Г. Вирощування сорго в Степу України та його використання / за ред. Л. Ф. Некрасової. Київ : Вид-во УАСГН, 1961. 119 с.
100. State Statistics Service of Ukraine. URL: www.ukrstat.gov.ua

101. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183x000600010011x>
102. Shapiro S. S., Wilk M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 1965. Vol. 52, Iss. 3/4. P. 591–611. <https://doi.org/10.2307/2333709>
103. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : Поліграф Консалтинг, 2007. 56 с.
104. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Біологічні й екологічні основи формування продуктивності агроєкосистем. Одеса, 2016. 282 с.
105. Ershova A. N. Enzyme activity of antioxidative system in plants with different tolerance under hypoxia and CO₂-media. *Acta Physiology Plantarum*. 2004. Vol. 26, No. 3. P. 224–225.
106. Pawar R. B., Paul J. D., Takate A. S. *In situ* moisture conservation techniques for Rabi sorghum production under dryland condition. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*. 1999. Vol. 24, No. 2. Article ID 214.
107. Ганженко О. М., Правдива Л. А., Фучило Я. Д. та ін. Методичні рекомендації з вирощування і перероблення цукрового сорго як сировини для виробництва різних видів біопалива в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Київ : Компринт, 2020. 20 с.
108. Роїк М. В., Правдива Л. А., Ганженко О. М. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива. Київ : Компринт, 2020. 21 с.
109. Черенков А. В., Шевченко М. С., Дзюбецький Б. В. та ін. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти. Дніпропетровськ : Інститут сільського господарства степової зони НААН України, 2011. 60 с.
110. Матвєєва В. І., Шевченко О. В., Костишин І. В. та ін. Сорго зернове: технології вирощування та переробки. Київ : Фітосоціоцентр, 2018. 368 с.

111. Єремко Л. С., Сидоренко А. В., Олєпїр Р. В., Агафанова С. О. Продуктивність окремих сільськогосподарських культур за застосування регуляторів росту рослин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 1. С. 43–45.
112. Грицаєнко З. М. Еколого-біологічна основа і продуктивність сільськогосподарських культур за дії фізіологічно-активних речовин. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2011. Вип. 77, Ч. 1 : Агрономія. С. 14–25.
113. Шевчук О. А., Кришталь О. О., Шевчук В. В. Екологічна безпека та перспективи застосування синтетичних регуляторів росту у рослинництві. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2014. № 1. С. 34–38.
114. Моргун В. В., Швартау В. В., Кірізій Д. П. Фізіологічні основи високих урожаїв у пшениці. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2008. Т. 40, № 6. С. 463–479.
115. Шаталюк Г. С., Кур'ята В. Г. Сучасний стан і перспективи використання синтетичних регуляторів росту в рослинництві. *Сучасні проблеми біологічної науки та методика її викладання у закладах вищої освіти* : збірник наукових праць звітної наукової конференції викладачів за 2017–2018 н. р. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2018. С. 161–182.
116. Rademacher W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2015. Vol. 34, Iss. 4. P. 845–872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>
117. Ткачук О. О. Екологічна безпека та перспективи застосування регуляторів росту рослин. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2014. № 3. С. 41–44.
118. Анішин Л. В. Вітчизняні біологічно активні препарати просяться на поля України. *Пропозиція*. 2004. № 10. С. 48.
119. Кур'ята В. Г. Ретарданти – модифікатори гормонального статусу рослин. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку* : у 2 т. / голов. ред. В. В. Моргун. Київ : Логос, 2009. Т. 2. С. 565–587.

120. Таран Н. Ю., Світлова Н. Б., Оканенко О. А. та ін. Регулятори росту у формуванні адаптивних реакцій рослин до посухи. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 8. С. 29–32.

121. Шевчук М. Й., Бортнік П. А., Бортнік Т. М. Технологічні підходи до виготовлення гумінових препаратів. *Актуальні проблеми ґрунтознавства, землеробства та агрохімії*: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 95-річчю утворення кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії ЛНАУ та Міжнародному Дню агрохіміка (м. Львів, 9–13 червня 2014 р.). Львів, 2014. С. 336–340.

122. Швайківський Б. Я., Лопушняк В. І., Киричук Р. Г. Регулятори росту рослин – ефективний засіб підвищення продукції сільськогосподарських культур. *Сільський господар*. 2000. № 5–6. С. 3–4.

123. Терек О. І., Романюк Н. Д. Ріст рослин та використання регуляторів росту в сільському господарстві. *Сільський господар*. 1999. № 1–2. С. 6–7.

124. Пономаренко С. П. Високі технології в сільському господарстві. *АгроСвіт*. 2005. № 4. С. 16–21.

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

126. Пономаренко С. П., Грицаєнко З. М., Бабаянц О. В. Біорегулятори рослин. Рекомендації по застосуванню. Київ : Агробіотех, 2015. 35 с.

127. Мельник І. П., Присяжнюк М. П. Застосування регуляторів росту в технологіях вирощування сільськогосподарських культур. *Матеріали Міжнародної конференції*. Львів, 2013. С. 45–47.

128. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ : Нічлава, 2008. 352 с.

129. Попова Л. В. Вивчення впливу регуляторів росту на урожайність озимої пшениці, при різних способах їх застосування, в умовах Комітернівського

району Одеської області. *Аграрний вісник Причорномор'я. Сільськогосподарські науки*. 2015. Вип. 76. С. 59–64.

130. Солодушко М. М. Ефективність рістрегулюючих речовин та мікродобрив при вирощуванні пшениці озимої в зоні північного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 10. С. 73–78.

131. Соколовська-Сергієнко О. Г., Прядкіна Г. О., Капітанська О. С. Активність фотосинтетичного апарату та продуктивність озимої пшениці за обробки хелатованим мікродобривом і стимулятором росту. *Фізіологія рослин і генетика*. 2015. Т. 47, № 4. С. 321–329.

132. Hamaionova V. V., Dvoretzkyi V. F., Kasatkina T. O., Hlushko T. V. The formation of the nutrient regime of the southern black soil under the influence of mineral fertilizers for cultivation of spring grain crops. *Scientific Horizons*. 2019. No. 1. P. 18–24. <https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-74-1-18-24>

133. Маренич М. М., Юрченко С. О. Вплив допосівної обробки насіння біологічно активними речовинами на ріст і розвиток рослин пшениці озимої на початкових стадіях. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 1–2. С. 38–42. <https://doi.org/10.31210/visnyk2017.1-2.08>

134. Дудка Є. Л., Ліпс П. Захист озимої пшениці від хвороб. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 1999. 19 с.

135. Желязков О. І. Вплив агротехнічних прийомів вирощування на зернову продуктивність пшениці озимої по стерньовому попереднику. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 7. С. 133–139.

136. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол. : М. Ф. Зубець та ін. Київ : Аграрна наука, 2010. 984 с.

137. Ярошенко С. С. Вплив протруйників насіння на продуктивність пшениці озимої. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 2. С. 137–139.

138. Кузьменко Н. В., Литвинов А. Є., Клименко І. І., Волошина С. М. Вплив хімічних протруйників на посівні якості насіння пшениці м'якої озимої. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2015. Вип. 19. С. 60–67.

139. Zayneb C., Lamia K., Olfa E. et al. Morphological, Physiological and Biochemical Impact of Ink Industry Effluent on Germination of Maize, Barley and Sorghum. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2015. Vol. 95, Iss. 5. P. 687–693. <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1600-y>

140. Маренич М. М., Юрченко С. О. Посівні властивості насіння сільськогосподарських культур залежно від застосування стимуляторів росту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 1–2. С. 18–21. <https://doi.org/10.31210/visnyk2016.1-2.03>

141. Liu A., Gao F., Kanno Y. et al. Regulation of wheat seed dormancy by after-ripening is mediated by specific transcriptional switches that induce changes in seed hormone metabolism and signaling. *PloS One*. 2013. Vol. 8, Iss. 2. Article ID e56570. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056570>

142. Chitnis V. R., Gao F., Yao Z. et al. After ripening induced transcriptional changes of hormonal genes in wheat seeds: the cases of brassinosteroids, ethylene, cytokinin and salicylic acid. *PLoS One*. 2014. Vol. 9, Iss. 1. Article ID e87543. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087543>

143. Shu K., Liu X., Xie Q., He Z. Two Faces of One Seed: Hormonal Regulation of Dormancy and Germination. *Molecular Plant*. 2016. Vol. 9, Iss. 1. P. 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.08.010>

144. Ieremenko O., Kalitka V. Productivity of Sunflower Hybrids (*Helianthus Annuus* L.) Under The Effect of AKM Plant Growth Regulator In The Conditions Low Moisture of Southern Steppe of Ukraine. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*. Vol. 9, Iss. 9. P. 59–64. <https://doi.org/10.9790/2380-0909015964>

145. Kutman U. B., Yildiz B., Cakmak I. Effect of nitrogen on uptake, remobilization and partitioning of zinc and iron throughout the development of durum

wheat. *Plant and Soil*. Vol. 342, Iss. 1–2. P. 149–164. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0679-5>

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

147. Сичук Л. В. Виробництво біопалива: вплив мінеральних добрив та ширини міжрядь на продуктивність сорго цукрового. *Цукрові буряки*. 2012. № 4. С. 15–16.

148. Пашинська К. Л. Енегетична ефективність вирощування сорго зернового за різних систем удобрення. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 27. С. 61–66. <https://doi.org/10.47414/np.27.2019.211139>

149. Каражбей Г. М., Тегун С. В. Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.) залежно від рівня мінерального живлення та густоти стояння. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 67–70.

150. Дремлюк Г. К., Гамандій В. Л., Гамандій І. В. Основні елементи технології вирощування сорго. *Посібник українського хлібороба*. 2013. Т. 1. С. 274–277.

151. Алексєєв Я. В. Сортова реакція зернового сорго на застосування мінеральних добрив залежно від їхнього складу і доз внесення. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 3–8. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.1>

152. Гринюк І. П. Вплив доз мінеральних добрив на урожайність зерна та вихід крохмалю із зерна сорго в умовах Правобережного Лісостепу України. *Науковий вісник НУБіП України. Серія : Агрономія*. 2014. Вип. 176. С. 95–100.

153. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Мінеральні добрива та їх застосування. 2-ге вид., доп. і випр. Львів : Українські технології, 2008. 312 с.

154. Красенков С. В. Наукове обґрунтування оптимізації вирощування сорго в умовах недостатнього і нестійкого зволоження Південного Степу України : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.09 – рослинництво / Інститут зернового господарства УААН. Дніпропетровськ, 1999. 35 с.
155. Самойленко А., Шевченко Т. Технологія вирощування сорго. *Agroexpert*. 2009. № 5. С. 14–16.
156. Федорчук М. І., Каленська С. М., Рахметов Д. Б. та ін. Методичні рекомендації з інноваційних технологій вирощування та переробки сорго для використання в якості альтернативних джерел енергії. Херсон : ХДАУ, 2017. 22 с.
157. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови : ДСТУ 2240-93. Київ : Держстандарт України, 1994. 74 с.
158. Anda A., Pinter L. Sorghum germination and development as influenced by soil temperature water content. *Agronomy Journal*. 1994. Vol. 86, Iss. 4. P. 621–624. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1994.00021962008600040008x>
159. Kassam A., Andrews D. Effects of Sowing Date on growth, development and yield of spotosensitive sorghum at Samaru, Northern Nigeria. *Experimental Agriculture*. 1975. Vol. 11, Iss. 3. P. 227–240. <https://doi.org/10.1017/S0014479700006761>
160. Kimber C. T. Origin of domesticated sorghum and its early diffusion to India and China. *Sorghum Origin, History, Technology and Production* / C. W. Smith, R. A. Frederiksen (Eds.). New York, NY : John Wiley & Sons, 2003. P. 3–98.
161. Sree Y. S., Karthikeyan R., Sivakumar S. D. et al. . Performance of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor*) under different sowing windows and crop geometry. *Journal of Applied and Natural Science*. 2023. Vol. 15, Iss. 3. P. 1276–1281. <https://doi.org/10.31018/jans.v15i3.4827>
162. Zander A., Lofton J., Harris C. & Kezar S. Grain sorghum production: Influence of planting date, hybrid selection, and insecticide application. *Agrosyst. Geosci. Environ*. 2021. Vol. 4, P. 1–9. <https://doi: 10.1002/agg2.20162>.

163. Сторожик Л. І. Урожайність та якість насіння сорго цукрового залежно від строків сівби і сортових особливостей. *Агробіологія*. 2012. № 7. С. 61–65.
164. Hewson R. T., Roberts H. A. The effect of weed removal at different times on the yield of bulb onions. *Journal of Horticultural Science*. 1971. Vol. 46, Iss. 4. P. 471–475. <https://doi.org/10.1080/00221589.1971.11514426>
165. Grabovskiy M. B., Grabovskaya T. O., Kozak L. A. et al. Formation of sugar sorgo productivity under the influence of sowing terms. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol 7, Iss. 4. P. 500–505. https://doi.org/10.15421/2017_151
166. Wosnitza A., Hartmann S. Ermittlung regionalspezifischer Ertrags- und Qualitätsdaten von Alternativen zu Mais im Futterbau – Feldversuche zu Futtergräsern und deren Gemengen, Hirsen sowie Getreide–Ganzpflanzensilage. *Tagungsband : Internationale Fachtagung zum Forschungsprogramm über den Westlichen Maiswurzelbohrer* (November 14–16, 2012, Berlin). Quedlinburg : Julius Kühn-Institut, 2014. S. 147–182. <https://doi.org/10.5073/JKA.2014.444.043>
167. Chamorthy V., Ratnavathi S. R. K., Bathula S. et al. Effect of Time of Planting on Cane Yield and Quality Characters in Sweet Sorghum. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*. 2012. Vol. 2, Iss. 1. P. 1–9. <http://dx.doi.org/10.4236/jsbs.2012.21001>
168. Бойко М. О. Аналіз структури врожаю гібридів сорго зернового при різних густотах посівів за двох строків сівби. *Онтогенез – стан проблеми і перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах* : збірник тез Міжнародної конференції (м. Херсон, 10–11 червня 2016 р). Херсон : Колос, 2016. С. 79–80.
169. Бойко М. О. Вплив густоти посіву та строків сівби на продуктивність гібридів сорго зернового в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. Вип. 3. С. 96–104.
170. Коваленко А. Технологія для сорго. *The Ukrainian Farmer*. 2014. № 3. С. 72–74.

171. Драненко І., Шепель М., Андрющенко І., Сухом'яс М. Верблюди степу – сорго. Одеса : Маяк, 1966. 70 с.
172. Baranovsky A. V., Sadovoy A. S., Kapustin S. I., Kapustin A. S. Optimization of sowing time for grain sorghum and millet. *Bioscience Research*. 2020. Vol. 17, Iss. 2. P. 1121–1128.
173. Mishra J. S., Kumar R., Ravikumar S., Prakash V., Rao K. K. & Bhatt B. P. Production potential of improved grain sorghum cultivars (*Sorghum bicolor*) under staggered plantings in non-traditional areas of Eastern India. *Indian Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 62, Iss. 1. P. 74–80.
174. Sanmugapriya L. & Kalpana R. Evaluation of Spacing and Fertilizer Doses for Multicut Forage Sorghum under Irrigated Condition. *Chemical Science Review and Letters*. 2017. Vol. 6, Iss. 24. P. 2190–2194.
175. Гунчак Т. І. Особливості вирощування сорго цукрового в якості сировини для виробництва біопалива в умовах Південно-Західного Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 240–244.
176. Герасименко Л. А. Ріст і розвиток рослин сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* L. Pers.) за різних строків сівби та глибини загортання насіння в умовах центрального Лісостепу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 1. С. 76–78. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.1\(18\).2013.58764](https://doi.org/10.21498/2518-1017.1(18).2013.58764)
177. Сторожик Л. І. Агробіологічні основи формування агрофітоценозів сорго цукрового як біоенергетичної культури в Степу та Лісостепу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.09 – рослинництво / Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Київ, 2016. 342 с.
178. Барбарук В. Т., Свиридов А. М., Лапа О. М. та ін. Технологія вирощування зернового сорго в умовах Степу та Східного Лісостепу України. Київ : Універсал-Друк, 2006. 40 с.

179. 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.

180. Герасименко Л. А. Оптимізація елементів технології вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива в умовах Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 – рослинництво / Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Київ, 2016. 188 с.

181. Василенко Р. М. Фотосинтетична продуктивність сорго зернового залежно від умов зволоження на півдні України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 2. С. 46–50.

182. Бойко М. О. Обґрунтування агротехнічних прийомів вирощування сорго зернового в умовах Півдня України. *Науковий вісник НУБіП України. Серія : Агрономія*. 2016. Вип. 235. С. 33–39.

183. Рожков А. О., Свиридова Л. А. Вплив норм висіву, способів сівби та погодних умов вегетації на врожайність зерна гібридів сорго зернового. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 112. С. 193–204. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.120454>

184. Овсієнко І. А. Формування зернової продуктивності сорго залежно від агротехнічних заходів. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 1. С. 146–151.

185. Каленська С. М., Найдено В. М. Урожайність сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. Вип. 26. С. 67–75. <https://doi.org/10.47414/np.26.2018.211203>

186. Свиридова Л. А., Рожков А. О. Оцінка розвитку посівів сорго зернового за фенологічними спостереженнями. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 4. С. 18–23.

187. Пащенко Ю. М., Андрієнко А. Л. Густота стояння рослин гібридів сорго в умовах Північного Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2003. № 20–25. С. 17–25.

188. Steiner J. L. Dryland grain sorghum water use, light interception, and growth responses to planting geometry. *Agronomy Journal*. 1986. Vol. 78, Iss. 4. P. 720–726. <https://doi.org/10.2134/agronj1986.00021962007800040032x>
189. Vanamala J., Massey A., Pinnamaneni S. et al. Grain and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) serves as a novel source of bioactive compounds for human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018. Vol. 58, Iss. 17. P. 2867–2881. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1344186>
190. Dahlberg J. The Role of Sorghum in Renewables and Biofuels. *Sorghum. Methods in Molecular Biology* / Z. Y. Zhao, J. Dahlberg (Eds.). New York, NY : Humana Press, 2019. Vol. 1931. P. 269–277. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9039-9_198
191. Stamenkovich O. S., Siliveru K., Veljkovic V. B. et al. Production of biofuels from sorghum. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020. Vol. 124. Article ID 109769. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109769>
192. Коваленко О. А., Чернова А. В. Вплив норм висіву насіння на формування густоти стояння рослин сортів сорго цукрового в умовах півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 3. С. 129–136.
193. Dinkale T., Debela M., Gadisa B.. Determination of optimum sowing dates of dolichos lablab intercropping with Sorghum in West Hararghe, Oromia, Ethiopia. *Computational Biology and Bioinformatics*. 2022. Vol. 10, Iss. 1. P. 20–26. <https://doi.org/10.11648/j.cbb.20221001.14>
194. Tang C., Sun C., Du F. et al. Effect of plant density on sweet and biomass sorghum production on semiarid marginal land. *Sugar Tech*. 2018. Vol. 20, Iss. 3. P. 312–322. <https://doi.org/10.1007/s12355-017-0553-3>
195. Alderfasi A. A., Selim M. M., Alhammad B. A. Evaluation of plant densities and various irrigation regimes of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under low water supply. *Journal of Water Resource and Protection*. 2016. Vol. 8, Iss. 1. P. 1–11. <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2016.81001>
196. Сторожик Л. І., Музика О. В. Особливості формування продуктивності гібридів сорго цукрового залежно від впливу агротехнічних

факторів: ширини міжрядь, густоти посівів та обробки регулятором росту. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 171–181. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173567>

197. Пясецький П. І., Моргун А. В., Любич В. В. Агробіологічні параметри рослин різних гібридів сорго цукрового залежно від норми висіву. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 127. С. 132–138. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.17>

198. Widdicombe W. D., Thelen K. D. Row Width and Plant Density Effects on Corn Grain Production in the Northern Corn Belt. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94, Iss. 5. P. 1020–1023. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.1020>

199. Caliskan S., Aslan M., Uremis I., Caliskan M. E. The effect of row spacing on yield and yield component of full season and double cropped soybean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2007. Vol. 31, Iss. 3. P. 147–154.

200. Коваленко М. О., Жатова Г. О. Вплив норм висіву на ріст та розвиток сорго зернового в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Агрономія і біологія*. 2022. Т. 49, № 3. С. 25–31. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.3.4>

201. Примак І. Д., Манько Ю. П., Танчик С. П. та ін. Бур'яни в землеробстві України: прикладна гербологія. Біла Церква : БДАУ, 2005. 664 с.

202. Іващенко О. О. Наукове обґрунтування контролювання фітоценозів бурякового поля. Київ, 1994. 442 с.

203. Гутянський Р. А., Попов С. І., Костромітін В. М. та ін. Вплив основного обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість посівів соняшнику. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Т. 109, № 1. С. 60–68. [https://doi.org/10.31521/2313-092x/2021-1\(109\)-8](https://doi.org/10.31521/2313-092x/2021-1(109)-8)

204. Сенкевич Г. І. Чисті посіви. Як розробити свою систему захисту від бур'янів. *Захист рослин*. 2001. № 6. С. 8.

205. Ткаченко М. А., Задубинна Є. В., Цюк О. А., Кондратюк І. М. Моніторинг забур'яненості посівів сої у короткоротаційній сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 7. С. 29–35. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202207-05>

206. Грицюк Н. В., Плотницька Н. М., Тимощук Т. М. та ін. Вплив обробітків ґрунту на забур'яненість посівів пшениці озимої в умовах Полісся України. *Scientific Horizons*. 2020. № 5. С. 15–21. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-90-5-15-21>
207. Кирилюк В. П., Тимощук Т. М., Шульга С. Ю. Формування бур'янового компоненту агрофітоценозу гірчиці білої залежно від агротехнічних заходів. *Scientific Horizons*. 2018. № 7–8. С. 116–124.
208. Grabovskyi M., Lozinskyi M., Grabovska T., Roubík H. Green mass to biogas in Ukraine – bioenergy potential of corn and sweet sorghum. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2023. Vol. 13, Iss. 4. P. 3309–3317. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01316-0>
209. Грабовський М. Б. Вплив заходів контролювання чисельності бур'янів на ріст та розвиток кукурудзи. *Агробіологія*. 2017. № 2. С. 45–54.
210. Грабовський М. Б. Регулювання рівня забур'яненості посівів сорго цукрового агротехнічними і хімічними методами. *Карантин і захист рослин*. 2018. № 3. С. 33–37.
211. Safdar M. E., Tanveer A., Khaliq A., Riaz M. A. Yield losses in maize (*Zea mays*) infested with parthenium weed. *Crop Protection*. 2015. Vol. 70. P. 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.010>
212. Hector D. J., Fukai S., Goyne P. J. Adapting a barley growth model to predict grain protein concentration for different water and nitrogen availabilities. Toowoomba, Australia : Australian Society of Agronomy Inc., 1997. P. 117–121.
213. Курило В. Л., Ганженко О. М., Зиков П. Ю. та ін. Проведення передпосівного обробітку ґрунту і сівби насіння цукрового сорго / за ред. М. В. Роїка. Київ : ІБКіЦБ НААН, 2012. 15 с.
214. Свиридов А. М., Колос М. О., Свиридова Л. А. Вплив технологій обробітку ґрунту на забур'яненість провідних зернових культур в Північному Степу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 2. С. 115–118.

215. Peerzada A. M., Ali H. H., Chauhan B. S. Weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using crop competition: A review. *Crop Protection*. 2017. Vol. 95. P. 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.019>
216. Grichar W. J., Besler B. A., Brewer K. D. Effect of row spacing and herbicide dose on weed control and grain sorghum yield. *Crop Protection*. 2004. Vol. 23, Iss. 3. P. 263–267. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.08.004>
217. Pannacci E., Bartolini S. Evaluation of chemical weed control strategies in biomass sorghum. *Journal of Plant Protection Research*. 2018. Vol. 58, Iss. 4. P. 404–412. <https://doi.org/10.24425/jppr.2018.125881>
218. Обробіток ґрунту в системі інтенсивного землеробства / за ред. В. М. Крутя. Київ : Урожай, 1986. 136 с.
219. Все про гербіциди. *Агроном*. 2004. № 2. С. 72–82.
220. Курило В. Л., Григоренко Н. О., Марчук О. О. Урожайність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 18. С. 60–65.
221. Мордерер С. Ю., Мережинський Ю. Г. Гербіциди. Т. 1. Механізми дії та практика застосування. Київ : Логос, 2009. 379 с.
222. Kaczmarek S. A study on *Sorghum bicolor* (L.) Moench response to split application of herbicides. *Journal of Plant Protection Research*. 2017. Vol. 57, No. 2. P. 152–157. <https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0021>
223. Idziak R., Skrzypczak W., Waligóra H., Woznica Z. The effect of mesotrione applied with adjuvants on weed control efficiency and forage sorghum tolerance. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2013. Vol. 37, Iss. 3. P. 265–270. <https://doi.org/10.3906/tar-1203-29>
224. Takano H. K., Rubin R. S., Marques L. H. et al. Potential use of herbicides in different sorghum hybrids. *African Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol. 11, Iss. 26. P. 2277–2285. <https://doi.org/10.5897/ajar2016.11190>

225. Zhang J., Weaver S. E., Hamill A. S. Risks and reliability of using herbicides at below-labeled rates. *Weed Technology*. 2000. Vol. 14, Iss. 1. P. 106–115. [https://doi.org/10.1614/0890-037x\(2000\)014\[0106:rarouh\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1614/0890-037x(2000)014[0106:rarouh]2.0.co;2)

226. Peerzada A. M., Ali H. H., Chauhan B. S. Weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using crop competition: A review. *Crop Protection*. 2017. Vol. 95. P. 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.019>

227. Тітаренко О. С. Урожайність та енергетична ефективність сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 200–206. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151>

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дисертаційна робота з вивчення агротехнологічних основ вирощування сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України ґрунтується на отриманих результатах досліджень, що проводилися у 2016–2022 рр. у польових дослідах де вивчали елементи технології вирощування та їх вплив на формування продуктивності сорго звичайного двокольорового як біоенергетичної культури.

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень

Дослідження проводили в умовах підзони нестійкого зволоження Білоцерківської, Ялтушківської та Іванівської дослідно-селекційних станцій, й підзони недостатнього зволоження Веселоподільської дослідно-селекційної станції. (рис. 2.1.).



Рис. 2.1. Науково-дослідні установи, на яких проводились дослідження

Відповідно до будови природно-сільськогосподарського й агроґрунтового районування України зона Лісостепу поділяється на три частини: Західний, Правобережний та Лівобережний Лісостеп [1].

Клімат зони відзначається теплим літом та помірною холодною зимою, збільшення континентальності спостерігається в напрямку із заходу на схід, що впливає на кількість опадів. Рельєф зони Лісостепу – підвищена рівнина.

Ґрунти представлені чорноземами типовими, вилугуваними, опідзоленими та реградованими; сірими, темно-сірими та світло-сірими лісовими ґрунтами. Інші ґрунти займають невеликі площі.

Білоцерківська дослідно-селекційна станція знаходиться у центральній частині Правобережного Лісостепу України. Зона нестійкого зволоження. Розташування станції складає $30^{\circ}06'$ західної довготи та $49^{\circ}43'$ північної широти.

Досліди були розміщені на чорноземі типовому глибокому малогумусному, крупнопилувато середньо-суглинкового гранулометричного складу. Вміст крупного пилу в орному шарі ґрунту складає 46,8–54,4 %, мулуватих частинок – 17 %, піску – 8,2–17,5 %, фізичної глини – 26,4–30,1 %. На глибині 55–65 см залягають карбонати Ca і Mg. Глибина залягання ґрунтових вод – 8 м, рельєф рівнинний.

За агрофізичною та агрохімічною характеристикою орний шар ґрунту має такі властивості: вміст гумусу – 3,5 % (за Тюріним), гідролітична кислотність – 2,41 мг-екв./100 г ґрунту (за Каппеном), лужногідролізованого азоту (N) – 134 мг (за Корнфільдом), рухомих форм фосфору (P_2O_5) – 276 мг, обмінного калію (K_2O) – 98 мг (за Чиріковим) на один кілограм ґрунту. Ступінь насиченості основами – 90 %.

Максимальна гігроскопічність ґрунту – 5,5 %; питома маса твердої фази ґрунту – 2,61; польова вологоємність за об'ємної маси $1,2 \text{ г/см}^3$ – близько 26 %, а за $1,3 \text{ г/см}^3$ біля 18 %. За цими показниками ґрунт дослідницької ділянки типовий для Білоцерківського агроґрунтового району центральної частини Лісостепу і придатний для вирощування сорго звичайного двокольорового.

За даними Т. Адаменко [2], продуктивність сільськогосподарських культур залежить від погодних умов на 15 %, а інколи і на 100 %.

Відсутність опадів та наявність заморозків навесні негативно впливають на інтенсивність росту та розвиток рослин сорго звичайного двокольорового [3, 4].

За даними Білоцерківської метеостанції сума ефективних температур за рік становить 2450–2850 °С, а кількість опадів – 535 мм, багаторічна середня температура повітря – 6,9 °С.

За даними Білоцерківської метеорологічної станції температурний режим 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 та 2022 років характеризувався незначними коливаннями, однак з перевищенням середніх багаторічних даних (табл. 2.1, додаток А.1), що позитивно вплинуло на ріст та розвиток теплолюбної культури сорго.

У 2016 році температура повітря за період вегетації перевищувала середньо багаторічні дані на 4,0, 1,6, 4,2, 3,1 та 2,2 °С, відповідно – у квітні, літніх місяцях та вересні. В середньому за період вегетації температура повітря була вищою за середнього багаторічного показника на 2,4 °С.

У 2017 році температура повітря рослин перевищувала на 1,9 °С середні багаторічні дані. У всі місяці періоду вегетації, крім травня, температура повітря була вищою за середні багаторічні показники на 1,9, 1,9, 1,3, 3,5 та 2,4 °С у квітні, червні, липні, серпні та вересні, відповідно.

Температура повітря у 2018 році в середньому була вищою на 2,9 °С за багаторічні дані. У квітні та травні місяці температура перевищила багаторічні показники на 4,8 та 3,5 °С, у червні, липні, серпні та вересні на 2,3, 1,4, 3,0 та 2,3 °С.

У 2019 році за період вегетації температура повітря перевищувала в середньому на 1,8 °С багаторічні значення. У квітні вона була вищою на 1,5 °С, у травні на 1,7 °С, у червні на 4,2 °С, у липні на 0,3 °С, та у серпні та вересні на 1,7 та 1,5 °С.

Температура повітря впродовж періоду вегетації у 2020 році в середньому була вищою за середні багаторічні показники на 1,4 °С. Особливо перевищувала у червні та вересні на 3,4 та 3,5 °С. В інші місяці температура повітря була вищою за багаторічні показники від 0,8 до 1,5 °С, за винятком травня місяця, де температура була нижче на 2,3 °С.

Таблиця 2.1

**Показники середньомісячної температури повітря у період вегетації у роки проведення досліджень,
на Білоцерківській ДСС**

Місяць	Середньомісячна температура повітря, °С, за роками							Середня багаторічна температура, °С	Відхилення від середніх багаторічних даних температури повітря, °С, за роками						
	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.
Квітень	12,4	10,3	13,2	9,9	9,2	7,4	8,2	8,4	4,0	1,9	4,8	1,5	0,8	-1,0	-0,2
Травень	14,6	14,9	18,4	16,6	12,5	13,9	14,9	14,9	-0,3	0,0	3,5	1,7	-2,3	-1,0	0,0
Червень	19,4	19,7	20,1	22,0	21,2	19,9	21,5	17,8	1,6	1,9	2,3	4,2	3,4	2,1	3,7
Липень	23,2	20,3	20,4	19,3	20,5	23,0	21,8	19,0	4,2	1,3	1,4	0,3	1,5	4,0	2,8
Серпень	21,6	21,9	21,5	20,1	19,7	19,8	23,5	18,4	3,1	3,5	3,0	1,7	1,3	1,4	5,1
Вересень	16,0	16,3	16,2	15,4	17,3	12,7	19,2	13,8	2,2	2,4	2,3	1,5	3,5	-1,1	5,4
За період вегетації	17,9	17,2	18,3	17,2	16,7	16,1	18,2	15,4	2,5	1,8	2,9	1,8	1,4	0,7	2,8

У 2021 році температура повітря у період вегетації перевищувала середні багаторічні дані на 2,1 °С у червні, на 4,0 та 1,4 °С у липні та серпні, і на 0,7 °С у вересні. У квітні травні та вересні температура повітря була нижчою за середні багаторічні дані на 1,0 та 1,1 °С.

Температура повітря у 2022 році у квітні та травні була майже однаковою з середньо багаторічною, значно вища температура за середні багаторічні показники спостерігається у літні місяці – на 3,7 °С, 2,8 °С, 5,1 та вересні – на 5,4 °С.

Кількість опадів у роки досліджень була нерівномірною (табл. 2.2, додаток А.1). У 2016 році у квітні і травні кількість опадів була більшою від середньо багаторічних показників. В літні місяці та вересні їх кількість була значно меншою.

У 2017 році кількість опадів за період вегетації була меншою від середньо багаторічних даних на 145,2 мм. У квітні, червні, липні і серпні кількість опадів за багаторічні значення була меншою на 32,1; 46,3; 36,9 та 43,9 мм. У травні та вересні кількість опадів майже однакова з середніми багаторічними значеннями.

У 2018 році кількість опадів за вегетаційний період в сумі становила 261,2 мм. Найменше їх випало в квітні (10,2 мм) та серпні (15 мм). Дещо більша їх кількість спостерігається у травні (43,6 мм), червні 84, липні (53,2 мм) та вересні (55,2 мм).

Кількість опадів у 2019 році відзначається їх нерівномірністю випадання. Найбільша їх кількість спостерігається у травні (74,8 мм) та червні (99,7 мм), що більше на 28,8 та 26,7 мм від середніх багаторічних даних. У квітні, липні, серпні та вересні їх випало 32,2; 23,1; 21,4 та 22,1 мм, що менше за середні багаторічні показники на 14,8; 61,9; 38,6 та 12,9 мм, відповідно.

Кількість опадів у 2020 році за середні багаторічні показники була значно меншою, рік був посушливим. Так, у квітні кількість опадів становила 15 мм, що менше за середні багаторічні показники на 32 мм; у травні випала надмірна кількість опадів – 90,7 мм, що перевищило кількість опадів на 46 мм від багаторічні дані; в червні, липні та вересні випало 26,3, 22,2 та 22,7 мм опадів, що менше за середньо багаторічні дані на 46,7, 62,8 та 12,3 мм від багаторічних показників, в серпні випало опадів на 6,6 мм більше від багаторічних даних.

Таблиця 2.2

**Кількість опадів за період вегетації у роки проведення досліджень,
на Білоцерківській ДСС**

Місяць	Місячна кількість опадів, мм							Середня багаторічна кількість опадів, мм	Відхилення від середньої багаторічної кількості опадів, мм						
	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.
Квітень	59,4	14,9	10,2	32,2	15,0	36,8	72,8	36,0	12,4	-32,1	-36,8	-14,8	-32,0	0,8	36,8
Травень	95,2	45,0	43,6	74,8	90,7	132,0	23,9	54,0	49,2	-1,0	-2,4	28,8	44,7	78,0	-30,1
Червень	37,7	26,7	84,0	99,7	26,3	46,3	34,5	69,0	-35,3	-46,3	11,0	26,7	-46,7	-22,7	-34,5
Липень	24,5	48,1	53,2	23,1	22,2	74,0	38,7	75,0	-60,5	-36,9	-31,8	-61,9	-62,8	-1,0	-36,3
Серпень	22,0	16,1	15,0	21,4	66,6	54,0	84,4	54,0	-38,0	-43,9	-45,0	-38,6	6,6	0,0	30,4
Вересень	4,6	36,0	55,2	22,1	22,7	16,6	4,0	44,0	-30,4	1,0	20,2	-12,9	-12,3	-27,4	-40,0
За період вегетації	243,4	186,8	261,2	273,3	243,5	359,7	258,3	332,0	-88,6	-145,2	-70,8	-58,7	-88,5	27,7	-73,7

У 2021 році кількість опадів у квітні, липні та серпні була майже однаковою із середніми багаторічними показниками. У травні кількість опадів була вищою на 78,0 мм за середні багаторічні дані. У червні та вересні кількість опадів була нижчою за середні багаторічні дані на 22,7 та 27,4 мм.

Кількість опадів у 2022 році була значно нижчою за середні багаторічні дані, крім квітня та серпня місяця, де кількість опадів перевищувала на 36,8 та 30,4 мм середні багаторічні дані. У травні, червні, липні та вересні їх кількість становила 23,9, 34,5, 38,7 та 4,0 мм, що менше на 30,1, 34,5, 36,3 та 40,0 мм середні багаторічні показники. Рік відзначився посухостійкістю.

Забезпеченість періоду вегетації сорго звичайного двокольорового теплом і вологою в досліджувані роки можна проаналізувати за динамікою гідротермічного коефіцієнта (рис. 2.2).

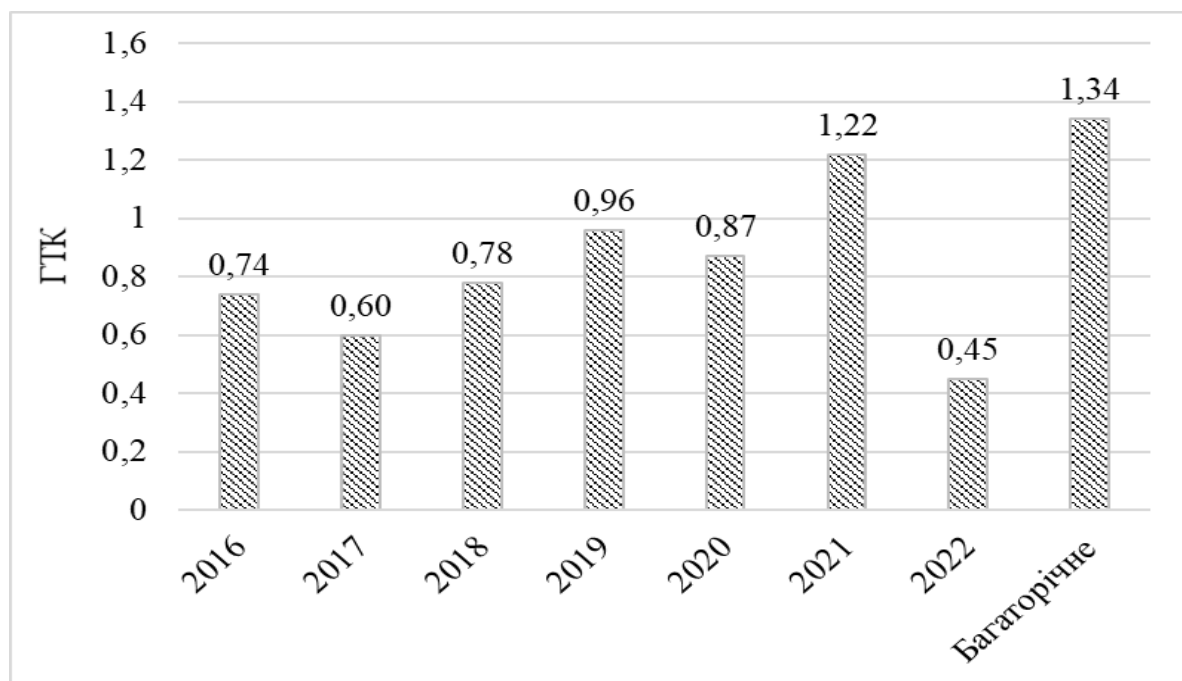


Рис. 2.2. Гідротермічний коефіцієнт Селянінова в роки досліджень за період вегетації, БЦДСС

Гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК) у 2016, 2017 та 2018 році в середньому за вегетаційний період (квітень–вересень) становив 0,74, 0,60 та 0,78, що характеризує умови вегетації як середньо посушливі, у 2019 та 2020 роках він

становив 0,96 та 0,87 – в межах слабкої посухи, у 2021 році – 1,22, що характеризує умови вегетації як достатньо вологі та у 2022 році – 0,45, спостерігається сильна посуха.

Ялтушківська дослідно-селекційна станція знаходиться у Вінницькій області, Барського району, с Черешневе. За географічним розташуванням станція займає 48°59' північної широти та 27° 27' західної довготи.

Клімат Західної частини Лісостепу помірно теплий вологий. Середньо багаторічна температура в січні досягає –30 °С і у липні – +21 °С; сума опадів становить – 550 мм, а за період вегетації їх кількість змінюється від 280 до 360 мм. Посушливі дні в період вегетації часто повторюються. Замерзання ґрунту відбувається на глибину 56 см. Впродовж вегетації сорго сума ефективних температур становить 1942–2059 °С, середньо багаторічна вологість повітря становить 75 %.

Досліди були розміщені на сірих опідзолених слабо-змитих, грубопилувато середньо-суглинкових ґрунтах. Вміст гумусу – 1,87 % (за Тюрнімом). Вміст лужногідролізованого азоту в 1 кг ґрунту – 63 мг (за Корнфільдом), рухомих форм фосфору – 109, обмінного калію – 119 (за Чиріковим). Гідролітична кислотність – 2,9 мг.-екв. на 100 г ґрунту (за Каппеном), рН ґрунту – 5,3, сума вбірних основ – 22,4 мг-екв./100 г. Щільність ґрунту 1,25 г/см³, вміст продуктивної вологи в 1 м шарі ґрунту – 110 мм.

Температура повітря впродовж вегетаційного періоду 2016 року була з перевищенням середньо багаторічних значень (табл. 2.3, додаток А.2). У квітні та травні на 4,3 та 1,1 °С, у червні, липні, серпні та вересні на 3,5; 2,1; 2,0 та 2,2 °С відповідно.

У 2017 році температура повітря перевищувала середньо багаторічні дані в середньому на 1,7 °С у вегетаційний період вирощування сорго звичайного двокольорового. Відповідно у квітні та травні на 1,6 та 0,5 °С, у літні місяці на 2,7; 1,1 і 2,9 °С, у вересні на 1,4 °С.

Значно вища температура повітря за період вегетації спостерігалася у 2018 році. У середньому на 3,3 °С вона перевищує середні багаторічні показники.

Найбільш спекотними були травень (температура становила 17,3 °С) та літні місяці (температура повітря була 19,3; 20,1 та 21,2 °С).

Тенденція підвищення температури повітря відносно багаторічних значень спостерігалася і в 2019 та 2020 роках в середньому на 2,3 та 1,6 °С.

У 2019 році температура повітря у всі місяці досліджень була наступною: 9,2 °С у квітні, 15,3 °С у травні, 22,1 °С у червні, 19,0 °С у липні, 20,0 та 14,7 °С у серпні та вересні, що відповідно на 1,9; 1,8; 5,7; 0,5; 2,3 та 1,3 °С вище за середні багаторічні значення.

У 2020 році температура повітря впродовж вегетаційного періоду щомісяця перевищувала середні багаторічні дані, крім травня, де температура повітря була нижчою на 2 °С.

У 2021 році температура повітря у квітні та вересні на 0,5 та 1,2 °С була нижчою, а у травні однаковою за середні багаторічні дані. У літні місяці температура була вищою на 3,2, 4,1 та 1,1 °С.

У 2022 році температура повітря, крім квітня місяця, була вищою в середньому за вегетаційний період на 1,8 °С за середні багаторічні дані.

У роки проведення досліджень кількість опадів була меншою ніж середні багаторічні показники, крім 2019 року (табл. 2.4, додаток А.2).

У 2016 році кількість опадів становила 176,2 мм, що менше на 193,8 мм за середньо-багаторічні показники. Кількість опадів по місяцях була такою: у квітні – 12,1 мм, що менше на 29,9 мм за середні багаторічні значення, у травні – 48,5, що менше на 13,5 мм за багаторічні значення, у червні випало на 82,6 мм опадів, що на 8,6 мм більше, у липні, серпні й вересні кількість опадів була меншою порівняно з багаторічними показниками відповідно на 58,0; 55,0 та 46,0 мм.

У 2017 році за вегетаційний період в сумі випало 172,5 мм опадів, що менше на 197,5 мм за середньо-багаторічні значення. У квітні (36,4 мм) та червні і вересні (відповідно 38,0 і 47,4) спостерігалась більша кількість опадів. Порівняно з багаторічними даними менша кількість опадів на 32,3; 67,0 та 55,0 мм спостерігалась у травні, липні та серпні відповідно.

Таблиця 2.3

**Показники середньомісячної температури повітря у період вегетації у роки проведення досліджень,
на Ялтушківській ДСС**

Місяць	Середньомісячна температура повітря, °С, за роками							Середня багаторічна температура, °С	Відхилення від середніх багаторічних даних температури повітря, °С, за роками						
	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.
Квітень	11,6	8,9	13,1	9,2	8,1	6,8	7,0	7,3	4,3	1,6	5,8	1,9	0,8	-0,5	-0,3
Травень	14,6	14,0	17,3	15,3	11,5	13,5	13,6	13,5	1,1	0,5	3,8	1,8	-2,0	0,0	0,1
Червень	19,9	19,1	19,3	22,1	20,0	19,6	19,4	16,4	3,5	2,7	2,9	5,7	3,6	3,2	3,0
Липень	20,6	19,6	20,1	19,0	20,1	22,6	19,0	18,5	2,1	1,1	1,6	0,5	1,6	4,1	0,5
Серпень	19,7	20,6	21,2	20,0	20,0	18,8	20,2	17,7	2,0	2,9	3,5	2,3	2,3	1,1	2,5
Вересень	15,6	14,8	15,2	14,7	16,8	12,2	18,6	13,4	2,2	1,4	1,8	1,3	3,4	-1,2	5,2
За період вегетації	17,0	16,2	17,7	16,7	16,1	15,6	16,3	14,5	2,5	1,7	3,2	2,3	1,6	1,1	1,8

У 2018 році випало опадів у вигляді дощів 267,4 мм, що менше за середньо-багаторічного показника на 102,6 мм. Варто зазначити, що відсутність опадів спостерігалася у квітні (0 мм), що менше на 42 мм за середньо-багаторічні значення; найменша їх кількість відмічена у травні (14,5 мм), що на 47,5 мм менше за багаторічні дані. У червні та липні випала найбільша кількість опадів, що перевищила багаторічне значення на 21,2 мм у червні, та нижче багаторічних даних на 7,9 мм у липні. У серпні та вересні кількість опадів була нижчою за багаторічні показники на 14,8 і 11,6 мм.

У 2019 році за період вегетації сума опадів становила 429,0 мм, що більше за середні багаторічні показники на 59 мм. У серпні та вересні випала найменша кількість опадів 22,0 та 27,0 мм. У травні спостерігалася найбільша кількість опадів – 214 мм. Кількість опадів у квітні, червні та липні становила, відповідно, 65 мм або більше на 23 мм за багаторічні дані, 64 та 37,0 мм, що на 10,0 та 51,0 мм менше за багаторічні показники.

Значно менша кількість опадів спостерігалася у 2020 році і становила 261,8 мм, що менше на 108,2 мм за середні багаторічні показники. У квітні, липні та серпні випала найменша кількість опадів і становила відповідно 13,3 мм, 16,8 мм та 21,0 мм, що менше на 28,7; 71,2 та 34,0 мм за багаторічні дані. У травні та червні спостерігалася найбільша кількість опадів їх випало – відповідно, 75,0 та 84,5 мм, що на 13,0 та 10,5 мм більше за середні багаторічні дані.

У 2021 та 2022 роках спостерігається менша кількість опадів за середні багаторічні значення. Так, у 2021 році за вегетаційний період випало 291,2 мм, у 2022 році – 168,7 мм, а це на 78,8 та 201,3 мм менше за середні багаторічні значення.

Аналізуючи погодні умови у період проведення досліджень за гідротермічним коефіцієнтом Селянінова в умовах Ялтушківської ДСС варто зазначити, що за забезпеченістю вологою роки були доволі контрастними (рис. 2.3). Середня посуха спостерігалася у 2016 та 2022 році, при цьому ГТК = 0,57 та 0,56. Слабка посуха була відмічена у 2018 та 2020 роках – ГТК = 0,84 та 0,89. Достатньо вологим був 2017, 2019 та 2021 роки, де ГТК становив 1,4 та 1,02. Надмірно вологим був 2017 рік при цьому ГТК становив 2,13.

Таблиця 2.4

**Кількість опадів за період вегетації у роки проведення досліджень,
на Ялтушківській ДСС**

Місяць	Середньомісячна кількість опадів, мм							Середня багаторічна кількість опадів, мм	Відхилення від середньої багаторічної кількості опадів, мм						
	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.
Квітень	12,1	36,4	0,0	65,0	13,3	21,0	9,2	42,0	-29,9	-5,6	-42,0	23,0	-28,7	-21,0	-32,8
Травень	48,5	29,7	14,5	214,0	75,0	52,0	27,0	62,0	-13,5	-32,3	-47,5	152,0	13,0	-10,0	-35,0
Червень	82,6	38,0	95,2	64,0	84,5	43,0	21,3	74,0	8,6	-36,0	21,2	-10,0	10,5	-31,0	-52,7
Липень	30,0	21,0	80,1	37,0	16,8	60,0	30,5	88,0	-58,0	-67,0	-7,9	-51,0	-71,2	-28,0	-57,5
Серпень	0,0	0,0	40,2	22,0	21,0	90,2	46,5	55,0	-55,0	-55,0	-14,8	-33,0	-34,0	35,2	-8,5
Вересень	3,0	47,4	37,4	27,0	51,2	25,0	34,2	49,0	-46,0	-1,6	-11,6	-22,0	2,2	-24,0	-14,8
За період вегетації	176,2	172,5	267,4	429,0	261,8	291,2	168,7	370,0	-193,8	-197,5	-102,6	59,0	-108,2	-78,8	-201,3

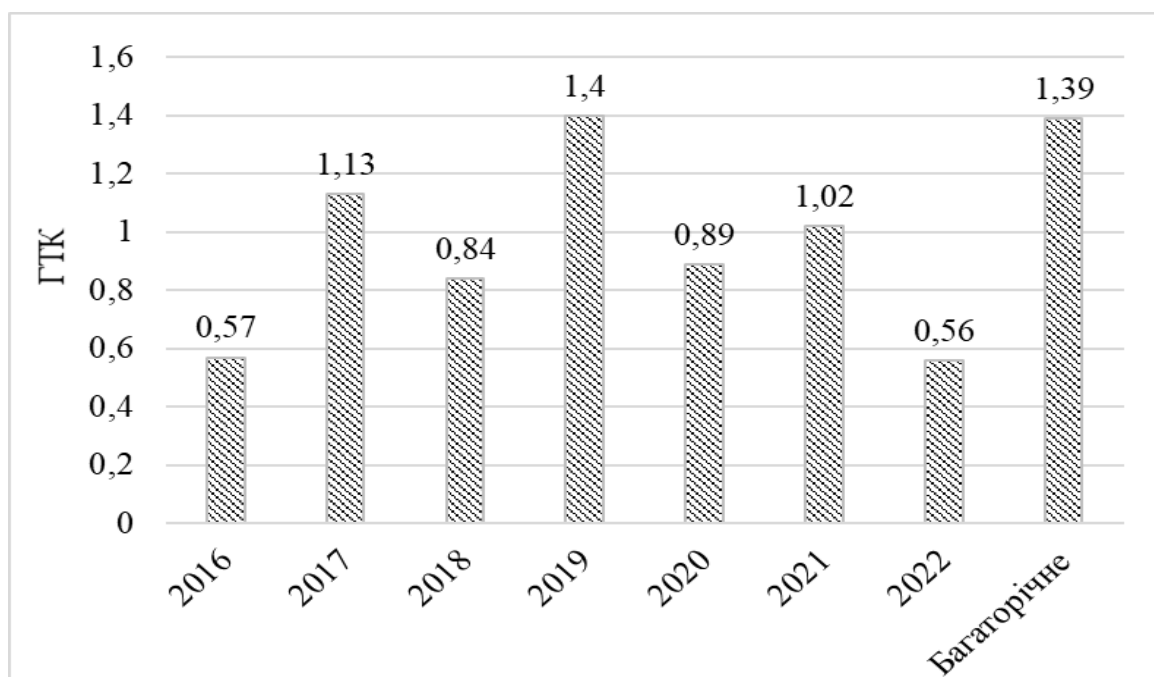


Рис. 2.3. Гідротермічний коефіцієнт Селянінова в роки досліджень за період вегетації, ЯДСС

Іванівська дослідно-селекційна станція знаходиться у східній частині Лісостепу України, з географічним положенням $50^{\circ}11'$ північної широти і $35^{\circ}03'$ західної довготи. За багаторічними показниками середньодобова температура повітря за рік становить $7,15^{\circ}\text{C}$, кількість опадів – 550 мм; за вегетаційний період – 329 мм. Випадання опадів нерівномірне.

Дослідження проводилися на чорноземі типовому слабосолонцюватому важкосуглинковому. Агрохімічні показники орного шару ґрунту (0-30 см) такі: вміст гумусу – 4,5–4,7 % (за Тюріним); рН водне – 7,2–7,4; лужногідролізованого азоту – 180 мг/кг ґрунту (за Корнфільдом); вміст P_2O_5 – 19–20 мг/кг, K_2O – 100–110 мг/кг ґрунту (за Чиріковим). Ємкість поглинання обмінних катіонів становить 26–31 мг-екв на 100 г ґрунту. Залягання ґрунтових вод спостерігається на глибині 15–20 м, відповідно сільськогосподарські культури використовують для свого росту і розвитку вологу, яка накопичується у ґрунті за рахунок атмосферних опадів.

У 2016–2020 роках температура повітря в період проведення досліджень значно перевищувала середні багаторічні дані для цієї зони (табл. 2.5 додаток А.3).

Найбільш спекотним спостерігався 2018 рік, так як температура повітря в середньому перевищувала середні багаторічні дані на 3,5 °С. Температура у квітні та травні становила 12,3 та 18,9 °С, що на 4,3 та 3,8 °С вище за середньо-багаторічні показники. У червні, липні, серпні та вересні температура повітря була 20,2; 24,0; 24,1 та 18,3, що вище на 1,5; 3,6; 4,7 та 4,6 °С за середньо-багаторічні показники.

У 2016, 2017, 2019 та 2020 роках за період вегетації температура повітря в середньому перевищувала середні багаторічні значення на 2,2; 1,8; 2,4 та 2,2 °С, відповідно.

У 2016 році температура повітря становила за період вегетації у квітні та травні 13,0 та 15,8 °С. У літні місяці 20,9; 23,2; 22,4 °С, що вище за середні багаторічні дані на 2,2 – 3,0 °С. У вересні температура становила 14,9, що перевищувало багаторічні дані на 1,2 °С.

У 2017 році відбувалося незначне перевищення середніх багаторічних даних на 1,0 – 2,0 °С, крім серпня і вересня, коли температура повітря перевищувала багаторічні дані на 4,6 і 3,6 °С.

У 2019 році у період сівби насіння сорго температура повітря була вищою за багаторічні дані на 2,3 °С у квітні та на 3,5 °С у травні. У період вегетації вона була вищою на 4,5 °С у червні, нижчою на 0,2 °С у липні та вищою на 2,8 та 3,1 °С у серпні та вересні.

Вегетаційний період 2020 року також різнився за місяцями. Перевищення температури повітря за середні багаторічні дані спостерігається у квітні на 1,1 °С, у червні на 4,5 °С, у липні на 2,4 °С, у серпні та вересні на 2,5 та 5,9 °С. У травні місяці температура повітря була нижчою на 1,4 °С за багаторічні дані.

У 2017 році відбувалося незначне перевищення середніх багаторічних даних на 1,0 – 2,0 °С, крім серпня і вересня, коли температура повітря перевищувала багаторічні дані на 4,6 і 3,6 °С.

Таблиця 2.5

**Показники середньомісячної температури повітря у період вегетації у роки проведення досліджень,
на Іванівській ДСС**

Місяць	Середньомісячна температура повітря, °С, за роками							Середня багаторічна температура, °С	Відхилення від середніх багаторічних даних температури повітря, °С, за роками						
	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.
Квітень	13,0	9,8	12,3	10,3	9,1	8,0	10,6	8,0	5,0	1,8	4,3	2,3	1,1	0,0	2,6
Травень	15,8	15,1	18,9	18,6	13,7	16,2	14,1	15,1	0,7	0,0	3,8	3,5	-1,4	1,1	-1,0
Червень	20,9	19,7	20,2	23,2	23,2	21,2	21,9	18,7	2,2	1,0	1,5	4,5	4,5	2,5	3,2
Липень	23,2	22,0	24,0	20,2	22,8	26,3	21,4	20,4	2,8	1,6	3,6	-0,2	2,4	5,9	1,0
Серпень	22,4	24,0	24,1	22,2	21,9	23,9	20,5	19,4	3,0	4,6	4,7	2,8	2,5	4,5	1,1
Вересень	14,9	17,3	18,3	16,8	19,6	13,6	18,4	13,7	1,2	3,6	4,6	3,1	5,9	-0,1	4,7
За період вегетації	18,4	18,0	19,6	18,6	18,4	18,2	17,8	15,9	2,5	2,1	3,8	2,7	2,5	2,3	1,9

У 2019 році у період сівби насіння сорго температура повітря була вищою за багаторічні дані на 2,3 °С у квітні та на 3,5 °С у травні. У період вегетації вона була вищою на 4,5 °С у червні, нижчою на 0,2 °С у липні та вищою на 2,8 та 3,1 °С у серпні та вересні.

Вегетаційний період 2020 року також різнився за місяцями. Перевищення температури повітря за середні багаторічні дані спостерігається у квітні на 1,1 °С, у червні на 4,5 °С, у липні на 2,4 °С, у серпні та вересні на 2,5 та 5,9 °С. У травні місяці температура повітря була нижчою на 1,4 °С за багаторічні дані.

У 2021 та 2022 роках спостерігається перевищення температури повітря за середні багаторічні значення в середньому за вегетаційний період на 2,3 та 1,9 °С. Найбільш спекотними у 2021 році були червень, липень та серпень – температура перевищувала середні багаторічні дані на 2,5, 5,9 та 4,5 °С; у 2022 році – квітень, червень та вересень – на 2,6, 3,2 та 4,7 °С.

Відхилення кількості опадів спостерігається як за роками, так і за окремими місяцями (табл. 2.6 додаток А.3). У 2016 році за квітень-вересень їх сума становила 372 мм, що більше за середні багаторічні показники на 43,0 мм. Кількість опадів була максимальною у травні і становила 115,0 мм, що перевищувало на 62,0 мм багаторічні показники, однак у липні та серпні їх кількість була меншою на 41,0 та 40,0 мм, відповідно.

Кількість опадів у 2017 році за період вегетації була меншою на 120 мм в порівнянні з середньо-багаторічними даними. У квітні кількість опадів була на 8 мм меншою від багаторічних значень, у травні – на 11 мм, у червні та липні – на 31,0 та 13,0 мм, відповідно. У серпні та вересні кількість опадів була також менше за багаторічні дані, відповідно – на 33,0 та 24,0 мм.

У 2018 році в середньому за період вегетації випало 230,0 мм опадів, що менше на 99,0 мм за середньо-багаторічні показники. У травні, червні та серпні кількість опадів була меншою від багаторічних показників на 32,0; 25,0 та 53,0 мм. Кількість опадів у квітні, липні та вересні була більшою відповідно на 3,0; 7,0 та 1,0 мм порівняно з середніми багаторічними показниками.

Таблиця 2.6

**Кількість опадів за період вегетації у роки проведення досліджень,
на Іванівській ДСС**

Місяць	Середньомісячна кількість опадів, мм							Середня багаторічна кількість опадів, мм	Відхилення від середньої багаторічної кількості опадів, мм						
	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.
Квітень	65,0	27,0	38,0	49,0	23,0	59,0	101,0	35,0	30,0	-8,0	3,0	14,0	-12,0	24,0	66,0
Травень	115,0	42,0	21,0	58,0	123,0	72,0	46,0	53,0	62,0	-11,0	-32,0	5,0	70,0	19,0	-7,0
Червень	97,0	37,0	43,0	35,0	50,0	68,0	70,0	68,0	29,0	-31,0	-25,0	-33,0	-18,0	0,0	2,0
Липень	34,0	62,0	82,0	56,0	72,0	14,0	67,0	75,0	-41,0	-13,0	7,0	-19,0	-3,0	-61,0	-8,0
Серпень	57,0	21,0	1,0	8,0	19,0	52,0	57,0	54,0	3,0	-33,0	-53,0	-46,0	-35,0	-2,0	3,0
Вересень	4,0	20,0	45,0	22,0	13,0	54,0	40,0	44,0	-40,0	-24,0	1,0	-22,0	-31,0	10,0	-4,0
За період вегетації	372	209	230	228	300	319	381	329	43	-120	-99	-101	-29	-10	52

У 2019 та 2020 роках сума опадів за період вегетації (квітень – вересень) дорівнювала 228,0 та 300 мм, що було менше за середні багаторічні значення на 101,0 мм та 29,0 мм, відповідно. У 2019 році найбільша кількість опадів випала у квітні та травні – 49 та 58 мм, що перевищувало середні багаторічні значення на 14 та 5 мм. У інші місяці кількість опадів була меншою за багаторічні значення. Найменшу їх кількість відмічена у серпні – 8 мм.

У 2020 році найбільша кількість опадів спостерігалася у травні і становила 123,0 мм, у червні та липні випало 50,0 та 72,0 мм. І значно менше опадів відмічено у квітні, серпні та вересні, їх кількість становила 23,0; 19,0 та 13,0 мм.

У 2021 році найбільша кількість опадів спостерігається у квітні, травні та червні (59,0, 72,0 та 68,0 мм), найменша у липні (14,0 мм). За вегетаційний період кількість опадів на 10 мм була меншою за середні багаторічні дані.

У 2022 році кількість опадів перевищувала середні багаторічні значення і була майже на рівні з середніми багаторічними даними, крім квітня місяця, де їх кількість становила 101 мм, що на 66 мм більше за середні багаторічні показники.

Аналізуючи погодні умови у роки проведення досліджень за гідротермічним коефіцієнтом Селянінова варто зробити висновки, що спостерігались сприятливі погодні умови для росту і розвитку рослин сорго звичайного двокольорового (рис. 2.4). Так, у 2016, у 2017 та 2022 роках було найкраще: достатнє вологозабезпечення $ГТК=1,1$, $2,01$ та $1,17$. У 2018 та 2019 році відмічалася середня посуха, при цьому $ГТК = 0,65-0,67$. У 2020 та 2021 році вегетація рослин у дослідженнях проходила в умовах слабкої посухи $ГТК=0,89$ та $0,95$.

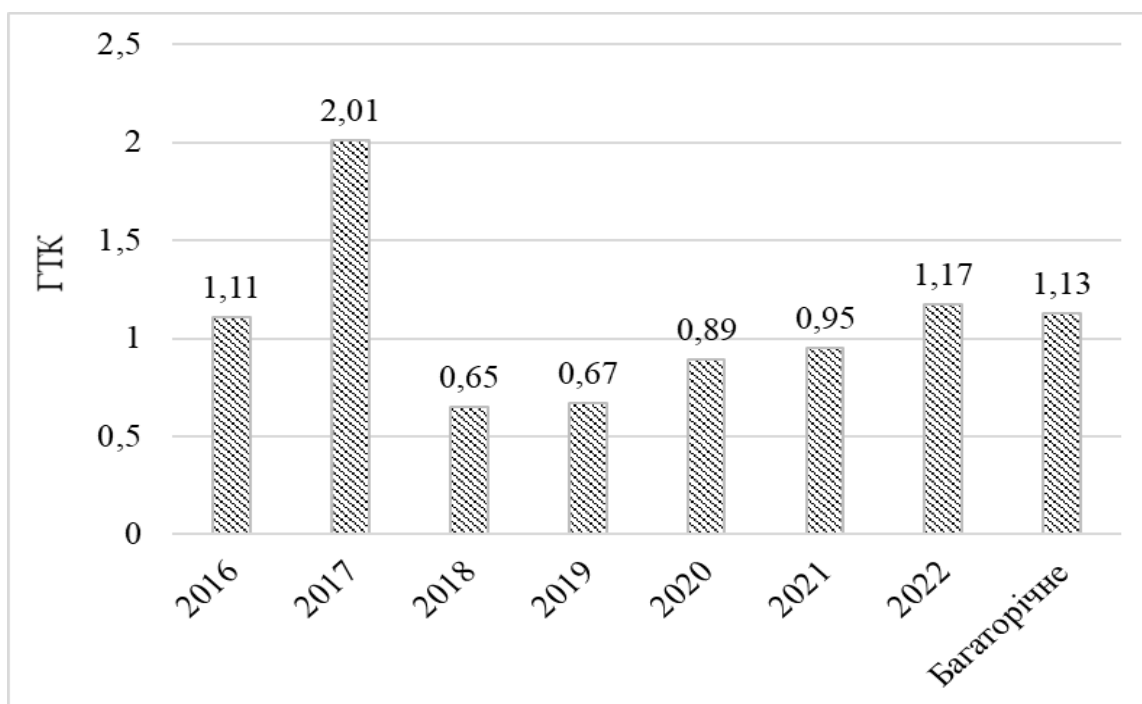


Рис. 2.4. Гідротермічний коефіцієнт Селянінова в роки досліджень за період вегетації, ІДСС

Веселоподільська дослідно-селекційна станція знаходиться в східній частині Лісостепу України – зона недостатнього зволоження, Сумська область, с. Сонячне. Географічно займає $49^{\circ}38'$ північної широти і $33^{\circ}15'$ західної довготи.

Клімат в східній частині Лісостепу України помірно–континентальний, з недостатнім зволоженням. Зима помірно-холодна. Весна помірно–тепла, спостерігаються сухі вітри та нерівномірний розподіл кількості опадів. Літо помірно-тепле, розподілом опадів нерівномірний, в деякі роки відмічено посушливі умови. Опади інколи мають характер злив, вітри в основному західного та південно-західного напрямку з швидкістю – 4 м/сек. Осінь помірно-тепла.

Ґрунти станції чорноземи типові слабкосолонцюваті малогумусні середньосуглинкові. Гумусний горизонт становить від 35 до 45 см із загальним вмістом гумусу від 4,8 до 5,1 % (за Тюріним). Вміст лужногідролізованого азоту 110–115 мг/кг ґрунту (за Корнфільдом), рухомих форм P_2O_5 – 25–50, K_2O – 90–130 мг/кг ґрунту (за Мачигінім). Орний шар ґрунту має таку структуру

пилувато-грудочко- зернистий. Ґрунти добре забезпечені елементами живлення, мають задовільну родючість. Реакція ґрунтового розчину орного шару слабо лужна, ближча до нейтральної (рН 7,4–7,6). Гідролітична кислотність становить 0,37–0,39 мл.-екв. на 100 г ґрунту (за Каппеном).

Погодні умови в роки проведення досліджень, що склалися впродовж 2016–2020 рр. в умовах недостатнього зволоження, наведено в таблиці 2.7 та 2.8, додаток А.4. Температура повітря та кількість опадів мали незначні відхилення у роки досліджень від середньо-багаторічних даних. В 2016 та 2017 році за вегетаційний період температура повітря перевищувала середні багаторічні значення на 1,6 °С та 1,7 °С, у 2018, 2019 та 2020 році – на 2,9°С, на 1,9 °С та на 1,4°С, відповідно.

У 2016 році кількість опадів була більшою в середньому за вегетаційний період на 127,0 мм, а у квітні, травні, червні та серпні, відповідно – на 43,1; 114,8; 18,0 та 38,3 мм за середньо-багаторічні значення. У липні та вересні кількість опадів за середні багаторічні показники була меншою на 47,0 та 40,2 мм, відповідно.

Кількість опадів у 2017 році за вегетаційний період у середньому була меншою на 113,5 мм за середньо-багаторічні дані. У вегетаційний період росту і розвитку культури кількість опадів була меншою за середні багаторічні показників на 24,9 мм у квітні, на 15,5 мм у травні, на 33,1 мм у червні, на 12,6 мм у липні, і на 17,0 та 10,4 мм у серпні та вересні.

У 2018 році опадів було менше за вегетаційний період в середньому на 65,7 мм за середні багаторічні значення. Відхилення по місяцях були незначні, однак у квітні та серпні кількість опадів була меншою на 16,1 та 46,3 мм.

У 2019 році спостерігаються значні коливання кількості опадів в період вегетації, але із зниженням середньо-багаторічних показників, крім квітня і травня. У квітні кількість опадів була майже однакова з середньо багаторічними показниками, у травні з перевищенням на 74,3 мм. У літні місяці та вересні кількість опадів була нижчою, відповідно – на 27,8; 53,8; 22,8 та 29,4 мм.

Таблиця 2.7

**Показники середньомісячної температури повітря у період вегетації у роки проведення досліджень,
на Веселоподільській ДСС**

Місяць	Середньомісячна температура повітря, °С, за роками					Середня багаторічна температура, °С	Відхилення від середніх багаторічних даних температури повітря, °С, за роками				
	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.
Квітень	12,7	10,3	12,6	10,4	9,1	8,9	3,8	1,4	3,7	1,6	0,2
Травень	15,1	15,0	19,1	17,3	13,3	15,5	-0,4	-0,5	3,6	1,8	-2,2
Червень	20,0	20,2	20,4	23,2	21,7	18,6	1,4	1,6	1,8	4,5	3,1
Липень	22,4	21,2	22,0	20,4	21,9	20,1	2,4	1,1	1,9	0,3	1,9
Серпень	21,2	23,4	22,5	20,9	21,0	19,4	1,8	4,0	3,1	1,6	1,6
Вересень	14,8	16,8	17,2	15,8	17,8	14,3	0,6	2,6	3,0	1,5	3,5
За період вегетації	17,7	17,8	19,0	18,0	17,5	16,1	1,6	1,7	2,9	1,9	1,4

Таблиця 2.8

**Кількість опадів за період вегетації у роки проведення досліджень,
на Веселоподільській ДСС**

Місяць	Середньомісячна кількість опадів, мм					Середня багаторічна кількість опадів, мм	Відхилення від середньої багаторічної кількості опадів, мм				
	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.
Квітень	81,1	13,1	21,9	35,0	9,9	38,0	43,1	-24,9	-16,1	-3,0	-28,1
Травень	155,8	25,5	44,8	115,3	139,3	41,0	114,8	-15,5	3,8	74,3	98,3
Червень	72,0	20,9	50,8	26,2	44,7	54,0	18,0	-33,1	-3,2	-27,8	-9,3
Липень	25,0	59,4	72,4	18,2	45,4	72,0	-47,0	-12,6	0,4	-53,8	-26,6
Серпень	86,3	31,0	1,7	25,2	18,4	48,0	38,3	-17,0	-46,3	-22,8	-29,6
Вересень	1,8	31,6	37,7	12,6	24,3	42,0	-40,2	-10,4	-4,3	-29,4	-17,7
За період вегетації	422,0	181,5	229,3	232,5	282,0	295,0	127,0	-113,5	-65,7	-62,5	-13,0

У 2020 році у квітні, червні, липні, серпні та вересні в період вегетації кількість опадів була меншою порівняно з середніми багаторічними даними відповідно на 28,1; 9,3; 26,6; 29,6 та 17,7 мм. А у травні кількість опадів перевищувала на 98,3 мм середні багаторічні дані.

Узагальнюючи погодні умови в роки проведення досліджень за гідротермічним коефіцієнтом Селянінова варто зробити висновок, що умови 2016 та 2017 року є достатньо та надмірно вологими ГТК=1,3 та 1,77 (рис. 2.5). Умови середньої посухи спостерігалися у 2018 році (ГТК=0,67) та 2019 році (ГТК=0,9), та слабка посуха відмічена у 2020 році ГТК становить 0,88.

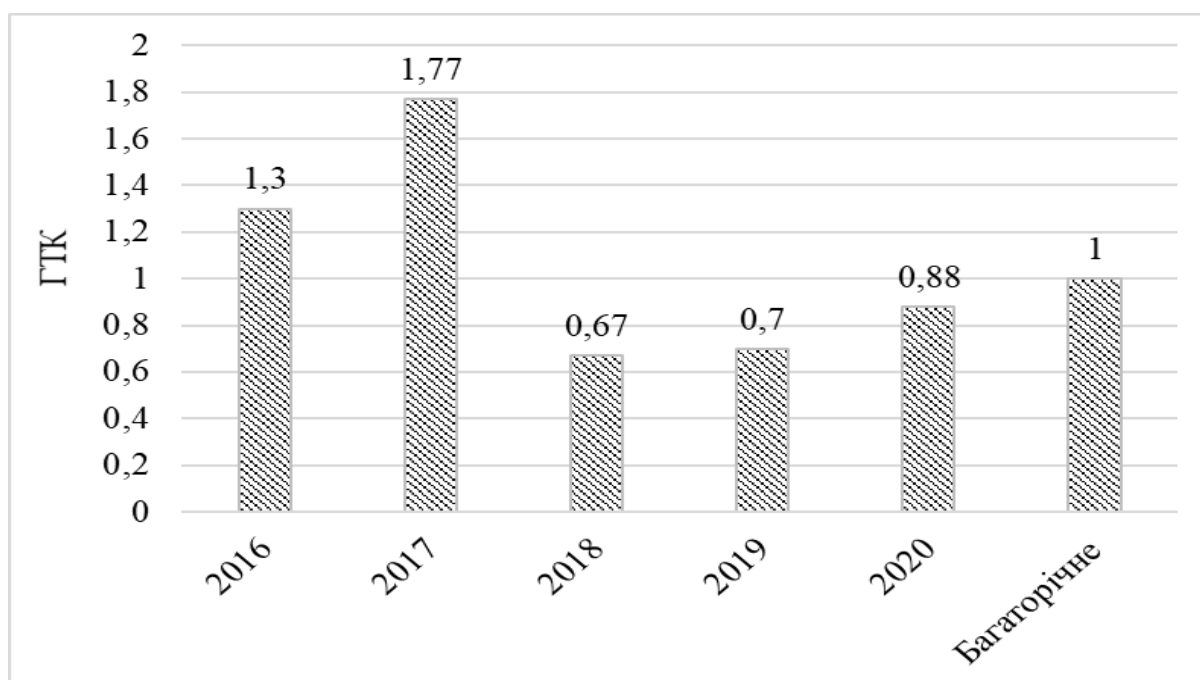


Рис. 2.5. Гідротермічний коефіцієнт Селянінова в роки досліджень за період вегетації, ВПДСС

Отже, в період проведення досліджень у 2016–2022 роках на всіх дослідно-селекційних станціях спостерігалися посушливі погодні умови – температурні показники перевищували середні багаторічні дані та нерівномірне випадання атмосферних опадів впродовж вегетаційного періоду, що впливало на ріст і розвиток рослин сорго звичайного двокольорового та його продуктивність – урожайність та якість сировини.

2.2. Програма та методика проведення досліджень

Програмою досліджень з вивчення елементів технології вирощування сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України, згідно з робочою гіпотезою та основних принципів планування досліджень було розроблено схеми дослідів.

Дослід 1. Вплив стимулятора росту на формування продуктивності сорго звичайного двокольорового (табл. 2.9). Дослід проводили за двофакторною схемою впродовж 2016–2019 рр. на Білоцерківській ДСС.

Таблиця 2.9

Схема дослідів 1:

Фактор А: Оброблення насіння	Фактор В: Обприскування посівів стимулятором росту
Оброблення водою (контроль)	Насіння без оброблення + обприскування посівів стимулятором росту
Оброблення насіння стимулятором росту	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту

Сівбу насіння здійснювали на глибину 4–6 см, ширина міжрядь 45 см, норма висіву насіння 200 тис. шт./га (8–9 схожих насінин на 1 м погонний рядка), фон $N_{60}P_{60}K_{60}$. В досліді використовували стимулятор росту Вермистим (оброблення насіння препаратом в нормі 1:5 – 2 г препарату:100 г води/1кг насіння, обприскування посівів у нормі 1:50 в період інтенсивного росту рослин – 2 л препарату:100 л води/0,5 га посівів) і сорт Дніпровський 39.

Дослід 2. Дослідити вплив сортових особливостей, строків сівби та глибини загортання насіння на продуктивність сорго звичайного двокольорового. Дослід проводили за трифакторною схемою впродовж 2016–2020 рр. на Білоцерківській ДСС.

Строки сівби визначали з врахуванням температури ґрунту на глибині 10 см – перший строк за найнижчої температури, за якої можна проводити сівбу (ранній строк сівбу), а останній – за найвищої (при запізнення сівби, коли вологість ґрунту не забезпечить високої польової схожості в раніший строк сівби). Оскільки на польову схожість впливає температура і вологість ґрунту, тому дослідження строків сівби доцільно проводити комплексно з глибиною, адже ґрунт прогрівається і втрачається волога з верхніх шарів до більш глибоких. Тому за визначення строку сівби доцільно знайти оптимальний варіант, коли ґрунт прогрітий і є вологість для отримання сходів. Градація глибини сівби від 2 до 8 см за різної температури ґрунту дасть відповідь, який строк сівби і на яку глибину є оптимальним для культури.

Схема досліду 2:

Фактор А: Сорт:

- Дніпровський 39;
- Вінець

Фактор В: Строк сівби:

- за температури ґрунту 5–6 °С на глибині 10 см (ІІІ декада квітня);
- за температури ґрунту 12–14 °С на глибині 10 см (І декада травня);
- за температури ґрунту 16–18 °С на глибині 10 см (ІІ декада травня)

Фактор С: Глибина загортання насіння: 2 см, 4 см, 6 см, 8 см

Сівбу насіння здійснювали з шириною міжрядь 45 см, норма висіву – 200 тис. шт./га (8–9 схожих насінин на 1 м погонний рядка).

Дослід 3. Дослідити вплив строків сівби на продуктивність сортів сорго звичайного двокольорового (табл. 2.10). Дослід проводили за двофакторною схемою впродовж 2016–2020 рр. на Ялтушківській, Іванівській та Веселоподільській ДСС.

Сівбу насіння здійснювали на глибину 4–6 см, ширина міжрядь 45 см, норма висіву насіння 200 тис. шт./га (8–9 схожих насінин на 1 м погонний рядка).

Таблиця 2.10

Схема дослід 3:

Фактор А: Сорт	Фактор В: Строк сівби
Дніпровський 39	За температури ґрунту 5–6 °С на глибині 10 см (ІІІ декада квітня)
	За температури ґрунту 12–14 °С на глибині 10 см (І декада травня);
Самаран 6	За температури ґрунту 16–18 °С на глибині 10 см (ІІ декада травня)

Дослід 4. Формування продуктивності сорго звичайного двокольорового залежно від сортових особливостей та способів сівби насіння (ширини міжрядь) і норми висіву насіння (табл. 2.11). Дослід проводили за трифакторною схемою впродовж 2016–2020 рр. на Білоцерківській ДСС.

Таблиця 2.11

Схема дослід 4:

Фактор А: Сорт	Фактор В: Ширина міжрядь	Фактор С: Норма висіву насіння
Дніпровський 39 Вінець	15 см	150, 200, 250 тис. шт./га
	45 см	150, 200, 250 тис. шт./га
	70 см	150, 200, 250 тис. шт./га

Дослід 5. Формування продуктивності сортів сорго звичайного двокольорового залежно від норми висіву насіння (рис. 2.12).

Дослід проводили за двофакторною схемою впродовж 2016–2020 рр. на Ялтушківській, Іванівській та Веселоподільській ДСС. Сівбу насіння здійснювали на глибину 4–6 см, ширина міжрядь 45 см.

Таблиця 2.12

Схема досліду 5:

Фактор А: Сорт	Фактор В: Норма висіву насіння
Дніпровський 39 Самаран 6	150 тис. шт./га (6 шт./м погонний)
	200 тис. шт./га (9 шт./м погонний)
	250 тис. шт./га (12 шт./м погонний)

Дослід 6. Продуктивність сорго звичайного двокольорового залежно від доз мінеральних добрив (табл. 2.13). Дослід проводили за двофакторною схемою впродовж 2016–2020 рр. на Білоцерківській ДСС.

Таблиця 2.13

Схема досліду 6:

Фактор А: Сорт	Фактор В: Доза добрив
Дніпровський 39 Вінець	Без добрив (контроль)
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
	Розрахункова доза добрив на заплановану урожайність (7 т/га), з врахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті

В середньому за досліджувані роки, становила N₅₀P₄₀K₇₀.

Дослід 7. Формування продуктивності сортів сорго звичайного двокольорового залежно від доз мінеральних добрив (рис. 2.14). Дослід проводили за двофакторною схемою впродовж 2018–2020 рр. на Ялтушківській та Веселоподільській ДСС і у 2019–2022 рр. на Іванівській ДСС.

Таблиця 2.14

Схема дослід 7:

Фактор А: Сорт	Фактор В: Доза добрив
Дніпровський 39 Самаран 6	Без добрив – контроль
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀

Дослід 8. Формування продуктивності сорго звичайного двокольорового залежно від способу контролювання чисельності бур'янів (табл. 2.15). Дослід проводили за двофакторною схемою впродовж 2016–2019 рр. на Білоцерківській ДСС та впродовж 2018–2020 рр. на Ялтушківській, Іванівській та Веселоподільській ДСС.

Таблиця 2.15

Схема дослід 8:

Фактор А: Сорт	Фактор В. Способи контролювання чисельності бур'янів
Дніпровський 39 Вінець	Без прополювання (контроль 1)
	Механічний спосіб
	Хімічний спосіб
	Ручне прополювання (контроль 2)

Дослід 9. Вплив строків збирання сорго звичайного двокольорового на посівну якість насіння та урожайність (табл. 2.16). Дослід проводили за двофакторною схемою впродовж 2016–2019 рр. на Білоцерківській ДСС.

Таблиця 2.16

Схема дослід 9:

Фактор А: Сорт	Фактор В: Рівень побуріння волоті, %
Дніпровський 39 Вінець	50
	75
	100

Дослід 10. Ріст, розвиток та продуктивність сорго звичайного двокольорового залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування та різних груп стиглості сортів. Дослід проводили за однофакторною схемою впродовж 2020–2022 рр. на Білоцерківській та Ялтушківській дослідно-селекційних станціях.

Фактор А: Сорт, гібрид сорго звичайного двокольорового

Ранньостиглий гібрид – Сват

Середньостиглий сорт – Смотрич

Пізнньостиглий сорт – Ярона

Площа посівної ділянки у досліді становила 50–125 м², облікової – 25–50 м², повторність досліді – чотириразова. Розміщення ділянок за методом систематичних повторювань: в кожному повторенні варіанти досліді розміщуються по ділянках послідовно.

В дослідженнях проводили наступні обліки та спостереження ґрунту, погодних умов та рослин:

– вологість ґрунту визначали термостатно–ваговим методом (ДСТУ ISO 11465:2001) [5];

– досліджували показники агрохімічної характеристики ґрунту: гідролітичну кислотність ґрунту – за Каппеном; загальний вміст гумусу – за Тюрніним згідно з ДСТУ 4289:2004 [6]; амонійний і нітратний азот – згідно з ДСТУ 4729:2007 [7], рухомі форми фосфору та калію в чорноземі типовому слабкосолонцюватому – за Мачигінім згідно з ДСТУ 4114-2002 [8], чорноземі вилугуваному – за Чиріковим згідно з ДСТУ 4115-2002 [9];

– розрахункову дозу добрив визначали на заплановану урожайність –7 т/га балансово-розрахунковим методом з врахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті [10];

– впродовж року фіксували подекадно температуру повітря та кількість опадів, порівнюючи їх із середніми багаторічними даними для кожної зони. Гідротермічний коефіцієнт Селянінова розраховували на основі подекадних значень температури повітря та кількості опадів;

– масу 1000 насінин, лабораторну схожість насіння визначали за ДСТУ 4138-2002 [11]. Польову схожість визначали після повних сходів відношенням числа насіння, що зійшло до висіяного, у відсотках;

– фенологічні спостереження, визначали візуально, відмічаючи початок фази росту і розвитку рослин після настання її у 10–15 % рослин і повну фазу у 70–75 % рослин. У сорго відмічали фази повних сходів (коли зійшло близько 75 % рослин), кушіння, повного викидання волоті (75 %), початкового (10–15 %) і повного (75 %) цвітіння, молочно-воскової, воскової і повної стиглості зерна [12];

– густоту стояння рослин визначали після появи сходів та перед збиранням, шляхом підрахунку рослин на 1 метрі рядка в 5 місцях по діагоналі ділянки з наступним перерахунком на 1 га [13];

– біометричні показники: висоту рослин та діаметр стебла у період вегетації рослин;

– площу листової поверхні визначали за формулою (1) [14]:

$$S_n = 0,67ab, \quad (1)$$

де S_n – площа одного листка, см^2 ; a – найширша частина листка, см ; b – довжина листка, см ; 0,67 – коефіцієнт, який відображає конфігурацію листка.

Фотосинтетичний потенціал визначали за формулою (2):

$$\text{ФП} = (Л_1 + Л_2) / (2 \times 1000) \times T, \quad (2)$$

де $Л_1, Л_2$ – площа листової поверхні в певні фази розвитку, $\text{тис.м}^2/\text{га}$;

T – тривалість міжфазного періоду, доба.

Чисту продуктивність фотосинтезу вираховували за формулою (3):

$$\text{ЧПФ} = 2(B_1 - B_2) / n(Л_1 + Л_2), \quad (3)$$

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

– вміст сухої речовини у зерні та вегетативній масі;

– облік врожаю з облікової площі проводили суцільним способом відповідно до схеми дослідів [15];

– якісні показники: вміст крохмалю в зерні визначали за допомогою поляриметричного методу за Еверсом; вміст в зерні сирої клейковини ваговим

методом; вмісту жиру методом знежиреного залишку; вміст білка (сирого протеїну) за методом Кьельдаля (ДСТУ 4117: 2007) [14];

– вміст хлорофілу в листках сорго визначали за фазами відбору культури в спиртовій витяжці шляхом екстракції хлорофілу спектрофотометричним методом при довжині хвилі 649 Нм (хлорофіл а) та 665 Нм (хлорофіл в) [16];

– вихід біопалива з зерна та біомаси і вихід енергії розраховували відповідно до методичних рекомендацій розроблених та затверджених в ІБКІЦБ [17];

– стабільність та пластичність урожайності сорго розраховували згідно до методики Ебергарда-Рассела, вирахування пластичності (b), що є регресією на зміну умов вирощування, та стабільності (W) цієї реакції. Коефіцієнт регресії (b) за умови $b > 1$ показує що сформовані умови вирощування є високопластичними, а при $1 > b = 0$ умови є відносно низькопластичними. За ступенем відхилення умови з низьким значенням W не знижують значення ознаки за ліміту факторів середовища, а високопластичні показники з низьким значенням W сприяють отриманню високого рівня продуктивності за оптимуму дії інших факторів. Розрахунки виконували в пакеті прикладних програм РТС Mathcad Prime 3.1 [18].

Для проведення досліджень зі встановлення основних структурних елементів адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур використовували метод побудови динамічних моделей. Динамічні моделі містять три різновиди динаміки системи: функціонування, росту і розвитку. За першого варіанту динаміки системи враховують процеси, спрямовані на виконання системою своїх функцій, а моделі росту і розвитку системи дозволяють спрогнозувати параметри системи упродовж тривалого проміжку часу.

При побудові динамічної моделі враховували, що процеси її росту і розвитку не є взаємозамінними, адже ріст систем пов'язаний із збільшенням їхніх розмірів, включенням у систему об'єктів із зовнішнього середовища, матеріальних та інших ресурсів. Розвиток безпосередньо відбувається без збільшення розмірів системи, а інколи навіть при її оптимізації та зменшенні, і передбачає зміну зв'язків між елементами моделі, спрощення, удосконалення

окремих функцій тощо. Особливо яскраво дані процеси трансформації моделі відповідають біологічним закономірностям росту і розвитку рослин.

– економічну оцінку досліджуваних елементів технології вирощування культури здійснювали згідно методики оцінки завершених наукових досліджень [19–21].

– енергетичну оцінку здійснювали за методикою О.К. Медведовського [22];

– результати досліджень опрацьовували за допомогою дисперсійного та кореляційно-регресійного методів, а також методу кластеризації з застосуванням пакету «STATISTICA 12». При цьому, для кластеризації даних використовували комплекс показників врожайності сорго звичайного двокольорового а також структури врожаю. При проведенні розрахунків користувались методом найближчого сусіда з вирахуванням Евклідових відстаней [23, 24].

2.3. Характеристика сортів сорго звичайного двокольорового та препаратів

Характеристика сортів сорго звичайного двокольорового та соризу, які вирощували в дослідках і на період проведення досліджень були занесені до Державного реєстру сортів рослин України [25]. Вміст крохмалю в насінні соризу становить близько 72,3 %, водночас як у сорго від 70,0 до 75,0 %. Тому досліджуваний сорт соризу також можна розглядати як альтернативну культуру для виробництва біопалива.

Дніпровський 39 – сорт сорго звичайного двокольорового. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2000 році. Оригінатор – Синельниківська селекційно–дослідна станція Державна установа Інститут зернових культур НААН України. Сорт створено шляхом гібридизації стерильної лінії хлібного сорго Дн 37с із подібними сортозразками з подальшим відбором по вирівняності посівів і виходом ніжки. Зерновий напрям використання. Висота рослин 95–105 см. Колір зерна – світло-коричневий. Маса

1000 зерен 25–28 г. Формує 1–2 волоті на 1 рослину. Вміст протеїну в зерні 13,4 %, крохмалю 75,8 %, лізину 3,3 %. Сорт ранньостиглий. Період вегетації 100–105 діб. Слабо пошкоджується злаковими попелицями. Потенційна врожайність – 6,5–7,0 т/га. Добре реагує на зрошення та високий агрофон.

Вінець – сорт сорго звичайного двокольорового. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2004 році. Оригінатор – Генічеська дослідна станція ДУ ІЗК НААН України. Призначений для вирощування в соргосіючих регіонах України. Сорт створено шляхом схрещування колекційних зразків зернового сорго з наступним індивідуальним відбором за ранньостиглістю та продуктивністю. Напрямок використання – на зерно, зерносінаж. Висота рослин 100–113 см. Волоть прямостояча, циліндрична з частково-розлогими гілочками, добре продувається вітром. Вихід волоті з піхви останнього листка на 8–14 см. Довжина волоті 23–28 см. Зерно має світло-кремове забарвлення, ендосперм зернівки напівроговидний, напівборошнистий. Маса 1000 зерен 20–25 г. Формує 2–3 волоті на одну рослину. Період вегетації 90–95 діб. Вологість зерна при збиранні 12,8–16,5 %. Середньо пошкоджується злаковими попелицями. Урожайність зерна на незрошуваних землях до 4,5–5,9 т/га. Достигає залежно від умов вирощування серпень – вересень. Добре реагує на зрошення та високий агрофон.

Самаран 6 – сорт соризу. Оригінатор – ДУ Інститут зернових культур НААН України. Ранньостиглий. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2006 році. Рослина низькоросла висотою 110–120 см. Вирівняна, не вилягає. Зерно світло-рожеве з білим скловидним ендоспермом. Маса 1000 шт. 21–26 г. Зернівка оранжева, зі спинки округла в профіль еліптична. Зерно на $\frac{3}{4}$ скловидне вміст у зерні протеїну – 11 %, лізину – 3,2 %, крохмалю 72,3%, жиру 4,2 %. Період вегетації 105–120 днів, посухостійкий, стійкий до вилягання, хвороб і шкідників. Ураження хворобами: летючою сажкою – 5,8 %, твердою сажкою 3,7 %. Стійкий до осипання. Урожайність зерна 3,5–4,8 т/га.

Сват – гібрид сорго звичайного двокольорового. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2017 році. Оригінатор: ДУ Інститут зернових культур НААН України. Автори: Яланський О.В., Самойленко А.Т.,

Середа В.І., Бондаренко Н.С. Ранньостиглий. Створений методом схрещування на стерильній основі лінії Дн37с та сорту Гранд. Висота рослин 115–130 см. Волоть прямостояча, помірно розлога, добре продувається вітром. Довжина волоті 20–25 см червоно-коричневого забарвлення. Зерно червоно-коричнєве. Маса 1000 зерен 25–28 г. Період вегетації 95–100 діб. Добре реагує на зрошення та високий агрофон. Середньо пошкоджується злаковими попелицями. Урожайність зерна на незрошуваних землях до 5,0–6,0 т/га, в сприятливій за вологозабезпеченістю роки – до 8,0 т/га.

Смотрич – сорт сорго звичайного двокольорового. Оригінатор: ДУ Інститут зернових культур НААН України. Автори: Яланський О.В., Середа В.І., Кух М.В., Байса І.П. тощо. Занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2018 році. Висота рослин 95–105 см. Зерно світло-коричневого кольору. Маса 1000 зерен 28–30 г. Формує 1–2 волоті на рослину. Середньостиглий за дозріванням. Період вегетації 100–105 діб. Слабо пошкоджується попелицями. Добре реагує на зрошення та високий агрофон. Потенційна урожайність 6,5–7,0 т/га.

Ярона – сорт сорго звичайного двокольорового. Сорт Ярона внесений в державний реєстр в 2019 році. Урожайність сорту 3,3 – 4,2 ц/га. Пізньостиглий за дозріванням. Тривалість періоду вегетації складає 117 – 143 діб. Висота рослини – 99 – 108 см. Стійкість до вилягання 9 балів. Стійкість до обсіпання 7 – 9 балів. Стійкість до посухи 7 – 9 балів. Стійкість до сажки пухирчастої 9 балів. Стійкість до гельмінтоспориозу 7 балів. Стійкість до кукурудзяного метелика 9 балів. Вміст крохмалю – 78,0 – 78,6%. Слабо пошкоджується попелицями. Добре реагує на зрошення та високий агрофон.

В досліджах використовували гербіцид *Гвардіан Тетра*. Норма витрати 3,5 л/га. Рекомендовано обприскування ґрунту до появи сходів, або у фазі 1–3 листки культури. Спектр дії – однорічні злакові та дводольні бур'яни. Рекомендований об'єм води: 200–300 л/га (200 л/га – застосування на етапі після появи сходів, 300 л/га – застосування на етапі до появи сходів).

В досліді використовували стимулятор росту *Вермистим* – комплексний препарат, в нормі 1:5 – замочування насіння, у нормі 1:50 – обприскування

посівів. Застосування препарату призводить до підвищення схожості насіння, забезпечує дружність сходів і розвиток міцної кореневої системи, підсилює імунітет рослин, зменшує ураженість рослин хворобами, пригнічує патогенну мікрофлору при передпосівному обробленні насіння.

Висновки до розділу 2

1. Аналізуючи погодні умови періоду вегетації сорго звичайного двокольорового впродовж 2016–2022 рр. варто зазначити, що температурний режим та кількість опадів мали певні відхилення від середньо багаторічних даних, що дало можливість оцінити адаптацію рослин сортів сорго до умов вирощування та вплив досліджуваних елементів технології вирощування на формування високої продуктивності культури.

2. Програма та методика проведення досліджень з сорго звичайним двокольоровим відповідає методикам дослідної справи в агрономії: чотириразова повторність з системним чергуванням варіантів у повтореннях, достовірність отриманих даних – на 5% рівні значущості, істотні різниці між варіантами підтверджуються розрахунками $HP_{0,05}$, залежності між показниками визначено коефіцієнтами кореляції та детермінації, а залежності описано рівняннями регресії.

3. Проведення спостережень та обліків за рослинами здійснювали згідно із затверджених методик, методичних рекомендацій і ДСТУ.

4. За допомогою дисперсійного, кореляційного та регресійного методів з використанням комп'ютерних програм Statistica 6.0. та Excel 2010 здійснено статистичну обробку результатів досліджень.

Література до розділу 2

1. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / редкол. : М. В. Зубець та ін. Київ : Логос, 2004. 776 с.

2. Адаменко Т. Погода і посіви. *Агроном*. 2003. № 11. С. 6.
3. Присяжнюк О. І. Особливості ідентифікації етапів росту сорго зернового. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. Вип. 28. С. 102–112. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.211060>
4. Культура стратегічного значення. *Сучасні аграрні технології*. 2012. № 8–9. С. 14–26.
5. Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод: ДСТУ ISO 11465-2001, 1993. 14 с.
6. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини : ДСТУ 4289:2004. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
7. Якість ґрунту. Визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського : ДСТУ 4729:2007. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.
8. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна : ДСТУ 4114:2002. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 9 с.
9. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова : ДСТУ 4115:2002. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 9 с.
10. Господаренко Г. М. Система застосування добрив: навч. Посібник. К.: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2015. 332 с.
11. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості : ДСТУ 4138-2002. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
12. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / за ред. В. В. Вовкодава. Київ, 2001. 100 с.
13. Єщенко В. О., Мойсейченко В. Ф. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. К.: Вища шк., 1994. 334 с.
14. Правдива Л. А., Ганженко О. М., Доронін В. А. та ін. Методичні рекомендації з проведення спостережень, обліків та визначення якісних показників у дослідженнях сорго зернового. Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2021. 34 с.

15. Методика проведення дослідів по кормовиробництву / за ред. А. О. Бабича. Вінниця, 1994. 87 с.
16. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2006. 316 с.
17. Роїк М. В., Правдива Л. А., Ганженко О. М. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива. Київ : Компрінт, 2020. 21 с.
18. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40.
<https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183x000600010011x>
19. Роїк М. В., Сінченко В. М., Пиркін В. І. та ін. Організаційно економічні норми витрат та інформаційно-статистичні матеріали з виробництва рослинницької продукції за біоадаптивними технологіями: методичні рекомендації. Київ: Нілан-ЛТД, 2014. 194 с.
20. Збарський В. К., Бабієнко М. Ф., Кулаєць М. М. та ін. Економіка сільського господарства. Київ: Каравела, 2012. 312 с.
21. Роїк М. В., Курило В. Л., Сінченко В. М. та ін. Визначення економічної ефективності технологій, нової техніки, винаходів та завершених наукових розробок в рослинництві. Методичні рекомендації. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2013. 90 с.
22. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві К.: Урожай, 1988. 208 с. (Економія і бережливість).
23. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
24. Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М. та ін. Методика селекційного експерименту (в рослинництві). Харків : ХНАУ, 2014. 229 с.
25. Черчель В. Ю., Дзюбецький Б. В., Кирпа М. Я. та ін. Каталог сортів та гібридів ДУ Інститут зернових культур НААН України. Дніпро : ДУ Інститут зернових культур НААН України, 2021. 132 с.

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ДІЇ ФАКТОРІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ

3.1. Екологічна оцінка умов вирощування сорго звичайного двокольорового в Україні

Високий та стабільний урожай сорго звичайного двокольорового імовірно отримати лише з огляду на безліч факторів, особливо велику роль відіграє фактор природних ресурсів території. Встановлено, що урожайність культури, на відміну від багатьох інших факторів, на 15% залежить від погодних умов, а в окремі роки майже на 100 %.

3.1.1. Вплив метеорологічних умов на стабільність виробництва сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України

Для всебічного вивчення даних урожайності сорго звичайного двокольорового проведемо спостереження щодо зміни показників стандартного відхилення та коефіцієнтів варіації по регіонах України (табл.3.1).

Адже нерівномірність рівня продуктивності за роками досліджень викликає в свою чергу й значні відхилення показників описової статистики, що допоможе загострити увагу на певному регіоні.

Впродовж 2016–2022 років роки дуже велика варіація урожайності складалась в умовах: Вінницької – 69,2, Запорізької – 84,8, Київської – 264,6, Кіровоградської – 61,8, Сумської – 180,4 та Чернігівській областей – 87,5.

При цьому ж велика варіабельність урожайності була в: Донецькій, Житомирській, Миколаївській, Одеській, Полтавській та Херсонській областях і лише в умовах Харківської та Хмельницької областей умови вегетаційних періодів призводили до отримання показників середньої варіабельності урожайності сорго звичайного двокольорового.

Таблиця 3.1

**Стандартне відхилення та коефіцієнт варіації урожайності сорго
звичайного двокольорового по регіонах України, середнє за 2016–2022 рр.**

Регіон	Показник, за період 2016–2022		
	урожайність	стандартне відхилення	коефіцієнт варіації
Україна	3,40	0,91	26,2
Вінницька	4,39	3,00	69,2
Донецька	2,91	1,10	33,4
Житомирська	3,49	0,88	32,7
Запорізька	2,98	2,77	84,8
Київська	5,78	1,38	264,6
Кіровоградська	4,53	1,55	61,8
Миколаївська	2,69	1,83	33,1
Одеська	2,99	1,38	31,6
Полтавська	4,40	1,06	25,8
Сумська	2,92	0,72	180,4
Харківська	3,61	0,52	19,7
Херсонська	2,99	1,07	39,3
Хмельницька	3,45	0,81	18,4
Чернігівська	1,62	2,34	87,5

Отже, вирощування сорго звичайного двокольорового з року в рік в умовах певного регіону показують нам потенціал продуктивності культури, чим більше розмах варіювання тим потенційно кращу урожайність можна отримати. Якщо аналізувати з суто біологічної точки зору, то можливо й рішення є вірним, однак не варто забувати про визначення агрономічної ефективності умов вирощування культури. При цьому, аналіз варіабельності урожайності сорго в різних регіонах України та в різні періоди вирощування є складним завданням, оскільки значні

розбіжності у коефіцієнтах варіації можуть бути результатом як негативного, так і позитивного впливу умов вирощування. Також велике значення має підвищення урожайності, пов'язане із вдосконаленням технології вирощування сорго звичайного двокольорового. Це особливо помітно в господарствах, які почали вирощувати сорго звичайне двокольорове недавно, таких як Вінницька та Житомирська області. При цьому ж ми не враховуємо не лише елементарні розбіжності в елементах технології вирощування сорго, а й вплив погодних умов на ріст і розвиток культури.

Для більш повного врахування показників впливу елементів погоди проведемо аналізування кореляційно-регресійних залежностей між кількістю опадів та середньодобовими температурами повітря та урожайністю сорго звичайного двокольорового в умовах регіонів України. Найбільш вагомі залежності зображені на рисунках 3.1–3.5.

Для аналізу використовували усереднені дані суми опадів та середньодобових температур в межах регіону і при пошуку кореляційно-регресійних залежностей опирались на найбільш вагомі з них. При цьому за показниками середньодобових температур ми не отримали вагомих взаємодій з урожайністю сорго звичайного двокольорового.

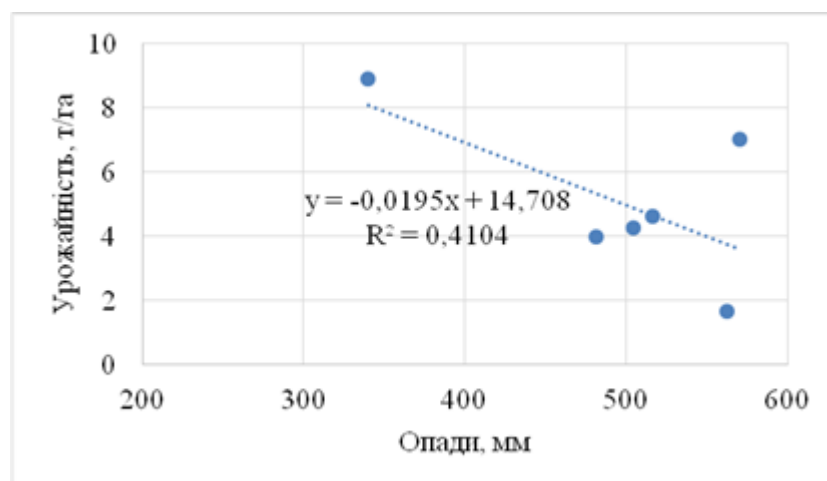


Рис. 3.1. Кореляційно-регресійна залежність від кількості опадів та урожайності сорго в умовах Вінницької області, середнє за 2016–2022 рр.

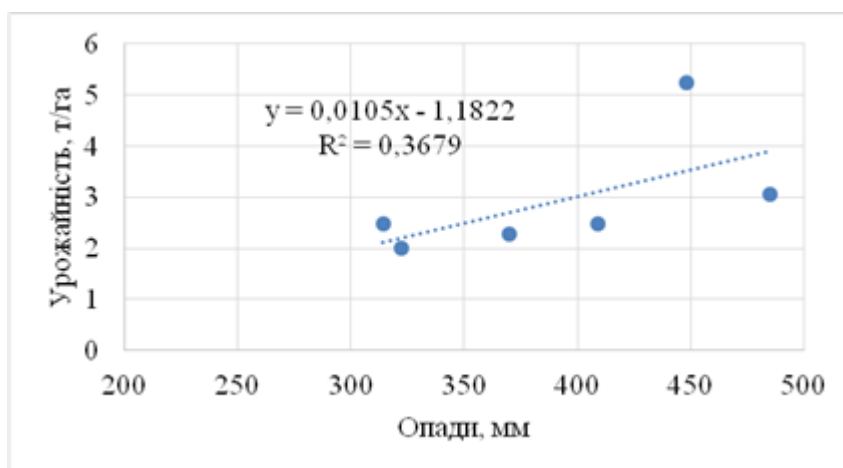


Рис. 3.2. Кореляційно-регресійна залежність від кількості опадів та урожайності сорго в умовах Запорізької області, середнє за 2016–2022 рр.

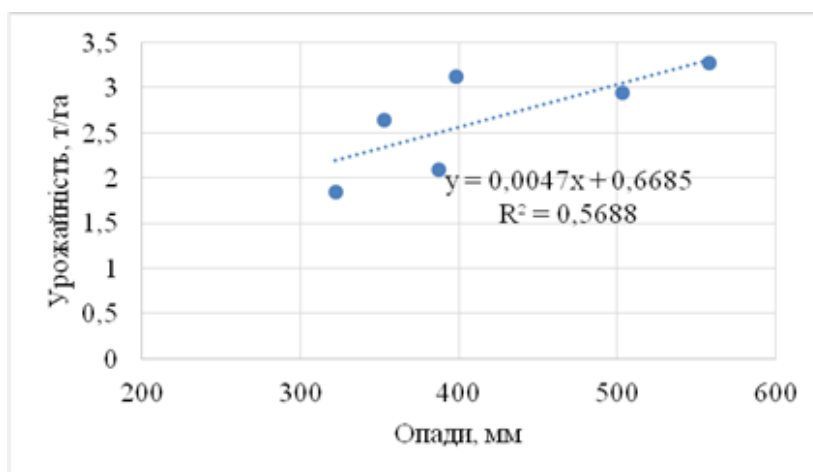


Рис. 3.3. Кореляційно-регресійна залежність від кількості опадів та урожайності сорго в умовах Миколаївської області, середнє за 2016–2022 рр.

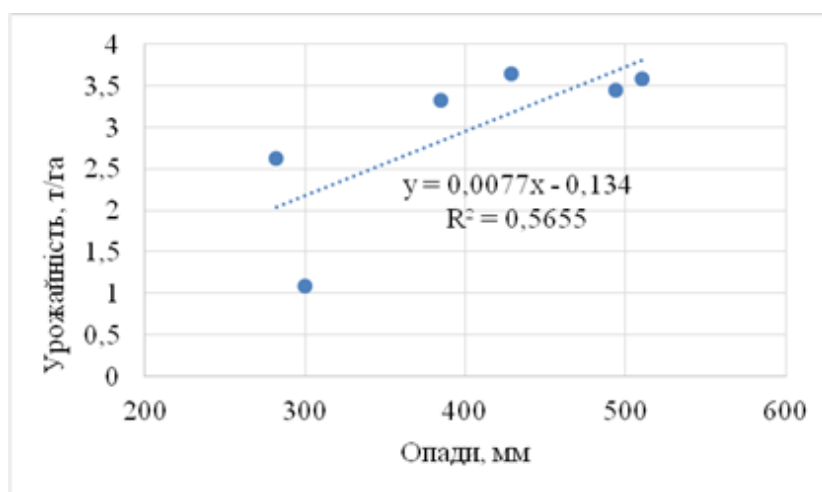


Рис. 3.4. Кореляційно-регресійна залежність від кількості опадів та урожайності сорго в умовах Одеської області, середнє за 2016–2022 рр.

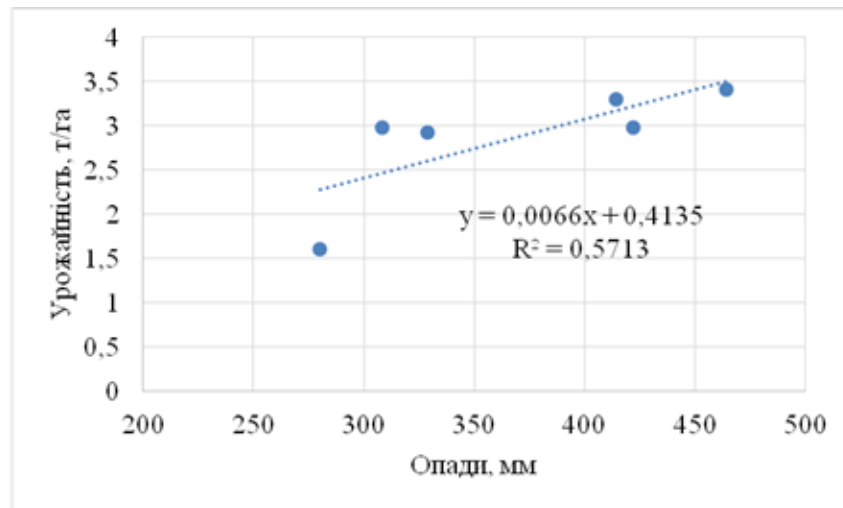


Рис. 3.5. Кореляційно-регресійна залежність від кількості опадів та урожайності сорго в умовах Херсонської області, середнє за 2016–2022 рр.

Вплив показників суми опадів на урожайність сорго звичайного двокольорового в умовах досліджуваних регіонів прослідковується на рівні тісного зв'язку, що цілком закономірно, адже на ріст та розвиток культури впливає факторів, в тому числі кількість опадів та температура повітря.

Попри це, отримана взаємодія для умов Вінницької області, коли умови двох аномальних за опадами років сприяли формуванню зворотного кореляційного зв'язку, за якого при зростанні кількості опадів змінюються й умови вирощування таким чином, що зменшується урожайність сорго звичайного двокольорового. А отже, на даний регіон та його потенційні можливості слід звернути додаткову увагу в плані розробки елементів технології вирощування. По інших регіонах спостерігається закономірність – по мірі зростання кількості опадів – підвищується урожайність сорго звичайного двокольорового. Тобто рослини потребують доступної вологи і за значного рівня забезпечення нею мають можливість сформувати високий рівень урожайності зерна. Можливо, така реакція на додаткове вологозабезпечення спричинена в тому числі й глобальними змінами клімату, нерівномірним та недостатнім випаданням опадів в вегетаційний період більшості культур. За даними наукових досліджень В. М. Жука та ін. [1] середня кількість діб з опадами зменшується на

0,24 в рік, кількість дощів за які випадає понад 1 мм опадів зростає на 0,13, а дощів з добовою нормою понад 10 мм на 0,088 в рік.

Оскільки ми встановили певні залежності від кількості опадів та показників урожайності сорго звичайного двокольорового, то цікавим є визначення множинних рівнянь регресії впливу елементів погоди на цей показник. Адже елементи погоди, визначають певний рівень впливу на ріст та розвиток рослин тим самим формуючи потенціал їх продуктивності. При цьому сумарні значення впливу можуть бути досить відмінними від одиничних впливів окремих показників.

За результатами досліджень було встановлено, що в умовах України основним фактором впливу на формування урожайності сорго звичайного двокольорового є температури повітря та опади, які впливають на зміну врожайності, що пов'язано з засухостійкістю сорго та можливістю раціонально витратити воду та отримувати її з нижніх шарів ґрунту. Отже, рівняння множинної регресії має вигляд: $y = 12,59 + 0,001O - 0,772T$, де: O – сума опадів, а T – середньодобові температури повітря. Всі коефіцієнти рівняння значимі на 5% рівні ($p\text{-level} < 0,05$).

Для більш повного встановлення впливу умов середовища на формування урожайності сорго звичайного двокольорового розраховували показники екологічної пластичної та стабільності за методикою Eberhart S. A., Russel W. A (табл. 3.2).

За методикою умови за яких коефіцієнт регресії більше одиниці мають високу пластичність формування ознаки, при коефіцієнті нижче одиниці – складаються низькопластичні умови.

Фізіологічні та екологічні чинники, що впливають на вирощування сорго звичайного двокольорового, і реакція рослин на посуху, добре вивчені в інших наукових дослідженнях [2, 3]. Тобто, оцінюючи вплив факторів навколишнього середовища, можна припускати можливість прогнозування реакції генотипів сорго в різних умовах вирощування [4].

Таблиця 3.2

**Стабільність (b) та пластичність (W) урожайності сорго по регіонах
України**

Регіон	2016–2022	
	b	W
Вінницька	-0,09	$5,462 \times 10^5$
Дніпропетровська	0,93	$5,712 \times 10^5$
Донецька	0,77	$5,858 \times 10^5$
Житомирська	1,46	$5,715 \times 10^5$
Запорізька	0,95	$5,900 \times 10^5$
Київська	1,67	$5,182 \times 10^5$
Кіровоградська	1,34	$5,459 \times 10^5$
Луганська	1,07	$5,518 \times 10^5$
Миколаївська	0,38	$5,865 \times 10^5$
Одеська	0,78	$5,845 \times 10^5$
Полтавська	0,40	$5,444 \times 10^5$
Харківська	1,23	$5,769 \times 10^5$
Херсонська	1,16	$5,911 \times 10^5$
Черкаська	1,91	$5,193 \times 10^5$

Таким чином, важливим є визначення екологічних характеристик регіонів для визначення їх придатності для вирощування сорго звичайного двокольорового. Адже низька гнучкість показників урожайності в даному регіоні свідчить про те, що рослини не можуть досягти високого рівня продуктивності. Однак деякі вчені [5, 6], вважають, що взаємодія генотипу з оточуючим середовищем, його пластичність, може бути перешкодою для створення генотипів, які стійко реагують у різних середовищах вирощування. Також дослідження стабільності та пластичності сорго в умовах основних регіонів України в різний час проводили такі вчені як Л. І. Сторожик, О. І. Присяжнюк та інші [7–10]. Проте, такі дослідження проводились до 2016 року, тому виникає необхідність у продовженні їх у наступних роках.

За показниками визначення даних стабільності та пластичності урожайності сорго звичайного двокольорового в умовах України ми встановили екологічну характеристику умов вирощування сорго в різних регіонах (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Екологічна характеристика регіонів вирощування сорго звичайного
двокольорового за урожайністю, за 2016–2022 рр.**

Регіон	Пластичність та стабільність за період досліджень 2016–2022
Вінницька	низька пластичність, ліміт факторів
Дніпропетровська	низька пластичність
Донецька	низька пластичність
Житомирська	висока пластичність
Запорізька	низька пластичність
Київська	висока пластичність, інтенсивні умови
Кіровоградська	висока пластичність, інтенсивні умови
Луганська	висока пластичність, інтенсивні умови
Миколаївська	низька пластичність
Одеська	низька пластичність
Полтавська	низька пластичність
Харківська	висока пластичність
Херсонська	висока пластичність
Черкаська	висока пластичність, інтенсивні умови

Загалом, при аналізі умов для формування урожайності культури, цікавими для нас є регіони в яких створюється ліміт або ж дефіцит певних факторів, а особливо цікаві ті, в яких є висока пластичність урожайності та формуються умови для інтенсивного утворення посівами сорго врожаю.

Зазвичай сорго звичайне двокольорове традиційно вирощувалось в умовах Степу України, на даний час досить мало регіонів можуть забезпечити високу його продуктивність за рахунок створення сприятливих ґрунтово-кліматичних умов. За результатами аналізу даних урожайності періоду за 2016–2021 рр. визначено що лише Луганська область та частково приналежна до зони Степу – Кіровоградська мають інтенсивніші умови для формування високого рівня урожайності сорго звичайного двокольорового.

Серед регіонів Полісся України вирощування сорго зернового є недоцільним, адже отримані дані аналізу екологічної пластичності урожайності цієї культури в Житомирській області хоч і свідчать про високу її пластичність, однак не забезпечують інтенсивних умов вирощування для формування високого рівня продуктивності.

На даний час Лісостеп України можна розглядати як найбільш перспективний регіон для вирощування сорго звичайного двокольорового, особливо умови для отримання високого рівня продуктивності культури складаються в межах Київської та Черкаської областей. За вирощування культури в Вінницькій області з семи років досліджень два мали строкаті погодні умови які суттєво вплинули на урожайність культури та спричинили низьку її пластичність за ліміту факторів середовища. А тому, для вирощування сорго звичайного двокольорового в Вінницькій області слід розробляти агроприйоми, що сприяють підвищенню його стійкості до абіотичних факторів та формування високого рівня урожайності за дії негативних чинників елементів погоди.

Низька фенотипова пластичність може служити важливою характеристикою, і вже була використана як критерій при відборі [5], щоб створити генотипи, які можуть виживати в ускладнених умовах та, при цьому, мають незначне зниження врожаю [11]. Однак традиційно вважається, що рослини можуть протистояти екологічним обмеженням завдяки високому рівню пластичності [12, 13]. Це пояснюється тим, що сорго має значну генетичну різноманітність, і, отже, вирощування різних сортів з різним генетичним і географічним походженням може сприяти отриманню високого врожаю, навіть в регіонах з недостатнім зрошенням та інтенсивними посухами [14–18].

Отже, важливим питанням залишається визначення адаптації сортів та гібридів сорго звичайного двокольорового до умов вирощування різних регіонів. Адже в силу біологічних особливостей та відмінностей впливу рослини мають по-різному реагувати на погодні умови вирощування, особливо в регіонах які мають різноманітні обмеження ресурсного потенціалу елементів погоди.

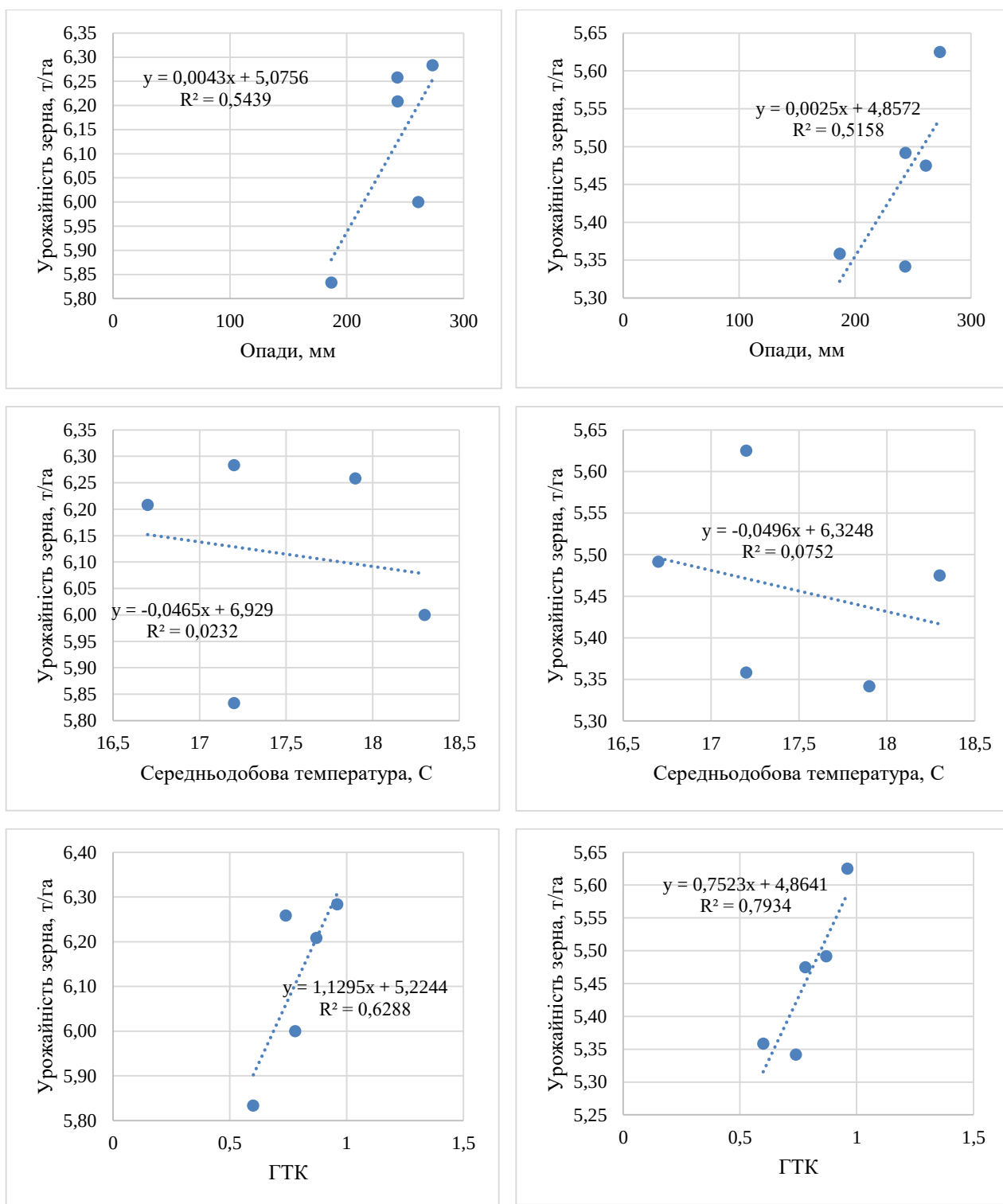
Для встановлення закономірностей впливу погодних умов, за якими можна спрогнозувати урожайність зерна проведемо аналіз визначення кореляційно-регресійних зав'язків урожайності зерна з кількістю опадів, середньодобовими температурами та гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) за вегетаційні періоди сорго по регіонах в яких ми проводили дослідження.

Проаналізуємо вплив опадів, середньодобових температур та гідротермічного коефіцієнта за період вегетації сорго звичайного двокольорового на формування урожайності зерна в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції (Київська область) (рис. 3.6), в умовах Іванівської дослідно-селекційної станції (Сумська область) (рис. 3.7), в умовах Весело Подільської дослідно-селекційної станції (полтавська область) (рис. 3.8) а також в умовах Ялтушківської дослідно-селекційної станції (Вінницька область) (рис. 3.9).

При цьому, для аналізу прогнозування урожайності культури обираємо найбільш вагомий фактор впливу з представлених елементів погоди, при цьому не враховуємо сумарні їх впливи, так як по суті ГТК це і є збалансований вплив середньодобових температур та опадів.

Якщо аналізувати вплив факторів погоди на урожайність зерна, то в умовах БЦДСС опади досить серйозно впливали на формування цієї ознаки і коефіцієнт апроксимації був 0,52-0,54, що досить серйозно описує залежність урожайності від кількості опадів в роки досліджень. Адже коефіцієнт апроксимації близького одиниці ми не можемо досягнути навіть теоретично, оскільки на урожайність сорго впливають перш за все елементи технології вирощування, в тому числі і в поєднанні з впливом факторів навколишнього середовища.

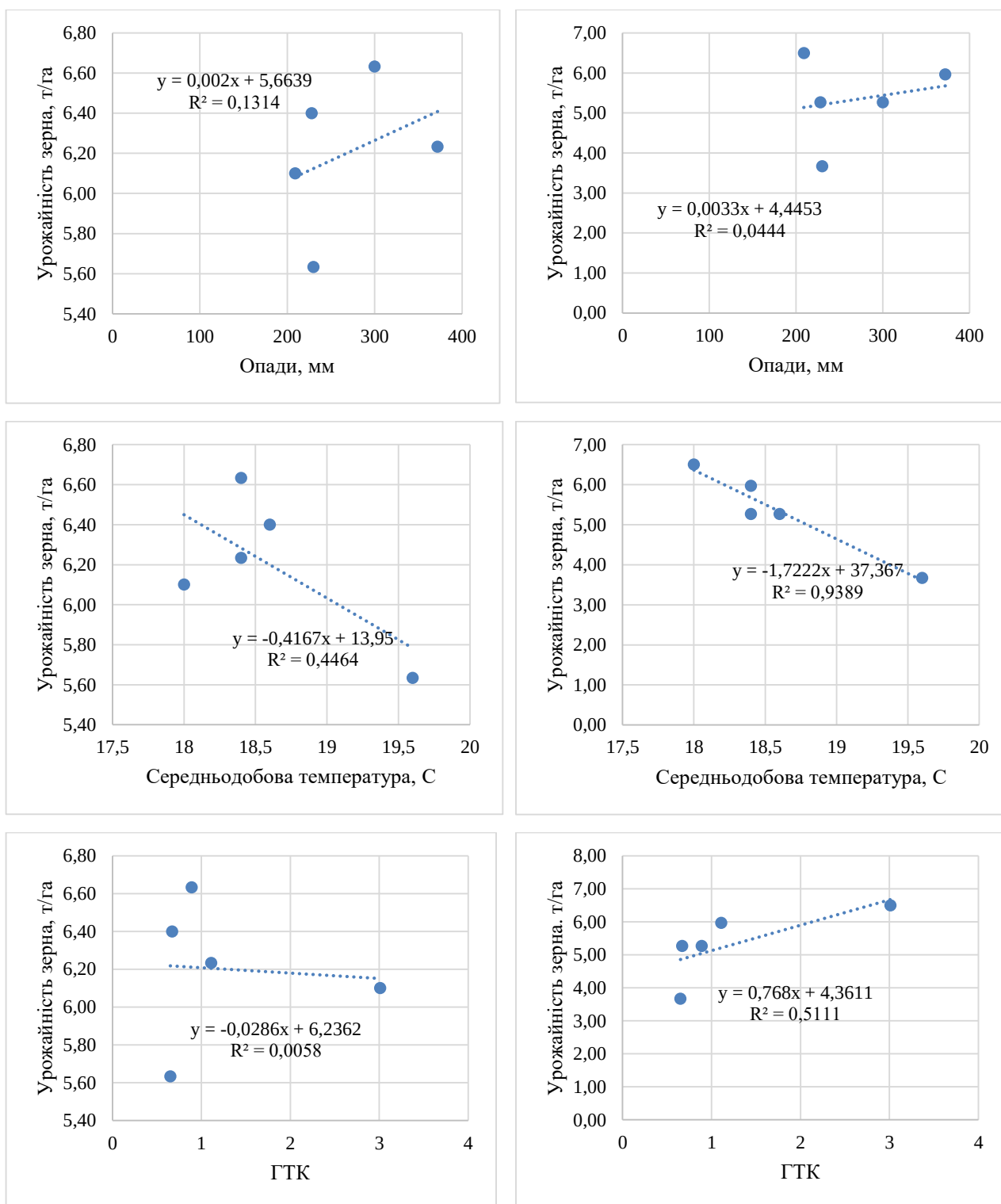
Визначено, що за вирощування сорту Дніпровський 39 урожайність зерна можна було спрогнозувати за кількістю опадів згідно рівняння: $y = 0,0043x + 5,0756$, а для сорту Вінець – $y = 0,0025x + 4,8572$.



Дніпровський 39

Вінець

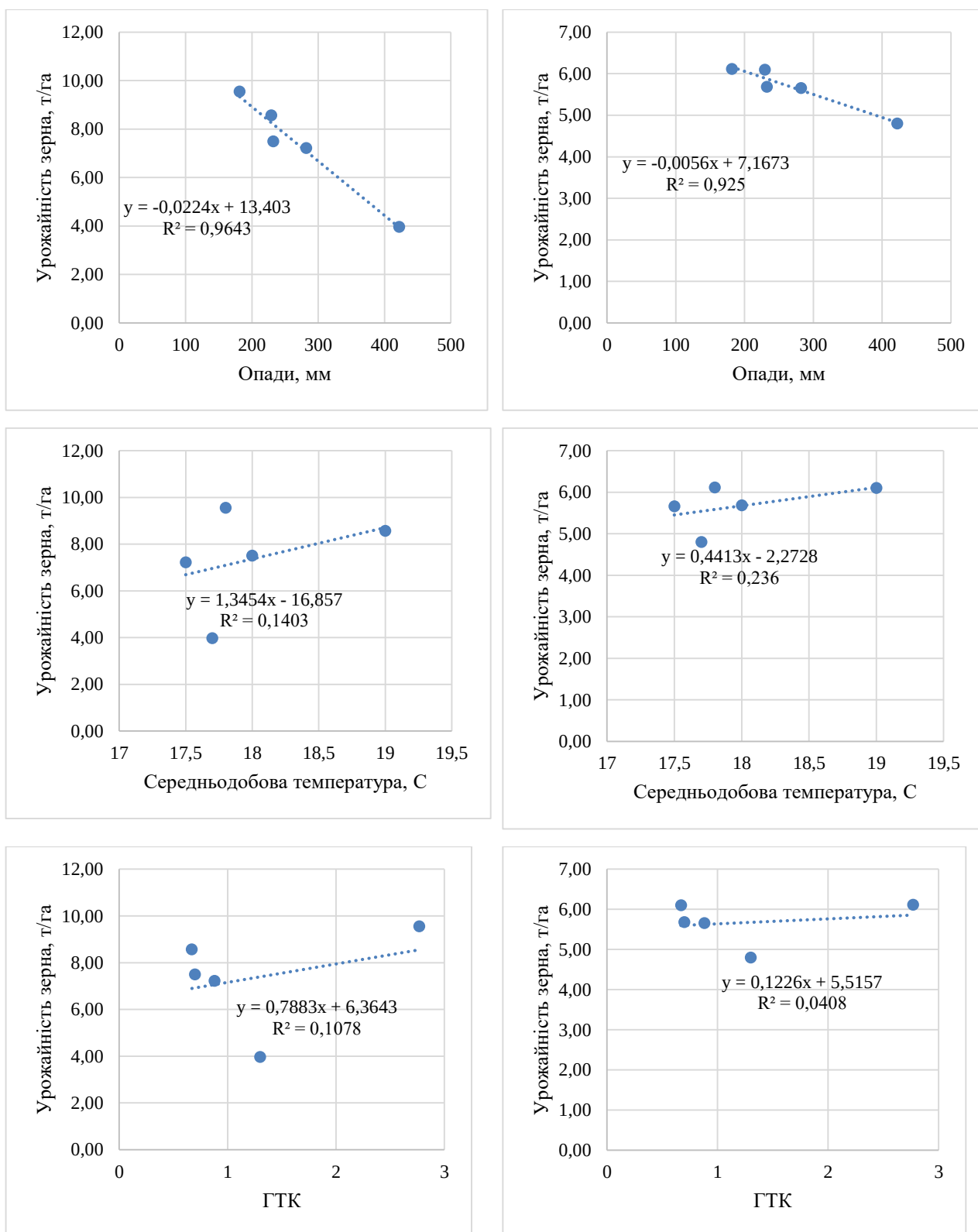
Рис. 3.6. Кореляційно-регресійна залежність урожайності зерна сорго звичайного двокольорового від кількості опадів, середньодобової температури та ГТК в умовах БЦДСС (Київська область)



Дніпровський 39

Самаран 6

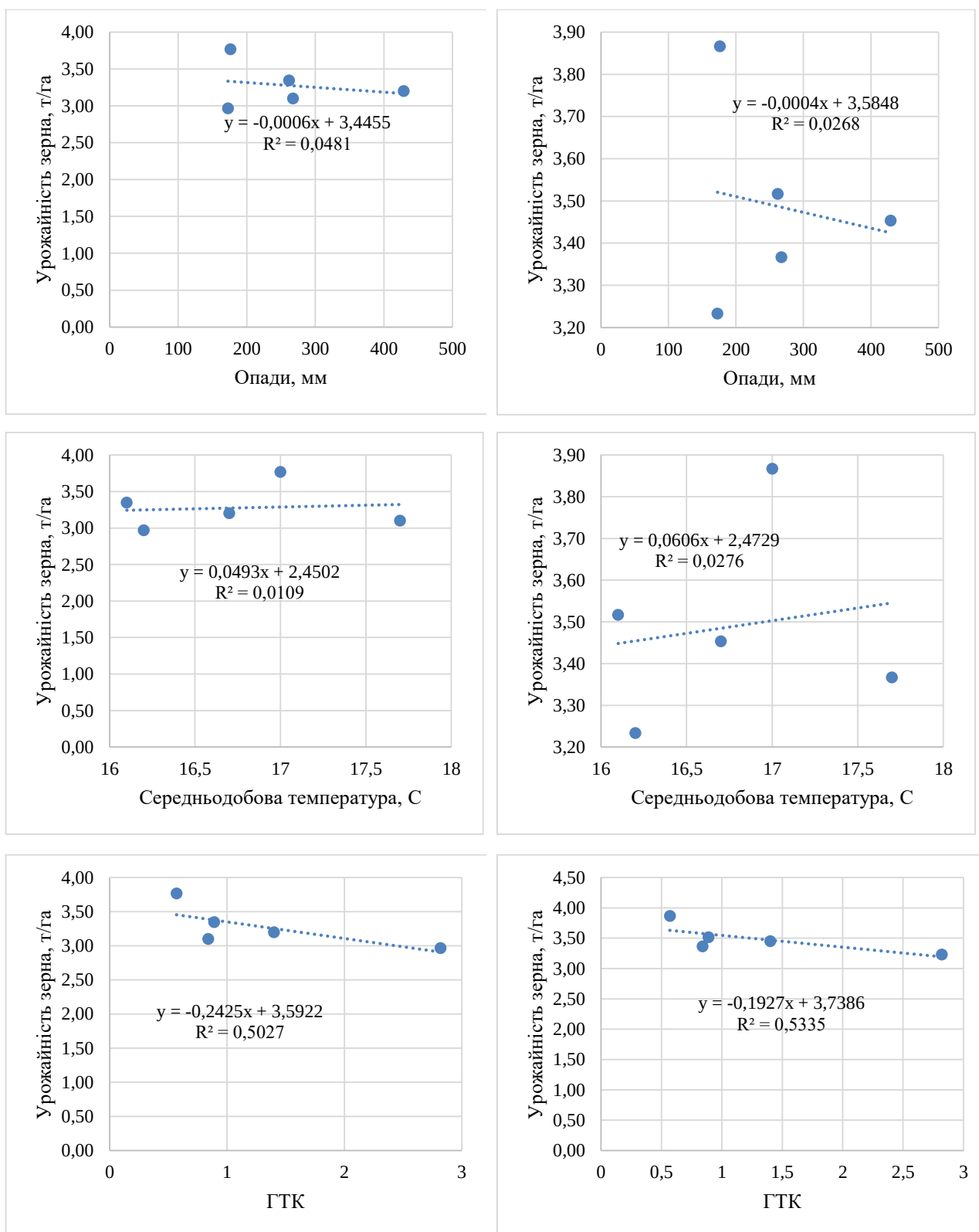
Рис. 3.7. Кореляційно-регресійна залежність урожайності зерна сорго звичайного двокольорового від кількості опадів, середньодобової температури та ГТК в умовах ІДСС (Сумська область)



Дніпровський 39

Самаран 6

Рис. 3.8. Кореляційно-регресійна залежність урожайності зерна сорго звичайного двокольорового від кількості опадів, середньодобової температури та ГТК в умовах ВПДСС (Полтавська область)



Дніпровський 39

Самаран 6

Рис. 3.9. Кореляційно-регресійна залежність урожайності зерна сорго звичайного двокольорового від кількості опадів, середньодобової температури та ГТК в умовах ЯДСС (Вінницька область)

Було встановлено, що кращий рівень прогнозування урожайності можна отримати за визначення її за показниками ГТК, при цьому в сорту Дніпровський 39 рівняння мало вигляд: $y = 1,1295x + 5,2244$, а для сорту Вінець – $y = 0,7523x + 4,8641$.

В умовах ІДСС за вирощування сорту Дніпровський 39 урожайність зерна можна було спрогнозувати за середньодобовими температурами повітря згідно рівняння: $y = -0,4167x + 13,95$, а для сорту Самаран 6 – $y = -1,7222x + 37,367$. При цьому за показником ГТК істотний коефіцієнт апроксимації отриманого рівняння був лише в сорту Самаран 6.

В умовах ВПДСС визначальним фактором були опади. Так, за вирощування сорту Дніпровський 39 урожайність зерна сорго можна було спрогнозувати за кількістю опадів згідно рівняння: $y = -0,0224x + 13,403$, а для сорту Самаран 6 – $y = -0,0056x + 7,1673$.

Тоді як в умовах ЯДСС за вирощування сорту Дніпровський 39 урожайність зерна сорго можна було спрогнозувати за показниками ГТК згідно рівняння: $y = -0,2425x + 3,5922$, а для сорту Самаран 6 – $y = -0,1927x + 3,7386$.

Отже, вирощування гібридів в різних агрокліматичних умовах потребує розробки генотипово орієнтованих елементів технології вирощування задля максимальної реалізації їх біологічного потенціалу. При цьому слід враховувати вплив ґрунтово-кліматичних умов регіону.

3.2. Вплив дії факторів інтенсифікації на польову схожість насіння сорго звичайного двокольорового

Однією з важливих умов вирощування високого врожаю є своєчасне отримання повних, дружних і добре розвинених сходів. Польова схожість – інтегральний показник якості насіння і рівня агротехніки. У формуванні врожаю відіграє велику роль: знижують врожайність як розріджені, так і загущені посіви [19, 20]. Під впливом різних факторів в період вегетації кількість рослин може змінюватися [21, 22].

Польова схожість насіння залежить від вологості та температури ґрунту, а також від елементів технології вирощування [23], і є першим фактором формування продуктивності посівів після посівних якостей насіння, зокрема лабораторної схожості. Основними факторами, які впливають на підвищення або зниження польової схожості є вологість та температура ґрунту. Якщо температура та вологість ґрунту несприятливі для отримання швидких дружніх сходів і поява їх затримується, то наявність шкідників, інфікованість насіння і ґрунту хворобами, фізичний стан ґрунту можуть призвести до значного зниження польової схожості насіння [24–26].

Правильно визначені строки сівби насіння сорго звичайного двокольорового, як способу отримання високої продуктивності, залежать від створення оптимальних умов у період всієї вегетації рослин [27].

Достатня кількість вологи в ґрунті істотно впливає на процеси життєдіяльності сільськогосподарських культур. Наявність води, повітря і тепла сприяє бубнявінню і проростанню насіння, в результаті чого відбувається ріст тканин, надходження у рослину і переміщення поживних елементів, відбувається процес фотосинтезу і утворення нових органічних речовин [28, 29].

Недостатня кількість ґрунтової вологи спричинює тривале або тимчасове в'янення рослин, в результаті порушується в листках біохімічна діяльність рослин, внаслідок чого рослини стають не дієздатними до фотосинтезу. Надлишок вологи в ґрунті також негативно впливає на сільськогосподарські культури: відбувається нестача кисню в ґрунті, який є необхідним в ґрунтовому повітрі для функціонування кореневої системи рослин.

За допомогою глибокої кореневої системи сорго використовує впродовж першої половини літа вологу з глибших шарів ґрунту, висушуючи їх, а у другій половині літа – вологу з ґрунту за рахунок опадів [30].

Відомо, що урожайність насіння сорго звичайного двокольорового залежить від строків сівби, де однією з умов є прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до 16 °C. Сівба насіння в непрогрітий ґрунт призводить до

пошкодження грибковими хворобами, ґрунтовими шкідниками, пліснявіння і відповідно загибелі [31, 32].

Сівба насіння у пізні строки, призводить до підсихання верхнього шару ґрунту, що негативно впливає на отримання рівномірних і дружних сходів. Через нестачу вологи в ґрунті, при пізніх строках сівби, погано розвивається коренева система сорго, що веде до зниження його стійкості проти посухи [33].

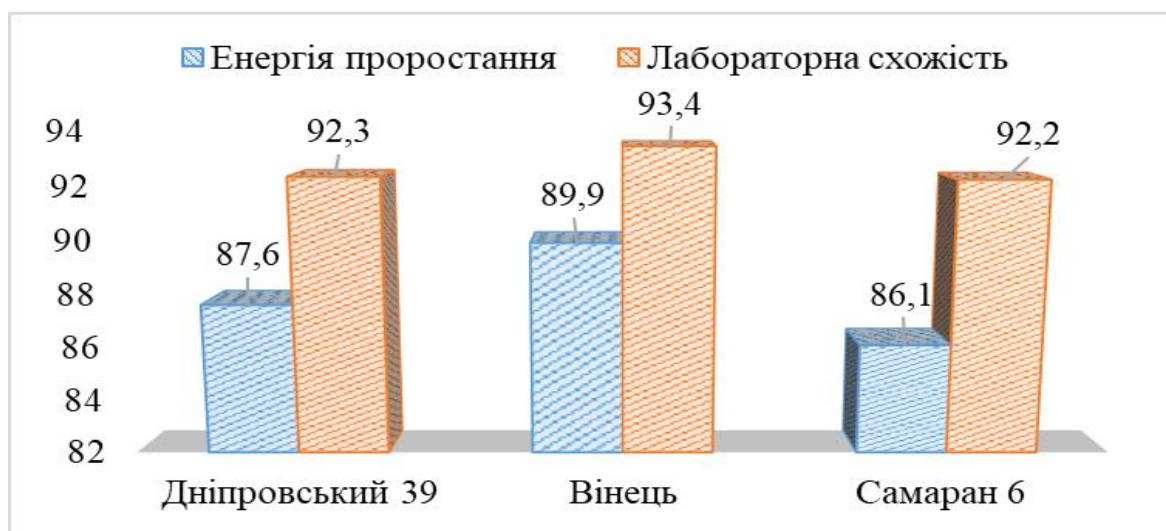
В умовах південного Степу рекомендовано здійснювати сівбу в прогрітий посівний шар ґрунту до 15°C з 10 травня до 25 травня [32].

За дослідженнями І.А. Овсієнка та Курила В.Л. [34, 35] встановлено, що оптимальним строком сівби сорго є друга декада травня. Сівба у наступні декади зумовлює затримку в проростанні насіння, де лімітуючим фактором є недостатня вологість ґрунту на глибині загортання насіння.

Дослідження вчених [36, 37], показують великий вплив строків сівби насіння на ріст, розвиток і формування продуктивності сортів сорго звичайного двокольорового, враховуючи універсальність використання виникає необхідність вивчення і оптимізації елементів технології вирощування.

В досліджах використовували сорти, енергія проростання яких становила у сорту Самаран 6 – 86,1 %; у сорту Дніпровський 39 – 87,6 % та у сорту Вінець – 89,9 %. Лабораторна схожість досліджуваних сортів була вищою в середньому на 5–15 % за польову і становила у сорту Самаран 6 – 92,2; у сорту Дніпровський 39 – 92,3 та у сорту Вінець – 93,4 % (рис. 3.10). Виявлена достовірна різниця залежно від сортових особливостей, що впливало на рівень польової схожості.

Щоб отримати дружні, повні й своєчасні сходи рослин, на період сівби насіння має бути забезпеченим достатньою кількістю вологи, яка буде для набубнявіння та проростання. Тому всі агротехнічні заходи мають бути спрямовані на нагромадження та збереження в ґрунті вологи, що впливатиме на польову схожість насіння.



($HP_{0,05}$: енергія 1,2; схожість 0,9)

Рис. 3.10. Енергія проростання та лабораторна схожість насіння досліджуваних сортів сорго звичайного двокольорового, %, середнє за 2016 – 2020 рр.

Результати отриманих досліджень показали, що вологість ґрунту змінювалась і була різною в роки досліджень (додаток Б.1). В середньому за 2016–2020 роки на Білоцерківській ДСС температура і вологість ґрунту була різною з настанням кожного із строків сівби та у різних шарах ґрунту (табл. 3.4).

Найбільші запаси вологи в ґрунті та низьку температуру (5–6 °C) на глибині ґрунту 10 см спостерігали за сівби насіння у III декаді квітня, при цьому умови, що склалися, негативно впливали на проростання насіння сорго звичайного двокольорового.

Встановлено, що за сівби насіння сорго звичайного двокольорового за температури 12–14 °C (I декада травня) польова схожість була найвищою в досліді і дорівнювала від 79,3 до 86,8 % в сорту Дніпровський 39 та від 77,2 до 85,4 % у сорту Вінець (табл.3.5).

За сівби насіння при температурі 5–6 °C польова схожість була меншою, відповідно – на 10,5 – 12,6 % у сорту Дніпровський 39 та на 9,7 – 12,0 % у сорту Вінець, це пояснюється тим, що середньодобова температура ґрунту на глибині його залягання була низькою, а це затримувало проростання.

Таблиця 3.4

**Температура ґрунту та запаси продуктивної вологи ґрунту на період
сівби, середнє за 2016 – 2020 рр., БЦДСС**

Температура ґрунту, °С на глибині 10 см	Кількість продуктивної вологи (мм) у шарі ґрунту, см:			
	0-20	0-50	0-100	0-150
5–6°С	32,62	80,86	84,76	159,66
12–14°С	31,06	76,08	83,58	158,30
16–18°С	28,0	73,54	72,96	153,82
НІР _{0,05}	0,8	2,3	1,1	3,7

За сівби насіння при температурі 16–18 °С (ІІ декада травня) польова схожість у сорту Дніпровський 39 становила 75,2–82,2 %, у сорту Вінець – 71,5–81,2 %.

Одним з важливих факторів під час сівби є глибина загортання насіння, вона залежить від величини та енергії проростання, вологості ґрунту, його механічного складу, температури тощо.

Отримані результати досліджень свідчать, що швидке проростання та дружні сходи отримали за глибини загортання насіння 4 та 6 см за всіх строків сівби. Найвища польова схожість насіння спостерігалась за сівби при температурі 12–14 °С і становила у сорту Дніпровський 39 – 84,2 та 86,8 %, у сорту Вінець 83,1 та 85,4 % відповідно. Зменшення глибини загортання насіння до 2 см та збільшення до 8 см призводило до зниження польової схожості насіння сорго звичайного двокольорового. Такий факт пояснюється недостатньою кількістю ґрунтової вологи, внаслідок її випаровування з верхнього шару ґрунту в першому випадку, та дрібнонасі́нністю і як наслідок, поява нестійких сходів до несприятливих погодних умов в другому випадку.

Таблиця 3.5

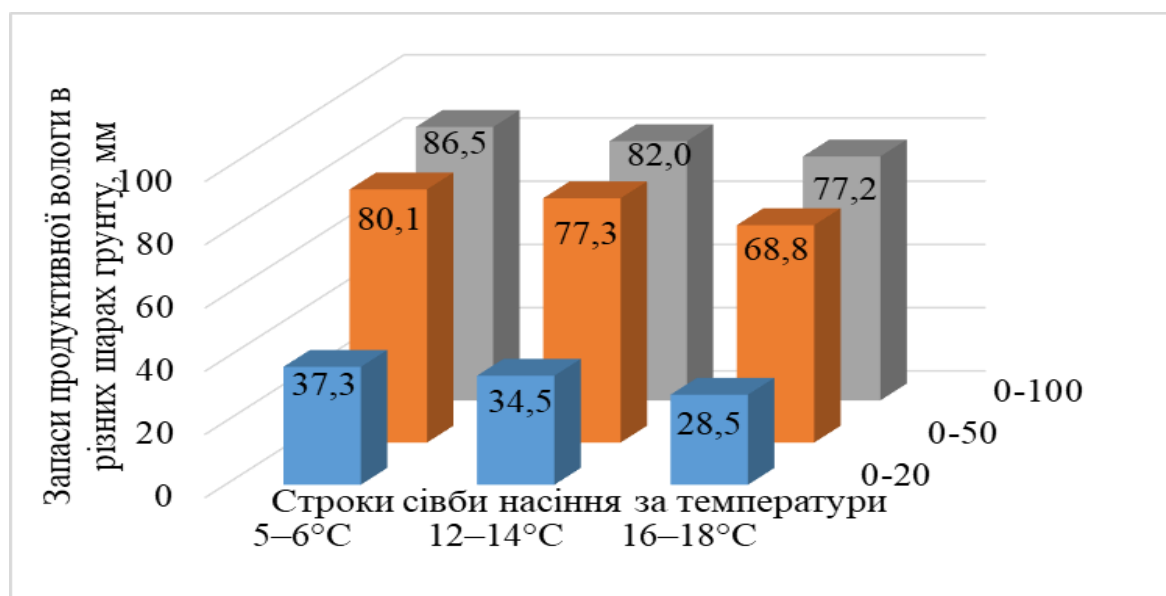
Польова схожість насіння сорго звичайного двокольорового залежно від досліджуваних факторів, середнє за 2016 – 2020 рр., БЦДСС

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Глибина загортання насіння, см			
		2	4	6	8
Дніпровський 39	5–6°С	68,8	70,5	74,2	69,9
	12–14°С	79,3	84,2	86,8	81,1
	16–18°С	75,2	79,9	82,2	76,4
Вінець	5–6°С	67,5	72,4	73,4	67,1
	12–14°С	77,2	83,1	85,4	78,2
	16–18°С	71,5	77,8	81,2	73,4
НІР _{0,05}		0,41	0,44	0,54	0,52

В умовах нестійкого зволоження Ялтушківської ДСС запаси продуктивної вологи в 0–20 см шарі ґрунту змінювалися від 37,3 до 28,5 мм (рис. 3.11, додаток Б.2). Також з підвищенням температури повітря в нижчих шарах ґрунту спостерігається зменшення кількості продуктивної вологи в ґрунті.

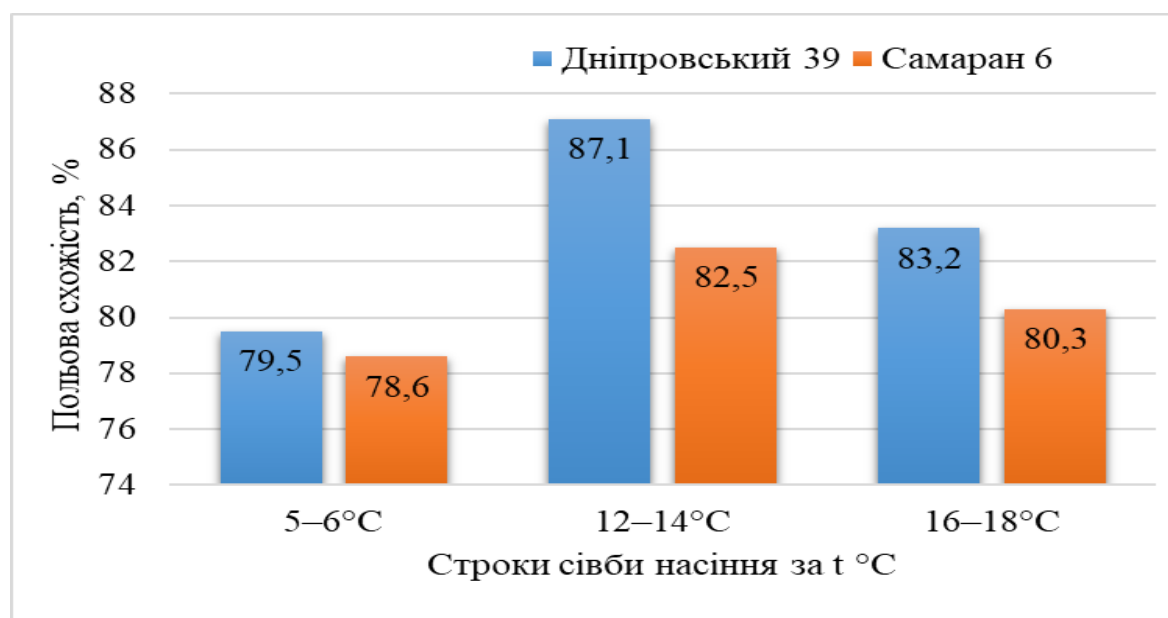
Відповідно до зміни запасів ґрунтової вологи та якості насіння до сівби змінювалася і польова схожість рослин досліджуваного сорту (рис. 3.12). Так, залежно від строків сівби польова схожість насіння становила за сівби при температурі 5–6 °С – 79,5 % у сорту Дніпровський 39 і 78,6 % у сорту Самаран 6, за сівби коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 12–14 °С польова схожість насіння підвищувалась майже на 5–9 %. Сівба насіння, за температури ґрунту 16–18 °С, спостерігалось зниження польової схожість до 83,2 та 80,3 %.

Лабораторна схожість сорту Дніпровський 39 була достовірно вищою і, відповідно – істотно вища польова схожість насіння цього сорту.



($HP_{0,05}$: 0-20 – 1,3, 0-50 – 2,0, 0-100 – 4,1)

Рис. 3.11. Запаси продуктивної вологи ґрунту на період сівби, середнє за 2016 – 2020 рр., ЯДСС



$HP_{0,05}$: A – 0,69; B – 0,72; AB – 1,45

Рис. 3.12. Польова схожість насіння сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 та Самаран 6 залежно від строків сівби насіння, %, середнє за 2016–2020 рр., ЯДСС

Запаси продуктивної вологи на період сівби сорго в умовах нестійкого зволоження Іванівської ДСС різнилися залежно від строків сівби насіння (табл. 3.6, додаток Б.3). За сівби коли температура ґрунту становила 5–6 °С, залежно від шару ґрунту вологість – від 26,93 мм до 131,6 мм, за температури ґрунту 12–14 °С – від 27,63 до 119,03 мм, за температури ґрунту 16–18 °С – від 20,10 мм до 95,50 мм.

Високими показниками польової схожості насіння характеризуються досліджувані сорти, яка за сівби у I і II декаді травня становила в сорту Дніпровський 39 – 88,1 і 87,3 %, в сорту Самаран 6 – 87,6 і 87,1 %. За сівби у III декаді квітня вона була дещо нижчою і становила 77,6 та 76,8 % відповідно. Пояснюється це тим, що за сівби насіння у I декаді квітня були низькими температура ґрунту та повітря, що мало негативний вплив для отримання швидких та дружніх сходів.

Таблиця 3.6

Запаси продуктивної вологи ґрунту на період сівби та польова схожість насіння, середнє за 2016 – 2020 рр., ІДСС, ВПДСС

Шар ґрунту, см	ВПДСС	ІДСС	Темпе- ратура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Польова схожість насіння, %			
				ІДСС		ВПДСС	
				Дніпров ський 39	Самаран 6	Дніпров ський 39	Самаран 6
0-20	29,1	26,93	5–6°C	77,6	76,8	79,4	77,8
0-50	48,0	62,47					
0-100	113,0	131,60					
0-20	27,4	27,63	12–14°C	88,1	87,6	81,8	81,4
0-50	45,0	60,90					
0-100	101,0	119,03					
0-20	23,6	20,10	16-18°C	87,3	87,1	79,3	79,2
0-50	40,0	47,10					
0-100	111,0	95,50					
НІР ₀₅				А – 1,26; В – 1,26; АВ – 1,79		А – 0,83; В – 0,94; АВ – 1,75	

В умовах недостатнього зволоження Веселоподільської ДСС спостерігається аналогічна відмінність (див. табл. 3.6, додаток Б.4). Кількість продуктивної вологи наявна у кількості 29,1–113,0 мм за сівби при температурі 5–6 °С, 27,4–101,0 мм за сівби при температурі 12–14 °С та 23,6–111,0 мм за сівби при температурі 16–18 °С. Польова схожість насіння при цьому становила 80,4; 81,8 та 79,3 % у сорту Дніпровський 39 й 77,8; 81,4 та 79,2 % у сорту Самаран 6.

За показниками часток впливу факторів на польову схожість насіння в умовах ЯДСС (рис. 3.13) встановлено, що найбільший вплив мали погодні умови – 27,0 % та строки сівби – 21,0 %, а частка впливу сортових особливостей становила 16,0 %. Взаємодія факторів погодних умов і строків сівби склала 15,0 %, погодних умов і сорту – 6,0 %, сорту і строків сівби – 8,0 %, взаємодія погодних умов, сорту і строків сівби – 6,0 %, інші не досліджувані фактори – 1,0 %.

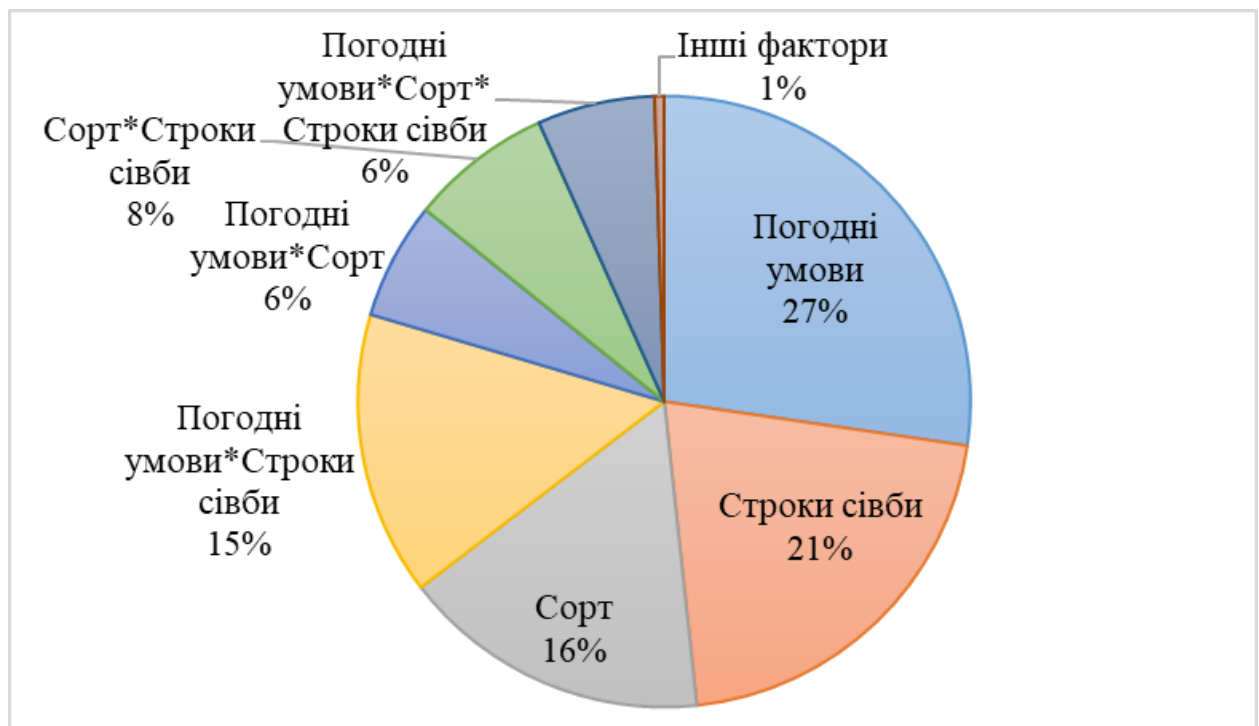


Рис 3.13. Частка впливу досліджуваних факторів на польову схожість насіння сорго звичайного двокольорового, %, ЯДСС

За результатами дисперсійного аналізу (рис. 3.14) встановлено, що польова схожість насіння в умовах Іванівської ДСС також суттєво залежала від елементів

технології вирощування. Найбільший вплив мали погодні умови, а їх вагомість впливу зросла до 32,1 %, а також строки сівби – 23,4 %. Це свідчить про те, що насіння, висіяне за раннього строку сівби, починає проростати за настання температури 6 °С, подовжуючи період «сівба–сходи», внаслідок чого знижується польова схожість, сходи з’являються неодноразово і зріджені. Однак, в умовах дефіциту опадів, особливо в весняний період, рання сівба насіння є одним з вагомих способів отримати сходи. На відміну від умов Ялтушківської ДСС вплив вологи на схожість рослин в умовах Іванівської ДСС прослідковується більш чіткіше та взаємодія факторів погодних умов і строків сівби склала 15,7 %, погодних умов і сорту – 2,1 %, сорту і строку сівби – 9,0 %, взаємодія всіх факторів (погодних умов, сорту і строків сівби) – 8,4 %. Тоді як частка впливу сортових особливостей становила 8,4 % інші не досліджувані фактори становлять 0,9 %.

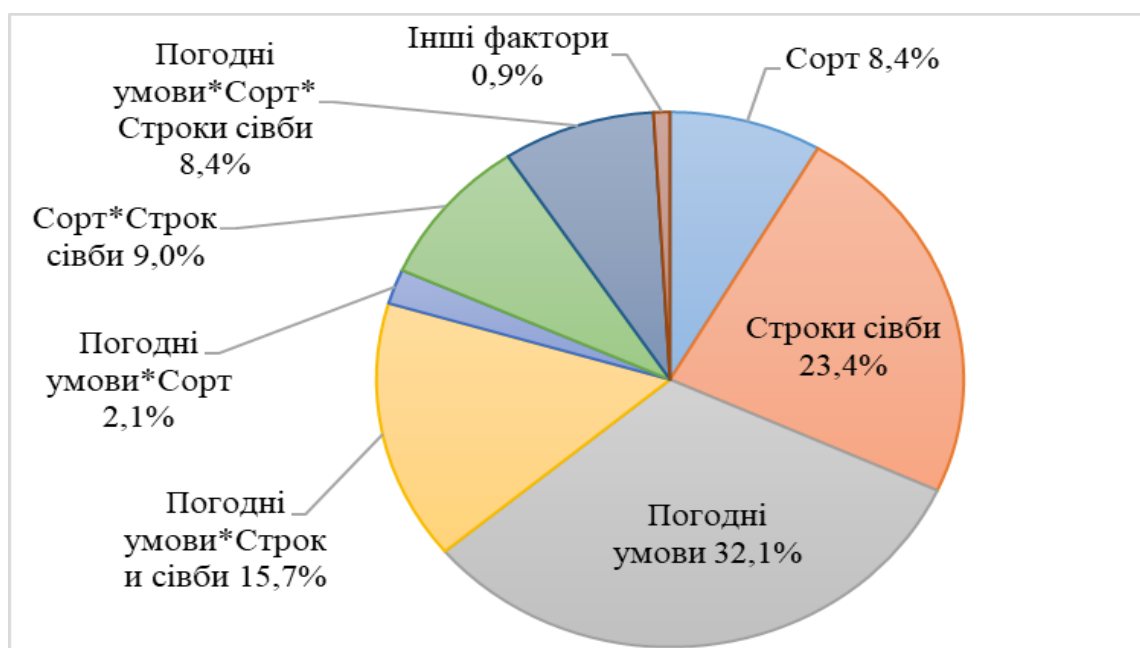


Рис 3.14. Частка впливу досліджуваних факторів на польову схожість насіння сорго звичайного двокольорового, %, ІДСС

Також було встановлено вплив факторів на польову схожість насіння в умовах Веселоподільської ДСС (рис. 3.15). При цьому визначено, що

найбільший вплив мали погодні умови – 29,0 % та строки сівби – 18,0 %, а частка впливу сортових особливостей становила 12,0 %.

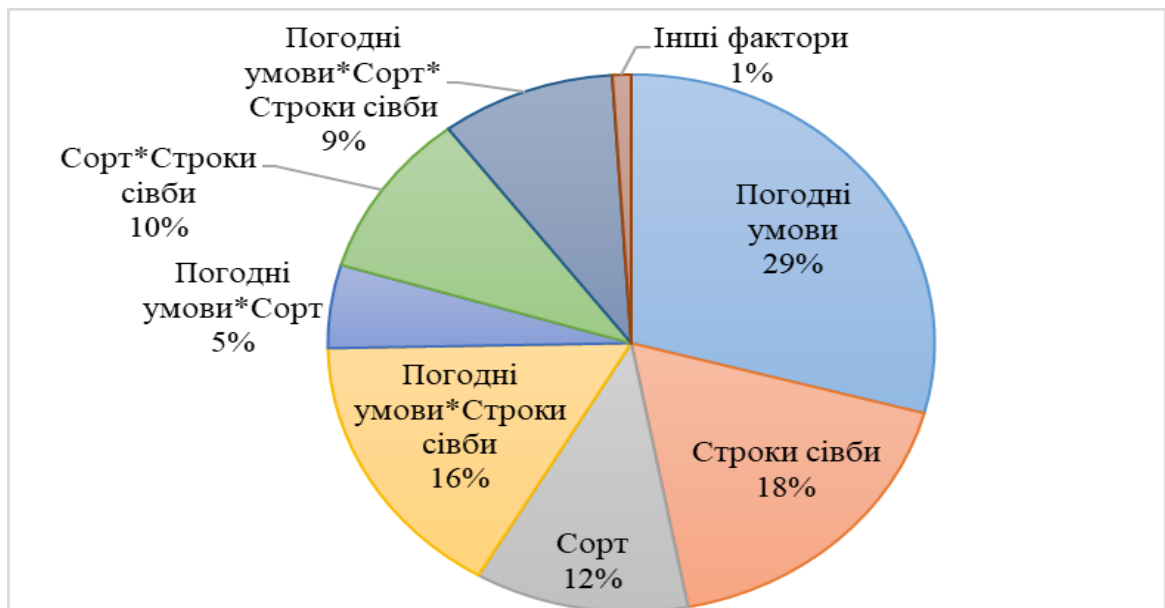


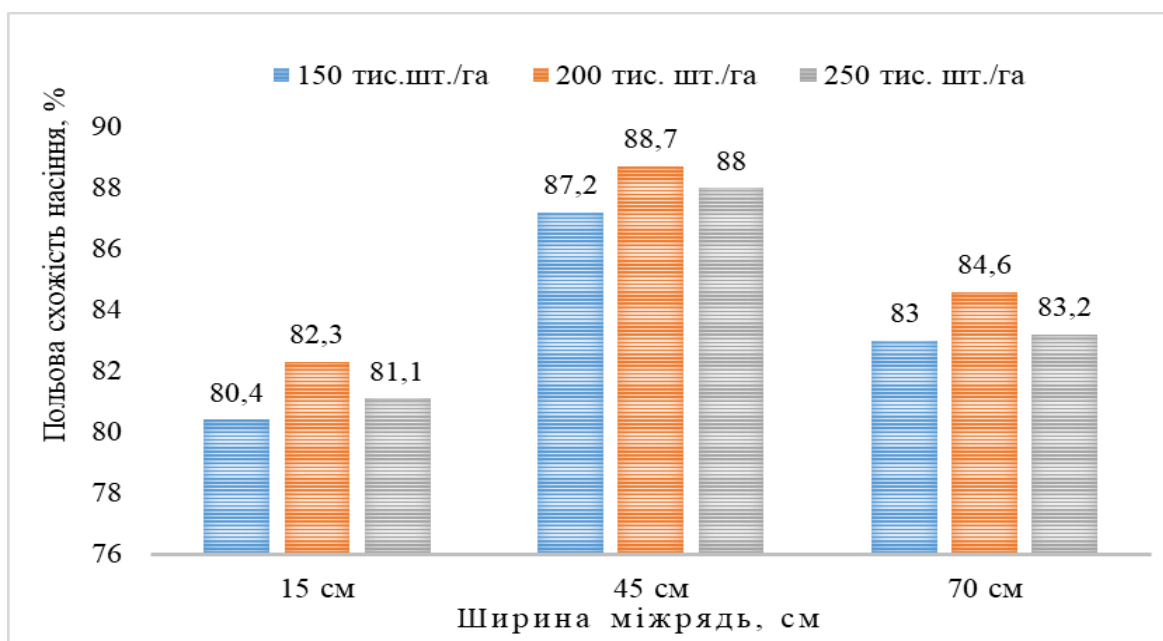
Рис. 3.15. Частка впливу досліджуваних факторів на польову схожість насіння сорго звичайного двокольорового, %, ВПДСС

Взаємодія погодних умов і строків сівби становила 16,0 %, погодних умов і сорту – 5,0 %, сорту і строку сівби – 10,0 %, взаємодія всіх факторів (погодних умов, сорту і строків сівби) – 9,0 %, а інші не досліджувані фактори становлять 1,0 %.

Відповідно до параметрів ширини міжрядь та кількості висіяних насінин змінювалася й польова схожість обох сортів культури (рис. 3.16, 3.17).

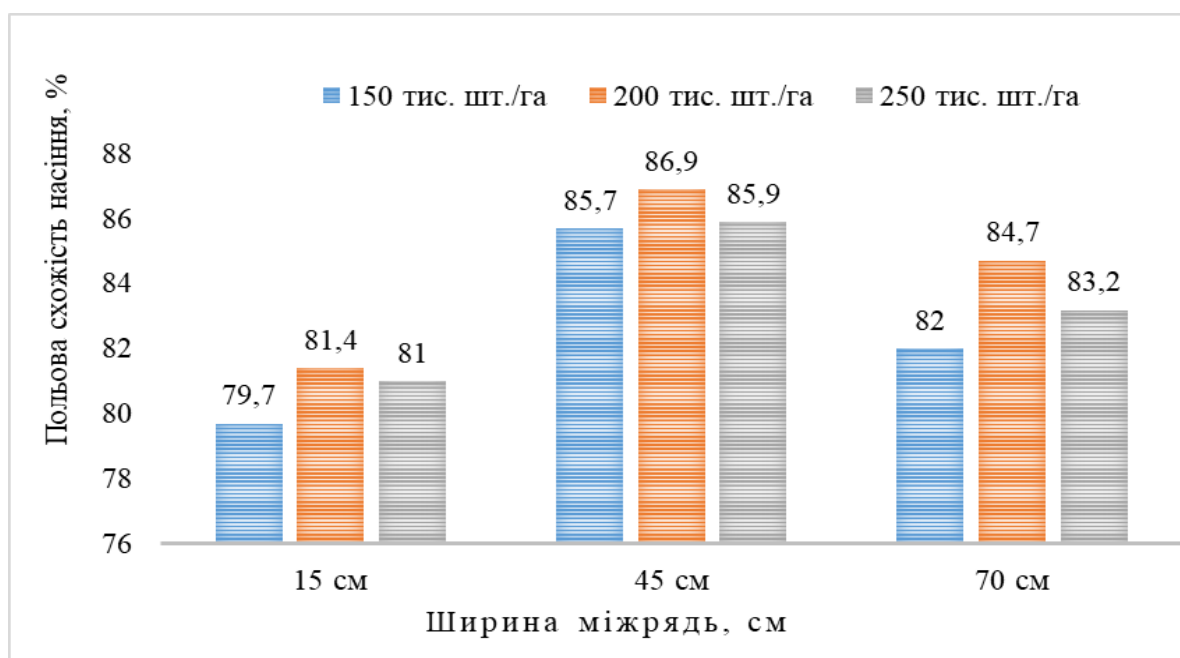
За сівби насіння із шириною міжрядь 45 см та норми висіву 200 тис. шт./га його польова схожість була найвищою й становила 88,7% у сорту Дніпровський 39 та 86,9% у сорту Вінець. За цієї ж ширини міжрядь, але норми висіву 150 та 250 тис. насінин/га, польова схожість була дещо меншою: Дніпровський 39 – 87,2 та 88,0%, Вінець – 85,7 та 85,9% відповідно.

Насіння, висіяне широкорядним способом (70 см), мало дещо нижчу польову схожість, яка за норми висіву 150, 200 та 250 тис. шт./га становила в сорту Дніпровський 39 – 83,0; 84,6 та 83,2%; у Вінець – 82,0; 84,7 та 83,2% відповідно.



НІР_{0,05} А – 1,68; В – 1,68; С – 1,12; АВС – 2,53

Рис. 3.16. Польова схожість насіння сорго звичайного двокольорового Дніпровський 39 залежно від ширини міжрядь та норми висіву, %, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС



НІР_{0,05} А – 1,68; В – 1,68; С – 1,12; АВС – 2,53

Рис. 3.17. Польова схожість насіння сорго звичайного двокольорового Вінець залежно від ширини міжрядь та норми висіву, %, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

За вузькорядної сівби (15 см) польова схожість висіяного насіння була найменшою і становила за норми висіву 150 тис. шт./га в сорту Дніпровський 39 – 80,4 %, у Вінець – 79,7 %; 200 тис. шт./га – 82,3 та 81,4 %, а за норми 250 тис. шт./га – 81,1 та 81,0 % відповідно.

У середньому по досліді в сорту Дніпровський 39 за ширини міжрядь 15 см вона становила 81,3%; 45 см – 87,9%; 70 см – 83,6%; у сорту Вінець – 80,7; 86,2 та 83,3% відповідно.

Щодо польової схожості насіння залежно від норми висіву, то в середньому по досліді в сорту Дніпровський 39 вона становила: 150 тис. шт./га – 83,5%; 200 тис. шт./га – 85,2%; 250 тис. шт./га – 84,1%; у сорту Вінець – 82,4; 84,3 та 83,4% відповідно.

Загалом у сорту Дніпровський 39 цей показник залежно від ширини міжрядь становив 84,3%, тоді як у сорту Вінець – 83,4%.

Отримавши дані варто проаналізувати особливості зміни факторів впливу на польову схожість насіння сорго звичайного двокольорового в умовах Білоцерківської ДСС (рис. 3.18).

На відміну від впливу умов вирощування в регіонах з певними відхиленнями температури повітря та вологості ґрунту (Іванівська та Веселоподільська ДСС) в умовах Білоцерківської ДСС частка впливу погодних умов на польову схожість насіння сорго звичайного двокольорового становила 20 %, тобто отримали нижчі показники, що пояснюється кращим рівнем вологозабезпечення умов проведення досліджень та особливо кращими за структурою ґрунтами на Ялтушківській ДСС ґрунтами, що є важливим для формування високого рівня сходів.

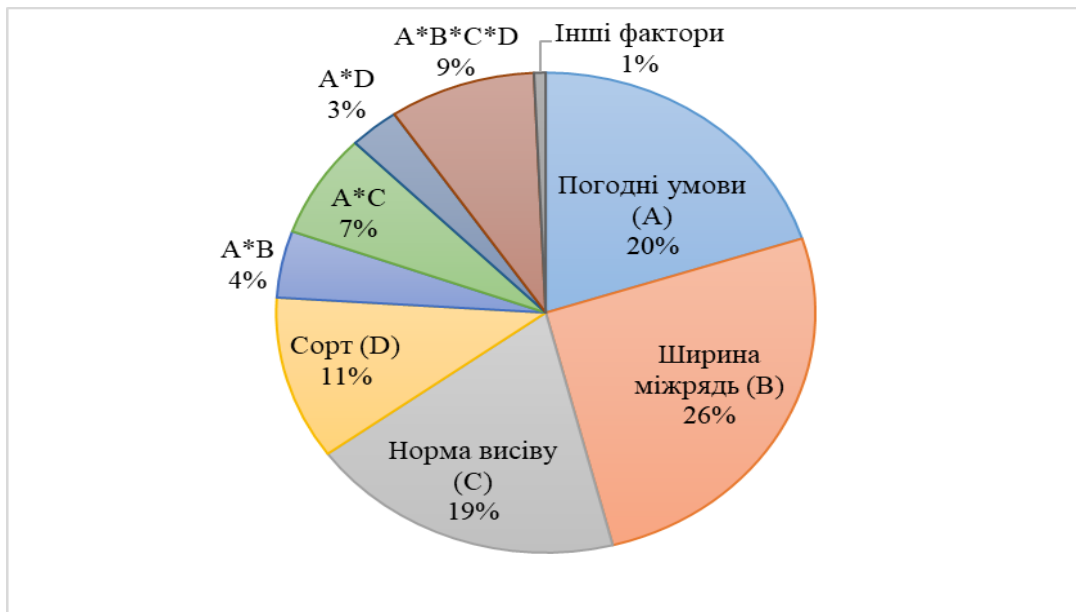
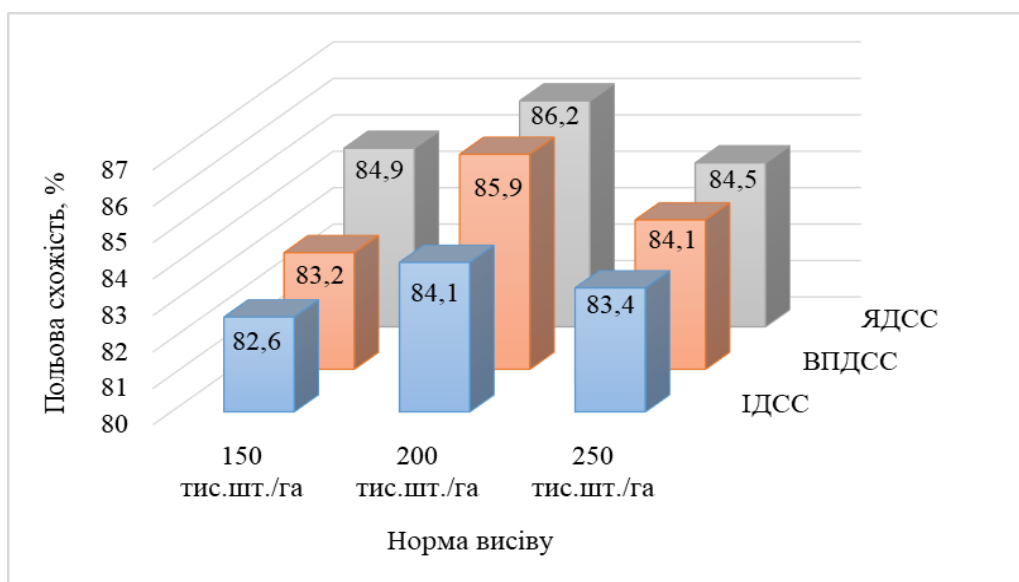


Рис. 3.18. Частка впливу досліджуваних факторів на польову схожість насіння сорго звичайного двокольорового, %, БЦДСС

За важливістю впливу факторів ширина міжрядь була на першому місці – 26 %, норма висіву насіння визначала 19 % впливу, біологічні особливості насіння певного сорту на 11 % та взаємодія усіх факторів досліджу – 9 %.

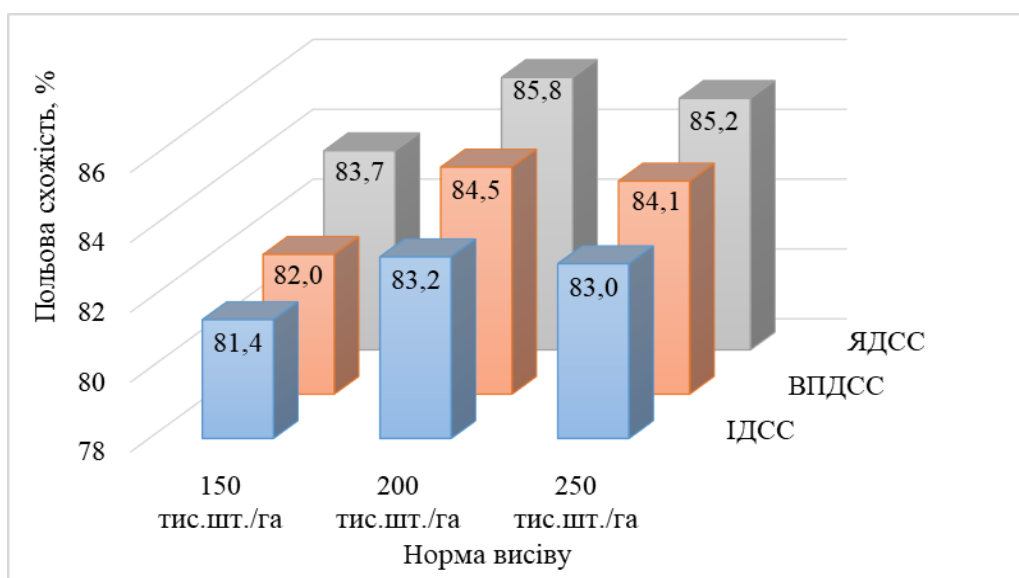
Польова схожість насіння різнилася залежно від умов вирощування та від норми висіву насіння (рис. 3.19). Із збільшенням норми висіву польова схожість підвищувалась, сходи були інтенсивнішими. У сорту Дніпровський 39 дорівнювала від 82,6 до 84,1 % за вирощування на Іванівській ДСС, від 83,2 до 85,9 % – на Веселоподільській ДСС та від 84,9 до 86,2 % – на Ялтушківській ДСС.

Польова схожість у сорту Самаран 6 була дещо меншою, що залежало від біологічних особливостей сортів (рис. 3.20). Однак спостерігається така ж тенденція – із зміною норми висіву змінювалась і польова схожість насіння досліджуваних сортів. Так, у сорту Самаран 6 на Іванівській ДСС за норми висіву 150 тис. шт./га вона дорівнювала 81,4 %, тоді як за 200 та 250 тис. шт./га вона була вищою на 2,2 та 1,9 %. На Веселоподільській ДСС вона становила за найменшої норми висіву 83,2 %, а із збільшенням норми до 200 та 250 тис. шт./га вона підвищувалась до 85,9 та 84,1 %. На Ялтушківській ДСС польова схожість насіння дорівнювала в межах від 84,5 до 86,2 %.



НІР_{0,05} А – 1,03; В – 1,03; С – 0,95; АВС – 1,84

Рис. 3.19. Польова схожість насіння сорту Дніпровський 39 залежно від норми висіву, %, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС, ВПДСС, ЯДСС



НІР_{0,05} А – 1,03; В – 1,03; С – 0,95; АВС – 1,84

Рис. 3.20. Польова схожість насіння сорту Самаран 6 залежно від норми висіву, %, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС, ВПДСС, ЯДСС

Отримавши дані щодо польової схожості насіння виникає необхідність визначити особливості зміни факторів впливу на польову схожість насіння сорго (рис. 3.21).

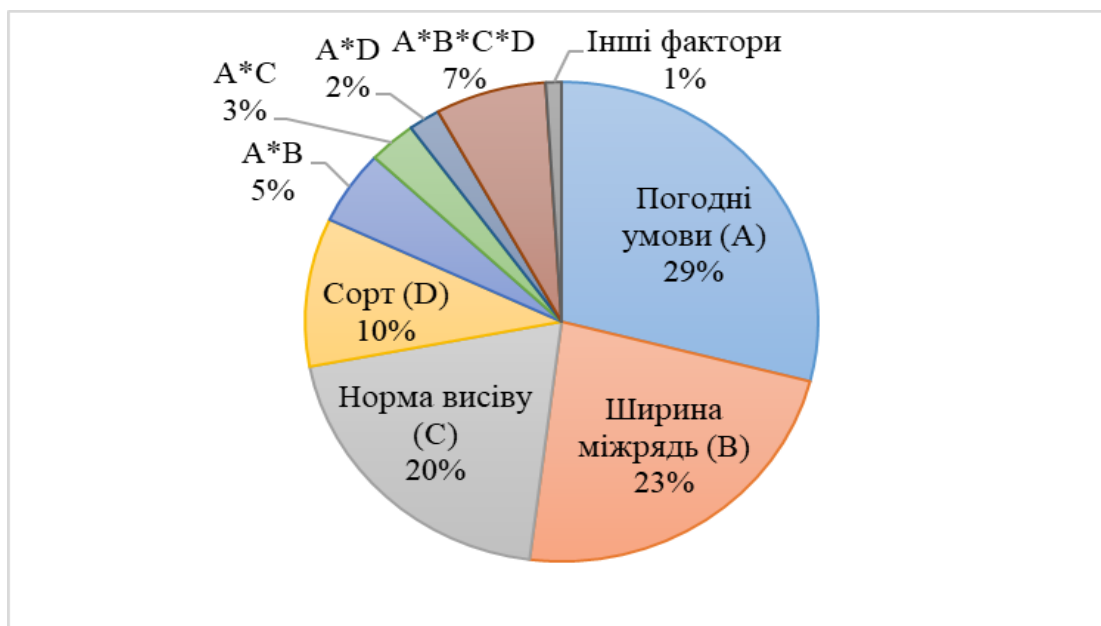


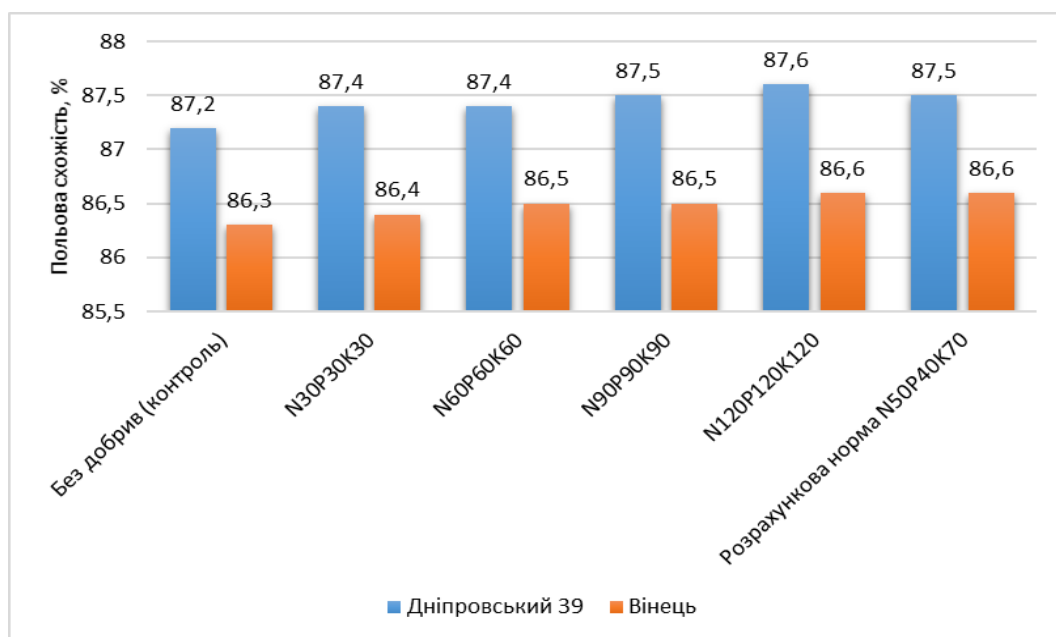
Рис. 3.21. Частка впливу досліджуваних факторів на польову схожість насіння сорго звичайного двокольорового залежно від норми висіву насіння, %, ІДСС, ВПДСС, ЯДСС

Проаналізувавши вплив факторів на польову схожість насіння, отримано досить високі значення впливу погодних умов в роки проведення дослідів (29 %). Фактично у фактор впливу погодних умов віднесені основні взаємодії між агрокліматичним зонами и ІДСС, ВПДСС, ЯДСС. Проте, зважаючи на схему досліді, вичленити ці взаємозв'язки впливу ми не ставили на меті.

Щодо вагомості впливу факторів досліді, то ширина міжрядь визначала на 23 % польову схожість насіння, а норма висіву в середньому на 20 %, тоді як сортові особливості лише на 10 %.

Серед взаємодій факторів найбільш вагомий вплив мало комплексне поєднання умов вегетаційного періоду, ширини міжрядь та норми висіву з біологічними особливостями сорту – 7 %.

Високі показники польової схожості насіння сорго звичайного двокольорового спостерігалися залежно від сортових особливостей та доз мінеральних добрив, і у сорту Дніпровський 39 змінювалась в межах від 87,2 до 87,6 %; у сорту Вінець від 86,3 до 86,6 % (рис. 3.22).



HP_{0,05} A – 0,35; B – 0,41; AB – 0,84

Рис. 3.22. Польова схожість насіння сорго звичайного двоколірного залежно від доз добрив, БЦДСС, середнє за 2016–2020 рр.

Однак результати дисперсійного аналізу (рис. 3.23), показали, що найбільший вплив на польову схожість насіння мали погодні умови – 27,1 %, частка впливу сорту і удобрення складала 9,5 та 13,2 %.

Взаємодія факторів погодних умов з добривами становила 14,5 %, погодних умов та сорту 17,8 %. Дещо менша частка впливу належала взаємодії факторів сорт та дози добрив – 9,8 % та взаємодії всіх факторів (погодних умов, сорту та доз добрив) – 7,4 %. Іншим недосліджуваним факторам належить найменша частка – 0,7 %.

Дослідження з вивчення ефективності впливу різних доз добрив на Ялтушківській, Веселоподільській та Іванівській станціях показує, що польова схожість була різною і зростала за максимальної дози добрив N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ (рис. 3.24). Найменшою польова схожість відмічена на варіанті контроль (без добрив) і змінюється у сорту Дніпровський 39 від 84,0 до 85,2 %, у сорту Самаран 6 від 79,0 до 85,0 % залежно від умов вирощування.

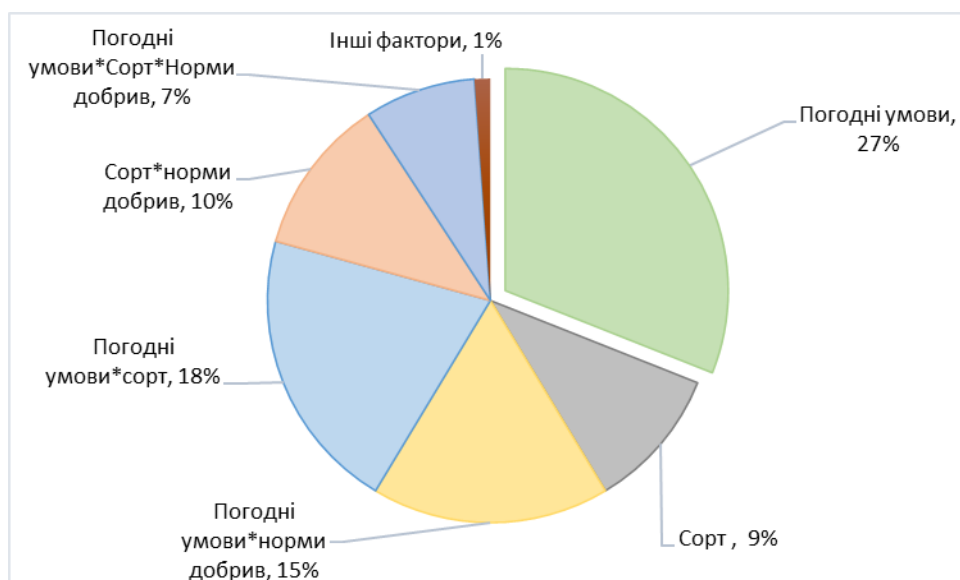
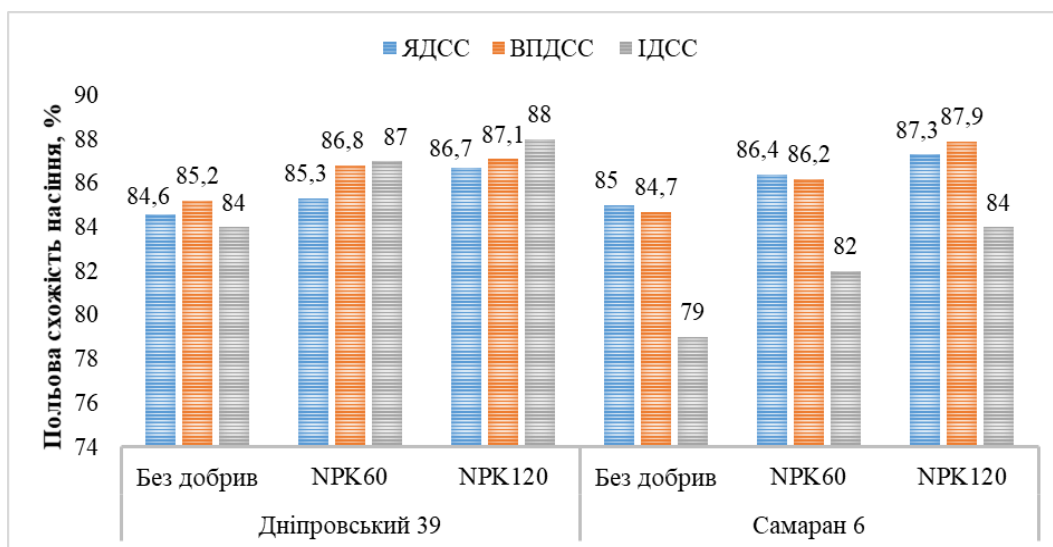


Рис. 3.23. Частка впливу досліджуваних факторів на польову схожість насіння сорго звичайного двокольорового, %, БЦДСС, середнє за 2016–2020 рр.



НІР_{0,05} А – 0,35; В – 0,41; С – 0,63; АВС – 0,98

Рис. 3.24. Польова схожість насіння сорго звичайного двокольорового залежно від доз добрив, ЯДСС, ВПДСС, середнє за 2018–2020 рр., ІДСС, середнє за 2019–2022 р.

Залежно від умов проведення досліджень та елементів технології вирощування і сортових особливостей різнилася польова схожість насіння (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Лабораторна та польова схожість насіння досліджуваних сортів сорго звичайного двокольорового, %, середнє за 2020–2022 р.

Місце проведення досліджень	Лабораторна схожість насіння			Польова схожість насіння		
	Сорт					
	Сват	Смотрич	Ярона	Сват	Смотрич	Ярона
БЦДСС	85,0	79,0	90,0	79,0	75,0	86,0
ЯДСС				75,0	72,0	85,0
НІР _{0,05}				2,69 (БЦДСС)		
				2,16 (ЯДСС)		

Лабораторна схожість насіння досліджуваних сортів залежала від сортових особливостей і становила для гібрида Сват – 85,0 %, Смотрич – 79,0 %, Ярона – 90,0 %. Польова схожість залежала від умов вирощування. Так, за вирощування сорго звичайного двокольорового в умовах Білоцерківської ДСС польова схожість становила у гібрида Сват – 79,0 %, у сорту Смотрич 75,0 %, у сорту Ярона – 86,0 %, за сівби в умовах Ялтушківської ДСС польова схожість цих сортів була нижчою на 4,0; 3,0 та 1,0 %, відповідно.

Таким чином, в умовах Лісостепу України польова схожість насіння залежала від запасів продуктивної вологи, сортових особливостей та елементів технології вирощування. Вологість та температура ґрунту – фактори, що значно впливають не лише на польову схожість насіння, а й на подальший ріст, розвиток та продуктивність сорго звичайного двокольорового.

3.3. Вплив передпосівної обробки насіння стимулятором росту на його схожість, інтенсивний ріст і розвиток рослин

Дослідження з ефективності передпосівного оброблення насіння стимулятором росту проводили в умовах Білоцерківській ДСС. Встановлено

достовірне підвищення енергії проростання насіння на 2,3 %, лабораторної схожості – на 3,2 % та польової схожості – на 4,3 %, порівняно з контролем (табл. 3.8).

Застосування стимулятора росту мало позитивний вплив на швидкість і дружність появи сходів сорго звичайного двокольорового порівняно з контролем, де насіння лише оброблялося водою. Польова схожість насіння була меншою за лабораторну, що зумовлено гідротермічними показниками в період сівби та отримання сходів. У варіанті де насіння обробляли водою вона становила 87,2 %, що менше на 7,4 % за лабораторну. У варіанті з обробкою насіння стимулятором росту на 6,3 % польова схожість була нижчою за лабораторну.

Таблиця 3.8

**Показники якості насіння залежно від оброблення,
середнє за 2016 – 2019 рр., БЦДСС**

Показники якості зерна	Варіант		НІР _{0,05}
	Оброблення водою (контроль)	Оброблення насіння стимулятором росту	
Енергія проростання насіння, %	91,1	93,4	1,4
Лабораторна схожість насіння, %	94,6	97,8	1,7
Польова схожість насіння, %	87,2	91,5	2,1

Інтенсивність тривалості періоду вегетації та біометричні показники також залежали від оброблення насіння та обприскування посівів стимулятором росту (табл. 3.9). Так, найдовший період вегетації спостерігається у варіанті з обробленням насіння та посівів стимулятором росту і становить 105 діб, тоді як за оброблення насіння стимулятором росту на 9 діб менше.

У варіантах де насіння не оброблене, але обприскувалися посіви тривалість періоду вегетації складала 96 діб, а у варіанті де оброблялося насіння і посіви період вегетації був найкоротшим – 92 доби. Це пояснюється тим, що

обприскування посівів в період вегетації сприяє гармонізації процесів їх розвитку, збільшенню продуктивності, підвищенню стійкості до несприятливих умов вирощування і хвороб. А оброблення насіння забезпечує швидкий ріст і розвиток рослин, отримання рівномірних та дружніх сходів.

Таблиця 3.9

Інтенсивність періоду вегетації та показників росту і розвитку рослин сорго звичайного двокольорового залежно від стимулятора росту, середнє за 2016 – 2019 рр., БЦДСС

Показник Варіант		Тривалість періоду вегетації, діб	Висота рослин, см	Діаметр стебла, см	Кущистість рослин, шт./рослину
Оброблення насіння	Оброблення водою (контроль)	92		1,4	1,8
	Оброблення стимулятором росту рослин	96		1,5	2,0
Обприскування посівів	Насіння без оброблення + обприскування посівів стимулятором росту рослин	100		1,5	2,0
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	105		1,7	2,5
NIP _{0,05}		A–0,9 B–0,8 AB–1,0	A–1,2 B–1,1 AB–2,2	A–0,03 B–0,04 AB–0,2	A–0,07 B–0,06 AB–0,3

Висота рослин різнилася по варіантах і становила 118,6 см без застосування стимулятора росту, у варіанті, де насіння оброблялося стимулятором росту – 120,4 см. За оброблення стимулятором росту лише насіння спостерігалася тенденція збільшення висоти рослин до 120,4 см, водночас як у варіанті контроль вона становила 118,6 см. Застосування стимулятора росту для

передпосівної обробки насіння і посіву забезпечило достовірне збільшення висоти рослин, яка становила 130,2 см або була більшою на 7,4 см ($HP_{0,05} = 2,2\text{см}$), порівняно з обприскуванням посівів цим препаратом.

Діаметр стебла залежно від впливу факторів змінювався у межах від 1,4 до 1,7 см, достовірне збільшення цього показника було лише за комплексного застосування стимулятора росту за оброблення насіння і посівів.

Аналогічні результати отримані у визначенні кущіння рослин. Комплексне використання стимулятора росту для передпосівного оброблення насіння і посівів забезпечило істотне підвищення кущистості рослин, яка становила 2,5 шт./рослину. Одноразове обприскування посівів стимулятором росту також забезпечило достовірне збільшення біометричних показників рослин і сприяло зменшенню терміну їх вегетації.

Отже, обприскування посівів стимулятором росту та комплексне застосування стимулятора росту для передпосівного оброблення насіння і посівів забезпечило достовірне підвищення польової схожості насіння, біометричних показників рослин та сприяло збільшенню тривалості періоду вегетації культури, порівняно як з контролем, так і з лише обробленим насінням.

3.4. Особливості формування агрофітоценозу культури залежно від умов та елементів технології вирощування

Період вегетації у сорго, як і у інших культур, складається із декількох фаз розвитку: проростання, яке характеризується появою зародкового корінчика; сходи – розвертання першого справжнього листка; кущіння; вихід у трубку; викидання волоті; цвітіння; дозрівання (молочна, воскова і повна стиглість).

Результати досліджень показали, що залежно від груп стиглості тривалість періоду вегетації різнився у 7–8 діб при закладанні дослідів в умовах Білоцерківської ДСС, та у 9–10 днів в умовах нестійкого зволоження Ялтушківської ДСС (табл. 3.10).

Так, у гібрида Сват період вегетації становив 108–109 діб, у сорту Смотрич 116–119 діб, у сорту Ярона 123–128 діб.

Періоди вегетації також різнилися залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування і різниця їх склала 2–5 діб.

Таблиця 3.10

Тривалість міжфазних періодів сорго звичайного двокольорового залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування та груп стиглості сортів, діб, середнє за 2020–2022 р.

Місце проведення досліджень	Гібрид / сорт, за стиглістю	Міжфазний період								
		сходи – 3–4 листка	3–4 листка – кущіння	кущіння – вихід у трубку	вихід у трубку – стеблування	стеблування – викидання волоті	цвітіння – формування зернівки	молочно – воскова стиглість	воскова – повна стиглість	Всього за період вегетації
БЦДСС	Сват (ранньостиглий)	12	15	13	12	8	18	19	11	108
	Смотрич (середньостиглий)	14	16	13	13	9	18	21	12	116
	Ярона (пізньостиглий)	14	17	14	13	10	19	20	16	123
ЯДСС	Сват (ранньостиглий)	13	13	13	12	8	19	19	12	109
	Смотрич (середньостиглий)	15	15	14	13	8	20	20	14	119
	Ярона (пізньостиглий)	14	17	13	15	9	22	22	17	128
НІР _{0,05}		2	2	1	2	1	2	3	1	4

Досліджувані елементи технології вирощування також впливали на інтенсивність росту та розвитку рослин (табл. 3.11). Так, залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування та різних груп стиглості сортів висота рослин різнилася. В умовах нестійкого зволоження Білоцерківської ДСС висота рослин у досліджуваних сортів у III декаді червня становила 36–45 см, у кінці липня 79–86 см, у III декаді серпня 90–105 см та на період збирання 91–106 см. Кількість листків різнилася залежно по сортах і наростання їх відбувалося до періоду цвітіння, а надалі їх кількість зменшувалася і відбувалося відмирання нижніх

листіків за рахунок перегрупування поживних речовин з вегетативних органів в генеративні, на період збирання їх кількість мінімальна, зелені листки практично відсутні. Діаметр стебла на період збирання 1,50–1,65 см.

Таблиця 3.11

Інтенсивність росту та розвитку рослин сорго звичайного двокольорового різних груп стиглості залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування, середнє за 2020–2022 р.

Місце проведення досліджень	Сорт/гібрид	Фаза повної стиглості		
		Висота рослин, см	Кількість листків, шт.	Діаметр стебла, см
БЦДСС	Сват (ранньост.)	100	2	1,46
	Смотрич (середньост.)	106	2	1,53
	Ярона (пізньостиг.)	91	3	1,65
ЯДСС	Сват (ранньост.)	101	3	2,0
	Смотрич (середньост.)	112	2	2,40
	Ярона (пізньостиг.)	90	2	2,19
БЦДСС	НІР _{0,05}	3,7	1,6	0,03
ЯДСС		4,2	1,7	0,24

Отже, на основі отриманих показників росту і розвитку рослин, в умовах нестійкого зволоження Білоцерківської та Ялтушківської ДСС найкращі умови склалися для ранньостиглих і середньостиглих сортів.

Вирощуванням сорго звичайного двокольорового займалося багато науковців [38–41]. Проте питання з дослідження впливу строків сівби та глибини загортання насіння сорго звичайного двокольорового на інтенсивність росту та розвитку рослин в умовах Лісостепу України є актуальним для вивчення.

За даними науковців [42, 43], досліджено, що урожайність насіння сорго звичайного двокольорового залежить від строків сівби, де однією з умов є прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до 16 °С, сівба насіння в

непрогрітий ґрунт призводить до пошкодження грибковими хворобами, ґрунтовими шкідниками, пліснявіння і відповідно загибелі.

Запізнення з строками сівби, призводить до підсихання верхнього шару ґрунту, що негативно впливає на отримання рівномірних і дружних сходів. Через нестачу вологи в ґрунті, погано розвивається коренева система сорго, що призводить до зниження його стійкості проти посухи. Оптимальним строком сівби сорго звичайного двокольорового є сівба у другу декаду травня. Сівба у наступні декади зумовлює затримку в проростанні насіння, де лімітуючим фактором є недостатня вологість ґрунту на глибині загортання насіння [33, 44].

Вивчення елементів технології вирощування в комплексі, строків сівби та глибини загортання насіння, в умовах нестійкого зволоження Білоцерківської ДСС сортів Дніпровський 39 та Вінець показали вплив на ріст і розвиток рослин впродовж всього періоду вегетації (табл. 3.12).

Зокрема спостерігався вплив на інтенсивність тривалості міжфазних періодів, росту та розвитку рослин сорго звичайного двокольорового сортів Дніпровський 39 та Вінець. Важливе значення у тривалості періоду «сівба – сходи» відіграє температура ґрунту та наявність вологи на глибині загортання насіння. У досліджуваних сортів за сівби насіння при температурі ґрунту 5–6 °С (ІІІ декаді квітня) період «сівба – сходи» становив в середньому 9–10 діб, за сівби при температурі ґрунту 12–14 °С (І декада травня) цей період скорочувався на 1–3 доби і становив 7–9 діб. За найпізнішого строку сівби, коли температура ґрунту була 16–18 °С (ІІ декада травня) цей період був від 8 до 10 діб. Міжфазний період від появи до повних сходів становив в середньому по досліді 4–5 діб.

Період появи 3–4 листків та період кушіння складав відповідно 5 та 15–17 діб у сорту Дніпровський 39 й 4 та 13–16 діб у сорту Вінець. Тривалість періоду від повних сходів до цвітіння у сорту Дніпровський 39 становила в середньому 53 – 58 діб, у сорту Вінець 50 – 55 діб.

Кількість діб від повних сходів і до збирання у сорту Дніпровський 39 в середньому по досліді змінювалась в межах від 109 до 118 діб, у сорту Вінець – від 93 до 104 діб.

Таблиця 3.12

**Тривалість міжфазних періодів сорго звичайного двокольорового залежно
від строків сівби та глибини загортання насіння, діб,
середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС**

Сорт	Температура грунту °С, на глибині 10 см	Глибина загортання насіння, см	Міжфазний період								
			сходи – 3–4 листка	3–4 листка – куціння	куціння – вихід у трубку	вихід у трубку – стеблування	стеблування – викидання волоті	цвітіння – формування зернівки	молочно – воскова стиглість	воскова – повна стиглість	Всього за період вегетації
Дніпровський 39	5–6 °С	2	18	16	13	14	6	18	21	12	118
		4	17	16	13	13	6	18	21	12	116
		6	17	16	13	13	6	18	21	12	116
		8	18	16	13	13	6	18	21	12	117
	12–14 °С	2	16	16	13	12	6	18	20	12	113
		4	16	15	13	12	5	18	19	11	109
		6	16	15	13	12	5	18	19	11	109
		8	16	15	14	12	5	21	20	12	115
	16–18 °С	2	17	15	14	13	5	19	20	12	116
		4	17	15	14	13	5	19	20	12	115
		6	17	16	14	13	5	19	20	12	116
		8	18	17	14	13	5	19	20	12	118
Вінець	5–6 °С	2	18	16	13	13	5	20	20	13	118
		4	18	14	13	13	5	20	20	12	115
		6	17	14	13	13	5	20	20	12	114
		8	18	14	13	13	5	20	20	13	116
	12–14 °С	2	16	14	12	12	5	19	19	12	109
		4	15	13	13	12	5	17	18	12	105
		6	15	13	13	12	5	17	18	12	105
		8	16	13	13	12	5	19	19	12	109
	16–18 °С	2	18	13	13	13	6	22	19	12	116
		4	17	13	13	12	5	21	19	12	112
		6	17	13	13	12	5	21	19	12	112
		8	17	13	13	12	6	22	19	13	115

Щодо глибини загортання насіння, то різниця тривалості міжфазних періодів росту й розвитку рослин була в 1–2 доби. Швидше розвивались рослини за глибини загортання насіння 4–6 см в обох сортів. В цілому в досліді період вегетації у сортів змінювалась у межах від 105 до 118 діб.

Відомо, що на початку вегетації (період «сходи-кущіння») рослини сорго повільно формують надземну масу, так як в цей період відбувається активний розвиток кореневої системи [45].

Результати досліджень (табл. 3.13) свідчать, що за сівби насіння при температурі 12–14 °С (І декада травня) проходження періоду інтенсивного росту і розвитку відбувалось за сприятливіших погодних умов. Тому, вищі рослин сорго звичайного двокольорового відмічені за сівби з температурою ґрунту 12–14 °С – 131,5 та 134,9 см у сорту Дніпровський 39 та 119,4 та 122,0 см у сорту Вінець, за глибини загортання насіння 4 та 6 см. Дещо нижчими були рослини за сівби при температурі ґрунту 5–6 °С (ІІІ декада квітня) та за температури ґрунту 16–18 °С (ІІ декада травня) їх висота становила відповідно 129,9 та 132,5 см і 124,0 та 127,7 см у сорту Дніпровський 39 та 117,4 та 117,9 см і 115,3 та 119,4 см у сорту Вінець.

З літературних джерел відомо, що кушіння у сорго залежить від сортових особливостей і умов вирощування. Кущисті форми утворюють від 2 до 4 і більше повністю розвинених стебел, що відходять від вузла кушіння та є позитивною особливістю, так як сприяють збільшенню продуктивності.

Достовірно висока кущистість спостерігається за сівби насіння, коли температура ґрунту становила 12–14 °С на всіх глибинах загортання насіння, найвищою вона була за глибини загортання 4 та 6 см і становила, відповідно – 2,6 та 2,8 штук на рослину у сорту Дніпровський 39 і 1,8 та 2,0 у сорту Вінець. За сівби насіння сорго звичайного двокольорового як за нижчої, так за вищої температури ґрунту на період сівби кущистість істотно знижувалась (табл. 3.13).

Діаметр стебла – це показник, який характеризує ріст рослин сорго звичайного двокольорового і від якого залежить стійкість рослин та продуктивність. Цей показник коливався в середньому в досліді у сорту Дніпровський 39 і в сорту Вінець від 1,3 до 1,5 см, достовірної різниці по сортах залежно від строку сівби не виявлено. Глибина загортання насіння не мала значного впливу на цей показник.

Таблиця 3.13

**Інтенсивність росту і розвитку рослин сорго звичайного двокольорового
залежно від строків сівби та глибини загортання насіння,
середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС**

Сорт	Температура грунту, °С, на глибині 10 см	Глибина загортання насіння, см	Висота рослин, см	Діаметр стебла, см	Куцистість рослин, шт. стебел/рослину
Дніпровський 39	5–6 °С	2	126,0	1,4	1,6
		4	129,9	1,5	1,9
		6	132,5	1,4	2,0
		8	128,0	1,4	1,4
	12–14 °С	2	129,2	1,4	2,5
		4	131,5	1,5	2,6
		6	134,9	1,6	2,8
		8	130,6	1,4	2,3
	16–18 °С	2	122,1	1,3	1,9
		4	124,0	1,4	2,1
		6	127,7	1,4	2,2
		8	119,5	1,3	1,8
Вінець	5–6 °С	2	114,0	1,4	1,4
		4	117,4	1,4	1,4
		6	117,9	1,5	1,6
		8	112,2	1,3	1,3
	12–14 °С	2	116,8	1,5	1,7
		4	119,4	1,5	1,8
		6	122,0	1,5	2,0
		8	118,4	1,4	1,8
	16–18 °С	2	112,6	1,3	1,4
		4	115,3	1,4	1,6
		6	119,4	1,5	1,8
		8	116,9	1,4	1,7
НІР _{0,05}			А–0,55; В–0,68; С–0,68; АВС–1,82	А–0,11; В–0,15; С–0,15; АВС–0,38	А–0,17; В–0,28; С–0,28; АВС–0,63

Сівба насіння сорго звичайного двокольорового за температури ґрунту 12–14 °С (І декада травня) та глибина загортання 4–6 см є оптимальними і ми рекомендуємо для вирощування цієї культури в умовах Правобережного Лісостепу України, так як отримані максимальні значення показників росту та розвитку рослин (висота, кущіння, діаметр стебла), що позитивно впливають на підвищення продуктивності сорго звичайного двокольорового.

В умовах нестійкого зволоження на Іванівська ДСС встановлено, що строки сівби впливали не тільки на польову схожість насіння, а й на інтенсивність росту і розвитку рослин сорго звичайного двокольорового сортів Дніпровський 39 та Самаран 6.

У дослідженні висота рослин становила 118,2–122,3 см у сорго сорту Дніпровський 39 та 112,8–116,2 см у сорту Самаран 6, за сівби при температурі ґрунту 12–14 °С вона була достовірно більшою, порівняно з сівбою за меншої (5–6 °С) та більшої (16–18 °С) температури ґрунту (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

**Тривалість періоду вегетації та інтенсивність росту і розвитку сорго
звичайного двокольорового залежно від строків сівби,
середнє за 2016–2020 рр., ІДСС**

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Період вегетації, діб	Кущистість рослин, шт./роsl.	Висота рослин, см	Діаметр стебла, см
Дніпровський 39	5–6 °С	120	1,1	118,2	1,6
	12–14 °С	114	1,2	122,3	1,6
	16–18 °С	116	1,2	119,1	1,5
Самаран 6	5–6 °С	121	1,0	112,8	1,6
	12–14 °С	115	1,3	116,2	1,6
	16–18 °С	116	1,2	113,4	1,5
НІР _{0,05}		2,0	0,32	3,41	0,19

Кущистість рослин також залежала від сортових особливостей та строків сівби, але достовірної різниці залежно від елементів технології не виявлено.

Діаметр стебла рослин в середньому у досліді був майже однаковим і становив від 1,5 до 1,6 см, істотної різниці залежно від строків сівби та сортових особливостей не було.

В умовах нестійкого зволоження Ялтушківської ДСС та недостатнього зволоження Веселоподільської ДСС сівба сорго за температури ґрунту 5–6 °С (ІІІ декада квітня) та 16–18 °С (ІІ декада травня) призводила до зменшення інтенсивності росту і розвитку показників в порівнянні з сівбою за температури ґрунту 12–14 °С (І декада травня), це пояснюється тим, що у першому випадку лімітуючим фактором у період сівби було тепло, у другому – стримуючим фактором – волога (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

Інтенсивність росту і розвитку сорго звичайного двокольорового залежно від строків сівби, середнє за 2016–2020 рр.

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Період вегетації, діб	Кущистість рослин, шт./роsl.	Висота рослин, см	Діаметр стебла, см
Дніпровський 39	5–6 °С	$\frac{117^*}{115}$	$\frac{1,3}{1,2}$	$\frac{118}{116}$	$\frac{1,3}{1,5}$
	12–14 °С	$\frac{114}{113}$	$\frac{1,2}{1,3}$	$\frac{115}{111}$	$\frac{1,4}{1,6}$
	16–18 °С	$\frac{116}{110}$	$\frac{1,1}{1,2}$	$\frac{112}{110}$	$\frac{1,4}{1,5}$
Самаран 6	5–6 °С	$\frac{118}{116}$	$\frac{1,2}{1,2}$	$\frac{113}{111}$	$\frac{1,4}{1,5}$
	12–14 °С	$\frac{109}{112}$	$\frac{1,3}{1,4}$	$\frac{111}{109}$	$\frac{1,5}{1,6}$
	16–18 °С	$\frac{114}{108}$	$\frac{1,2}{1,3}$	$\frac{109}{110}$	$\frac{1,5}{1,5}$
НІР _{0,05}		$\frac{2}{3}$	$\frac{0,2}{0,1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{0,2}{0,3}$

*У чисельнику дані досліджень – ВПДСС, у знаменнику – ЯДСС

Так, період вегетації за сівби при температурі ґрунту 5–6 °С істотно збільшувався, ніж за інших строків сівби. Куцистість рослин залежала більш від сортових особливостей і становила у Дніпровський 39 – 1,1–1,3 шт./роsl., у Самаран 6 – 1,2–1,4 шт./роsl.

Висота рослин становила за сівби при температурі ґрунту 5–6 °С – 116–118 см у Дніпровський 39 та 111–113 см у сорту Самаран 6. Діаметр стебла рослин у досліді істотного відхилення не мав і становив від 1,3 до 1,6 см.

А отже, за сівби насіння у I декаді травня рослини були добре забезпечені теплом і вологою, що збалансовано позначилось на формуванні ними біометричних показників.

Таким чином, найбільш оптимальним строком є сівба насіння у другій декаді травня, коли достатньо запасів вологи в ґрунті та температура ґрунту на глибині загортання насіння становить 12–14°C. За таких умов спостерігається висока польова схожість, зменшується тривалість періоду вегетації, покращується інтенсивність росту і розвитку рослин сорго.

Отримання високої продуктивності сорго звичайного двокольорового можливе лише за формування оптимальної густоти стеблостою та рівномірного розподілу рослин на посівній площі з урахуванням морфологічних особливостей досліджуваних сортів. Із шириною міжрядь і густотою посівів тісно пов'язані важливі функції рослин, як-от живлення, транспірація, тривалість вегетаційного періоду, ріст і розвиток рослин тощо [46–48].

За даними М. О. Бойка [49], Л. Х. Макарова та М. В. Скорого [50], оптимальним є широкорядний спосіб сівби з міжряддям 70 см. Однак в умовах Півдня України доцільніше висівати низькоросле сорго звичайне двокольорове за ширини міжрядь 45 см. За таких умов приріст урожайності зерна, порівняно з міжряддями 70 см, становив приблизно 0,5 т/га.

В умовах Лісостепу України для одержання врожайності зерна на рівні 8,0–8,3 т/га сорго звичайне двокольорове рекомендується висівати нормою 300–400 тис. насінин/га за ширини міжрядь 45 см та з унесенням мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$ [35].

За даними С. М. Каленської та В. М. Найдено [51], в умовах Лівобережного Лісостепу України максимальну врожайність гібриди сорго звичайного двокольорового формували за сівби з міжряддями завширшки 50 см.

Пряму залежність між способом сівби, нормою висіву й тривалістю фенофаз встановлено дослідниками в умовах Східного Лісостепу України [52]. Зокрема, спостерігалось скорочення фази виходу в трубку в результаті послаблення ценотичної напруги між рослинами в посівах у разі зменшення норм висіву насіння та звуження ширини міжрядь із 70 до 45 см і, відповідно, збільшення тривалості періодів кушіння і формування–достигання зерна за дії цих же чинників.

Водночас сьогодні практично відсутні результати досліджень щодо особливостей росту й розвитку рослин сорго звичайного двокольорового залежно від впливу ширини міжрядь і норм висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу України, що, власне, і визначає актуальність проведення таких досліджень.

Ширина міжрядь та норма висіву насіння сорго звичайного двокольорового обох сортів впливали як на тривалість періоду вегетації культури, так і на інтенсивність росту та розвитку рослин загалом. Найкоротшим період вегетації був за ширини міжрядь 45 см і залежно від норми висіву змінювався від 108 до 111 діб у сорту Дніпровський 39 та від 106 до 111 діб у сорту Вінець (табл. 3.16). За сівби насіння із шириною міжрядь 15 см період вегетаційний був дещо більшим і змінювався від 117 до 119 діб у сорту Дніпровський 39 та від 115 до 117 діб у сорту Вінець. Найдовший період вегетації відзначено за сівби із шириною міжрядь 70 см: у сорту Дніпровський 39 він становив 116–120 діб, у сорту Вінець – 114–119 діб.

Щодо норми висіву, то цей чинник не мав істотного впливу на тривалість фенологічних фаз росту й розвитку рослин: з її збільшенням від 150 до 250 тис. насінин/га різниця змінювалась від однієї до двох діб.

Таблиця 3.16

Тривалість фенологічних фаз сорго звичайного двокольорового залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння, діб, середнє за 2016–2020 рр.,

БЦДСС

Сорт	Ширина міжрядь, см	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Тривалість фенологічних фаз								
			сходи – 3–4 листка	3–4 листка – кушіння	кушіння – вихід у трубку	вихід у трубку – стеблуння	стеблуння – викидання волоті	цвітіння – формування зернівки	молочно – воскова стиглість	воскова–повна стиглість	Всього за період вегетації
Дніпровський 39	15	150	16	16	13	14	9	18	21	12	119
		200	15	16	13	14	9	18	20	12	117
		250	15	17	13	14	9	18	20	12	118
	45	150	14	15	12	13	9	17	19	12	111
		200	13	15	12	13	8	17	19	11	108
		250	13	15	13	13	8	18	19	11	110
	70	150	14	17	13	14	8	18	20	12	116
		200	14	18	13	14	9	19	20	13	120
		250	14	18	13	14	9	19	20	13	120
Вінець	15	150	15	16	13	13	9	19	20	12	117
		200	14	15	13	13	9	19	20	12	115
		250	14	15	13	13	9	20	20	12	116
	45	150	13	14	13	13	8	19	19	12	111
		200	13	13	12	12	8	18	19	11	106
		250	13	14	13	12	8	18	19	11	108
	70	150	14	15	13	13	8	19	20	12	114
		200	14	16	13	13	9	19	20	12	116
		250	14	16	13	14	9	20	20	13	119
НІР _{0,05}			1	2	1	2	1	2	2	1	3

Одним із основних морфо-фізіологічних показників рослин є їхня висота [53].

На час збирання врожаю сорго звичайного двокольорового достовірно вищі рослини спостерігаються за сівби з шириною міжрядь 45 см: у сорту Дніпровський 39 за норми висіву насіння 150, 200 та 250 тис. шт./га – 130,9; 137,3 та 134,8 см; у сорту Вінець – 120,3; 121,8 та 120,7 см, відповідно (табл. 3.17). За ширини міжрядь 15 см цей показник становив 128,4; 134,7 і 133,1 см та 119,6; 120,4 та 119,6 см за сортами відповідно. За сівби із шириною міжрядь 70 см рослини були дещо нижчими: у сорту Дніпровський 39 від 127,8 до 131,1 см, у Вінець від 118,9 до 120,7 см. Норми висіву також істотно впливали на формування висоти рослин, їх діаметру та куцистості.

Діаметр (товщина) стебла характеризує ріст рослин сорго, від якого залежить їхня стійкість до вилягання й продуктивність. Найменшим цей показник на час збирання культури був за норми висіву насіння 250 тис. шт./га і за ширини міжрядь 15, 45 і 70 см становив відповідно 1,4; 1,5 та 1,3 см у сорту Дніпровський 39 та 1,4; 1,4 і 1,2 см у сорту Вінець. За оптимальної ширини міжрядь (45 см) та норми висіву насіння (200 тис. шт./га) діаметр стебла був достовірно більшим в обох досліджуваних сортів, що пояснюється зміною площі живлення рослин унаслідок зміни ширини міжрядь та кількості рослин на одиниці довжини рядка, відповідно підвищення конкуренції рослин у посівах упродовж усього періоду росту й розвитку.

Процес куциння в сорго залежить від особливостей сорту та умов вирощування. Продуктивна куцистість є одним з основних елементів структури врожайності [54].

За всіх досліджуваних варіантів ширини міжрядь найбільшу продуктивну куцистість культури зафіксовано за норми висіву насіння 150 тис. шт./га, найменшу – 250 тис. шт./га. В останньому випадку рослини обох сортів практично не куцилися – 1,0–1,1 шт.стебел/рослину. Це пояснюється тим, що зі збільшенням норми висіву насіння з 150 до 250 тис. шт./га зменшується площа

живлення рослин, унаслідок чого рослини конкурують між собою, що негативно впливає на куцистість.

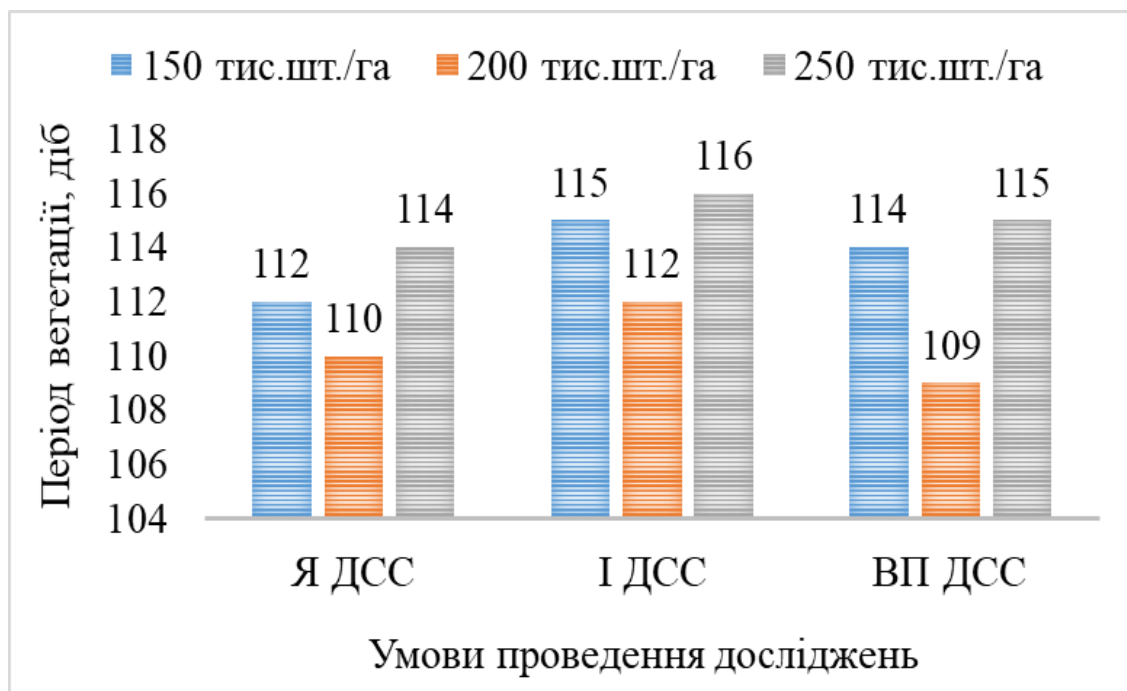
Таблиця 3.17

Інтенсивність росту і розвитку рослин сорго звичайного двокольорового залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Ширина міжрядь, см	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Період повної стиглості зерна		
			висота рослин, см	діаметр стебла, см	кущистість, шт. стебел/роsl.
Дніпровський 39	15	150	128,4	1,5	1,5
		200	134,7	1,6	1,5
		250	133,1	1,4	1,4
	45	150	130,9	1,6	1,9
		200	137,3	1,7	1,8
		250	134,8	1,5	1,7
	70	150	127,8	1,4	1,2
		200	131,1	1,3	1,1
		250	129,4	1,3	1,0
Вінець	15	150	119,5	1,5	1,8
		200	120,4	1,5	1,6
		250	119,6	1,4	1,5
	45	150	120,3	1,5	2,0
		200	121,8	1,6	1,9
		250	120,7	1,4	1,8
	70	150	118,9	1,3	1,4
		200	120,7	1,3	1,2
		250	120,1	1,2	1,1
НІР _{0,05} : А			1,13	0,068	0,062
В			1,13	0,068	0,062
С			0,75	0,047	0,041
ABC			1,70	0,098	0,094

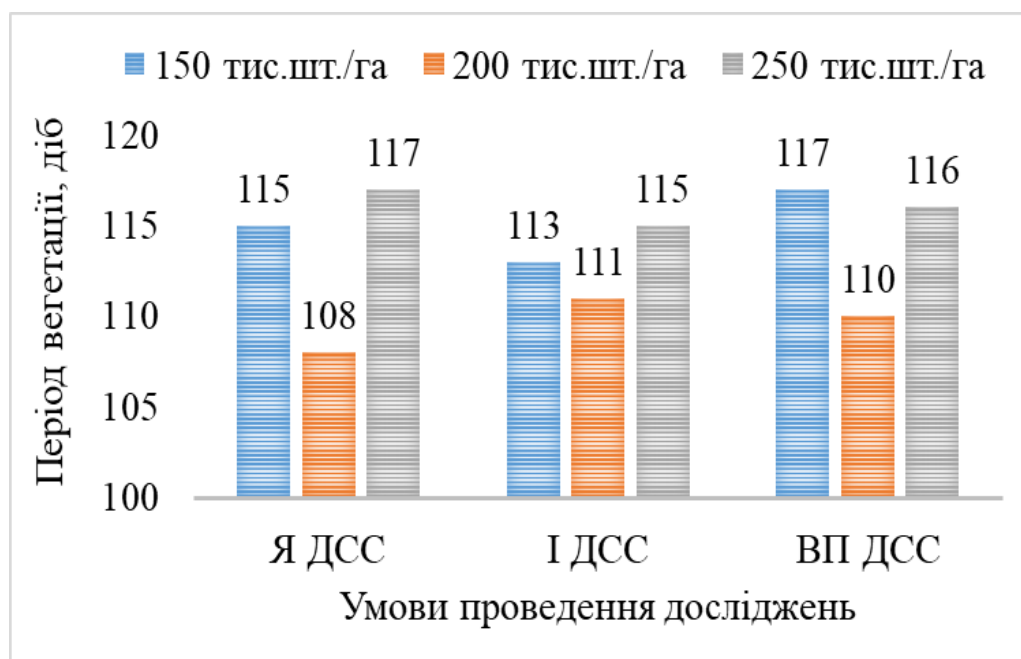
Дослідження проведені в умовах нестійкого зволоження Ялтушківської та Іванівської ДСС та в умовах недостатнього зволоження Веселоподільської ДСС показують, що найкоротший період вегетації спостерігається за норми висіву 200 тис. шт./га як в сорту Дніпровський 39, так і в сорту Самаран 6 і становить 110, 112 та 109 діб і 108, 111 та 110 діб, відповідно (рис. 3.25, 3.26).

Тривалість періоду вегетації була достовірно довшою у сортів в усіх зонах вирощування за норми висіву насіння 150 та 250 тис. шт./га. Так, в умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України період вегетації сорту Дніпровський 39 за норми висіву 150 та 250 тис. шт./га становив, відповідно – 112 та 114 діб, водночас як за норми висіву 200 тис. шт./га – 110 діб ($HP_{0,05} = 1$ доба). Аналогічні результати отримані по сорту Самаран 6.



$HP_{0,05}$ A – 1,0; B – 1,0; C – 1,3; ABC – 2,20

Рис. 3.25. Тривалість періоду вегетації сорту Дніпровський 39 залежно від норм висіву насіння, середнє за 2016–2020 рр.



НІР_{0,05} А – 1,0; В – 1,0; С – 1,3; АВС – 2,20

Рис. 3.26. Тривалість періоду вегетації сорту Самаран 6 залежно від норм висіву насіння, середнє за 2016–2020 рр.

Фенологічні спостереження за розвитком рослин у різних частинах Лісостепу України показують, що із збільшенням норми висіву висота рослин істотно збільшувалась і, навпаки, діаметр стебла зменшувався та куцистість рослин також зменшувалась (табл. 3.18).

Висота рослин в середньому по досліді становила від 108 до 118 см, діаметр стебла від 1,2 до 1,9 см. Кількість продуктивних стебел становила від 1,0 до 1,8 шт./роsl.

Діаметр стебла змінювався від 1,2 до 1,6 см на Ялтушківській ЯДСС, від 1,3 до 1,6 см на Іванівській ДСС та від 1,4 до 1,9 см на Веселоподільській ДСС.

Куциння рослин залежало як від сортових особливостей, так і від норми висіву насіння.

Одним з важливих факторів є густина стояння рослин від якої суттєво залежить урожайність сорго звичайного двокольорового. Регулювання густоти стояння рослин дає можливість оптимізувати та змінювати умови живлення, сягаючи рівномірного використання поживних елементів та добрив з ґрунту. Від густоти стояння рослин залежить повітряний, світловий та водний режими

грунту, які впливають на посіви, а також на чисельність шкочинних організмів та хвороб. Ці фактори регулюють продуктивність і в першу чергу розвиток досліджуваної культури (табл. 3.19).

Таблиця 3.18

Біометричні показники рослин сортів сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння в різних ґрунтово-кліматичних умовах, середнє за 2016–2020 рр.

Сорт	Норма висіву	Висота рослин, см			Діаметр стебла, см			Кущіння, шт./роsl.		
		ЯДСС	ІДСС	ВПДСС	ЯДСС	ІДСС	ВПДСС	ЯДСС	ІДСС	ВПДСС
Дніпровський 39	150 тис.шт./га	112	114	110	1,6	1,5	1,9	1,4	1,6	1,5
	200 тис.шт./га	110	113	108	1,7	1,6	1,9	1,8	1,5	1,4
	250 тис.шт./га	116	117	115	1,3	1,3	1,5	1,1	1,0	1,0
Самаран 6	150 тис.шт./га	110	113	109	1,5	1,5	1,7	1,6	1,7	1,5
	200 тис.шт./га	113	112	110	1,5	1,6	1,6	1,4	1,6	1,3
	250 тис.шт./га	117	118	114	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2	1,1
НІР _{0,05}		1,2	1,4	1,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2

Аналіз результатів досліджень показав, що сорго висівали згідно з встановленою нормою висіву, але на густоту мали вплив польова схожість насіння, і вже повні сходи відповідно були нижчими. Далі вплив на густоту стояння рослин мав догляд за посівами.

Таблиця 3.19

Густота стояння рослин сорго звичайного двокольорового залежно від ширини міжрядь та норм висіву насіння, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорти	Ширина міжрядь	Норма висіву насіння, тис.шт./га	У фазі:		
			повні сходи	кущіння	повна стиглість
Дніпровський 39	15	150	121,0	120,0	120,0
		200	166,0	164,0	163,0
		250	203,0	200,0	200,0
	45	150	131,0	129,0	128,0
		200	177,0	175,0	174,0
		250	220,0	218,0	217,0
	70	150	125,0	124,0	123,0
		200	169,0	166,0	165,0
		250	210,0	208,0	208,0
Самаран 6	15	150	120,0	119,0	118,0
		200	163,0	162,0	160,0
		250	203,0	201,0	199,0
	45	150	129,0	129,0	128,0
		200	174,0	172,0	171,0
		250	215,0	214,0	214,0
	70	150	123,0	120,0	120,0
		200	170,0	167,0	166,0
		250	208,0	206,0	205,0
НІР _{0,05}			7,0	8,9	9,1

І в період збирання, за норми висіву 150 тис. шт./га насінин – густота стояння рослин залежно від ширини міжрядь була в межах від 120 до 128 тис. шт.

у сорту Дніпровський та від 118 до 128 тис. шт. у сорту Вінець. За норми висіву 200 тис. шт./га, відповідно, від 163 до 174 тис. шт./га у сорту Дніпровський 39 та від 160 до 171 тис. шт./га у сорту Вінець.

Вивчено, що за норми висіву насіння в 250 тис. шт./га, відповідно, від 200 до 217 тис. шт./га у сорту Дніпровський 39 та від 199 до 214 тис. шт./га у Вінець.

Формування густоти стояння рослин в першу чергу залежало від посівних властивостей насіння (польової схожості), умов та елементів технології вирощування. В період вегетації вона у сорго звичайного двокольорового зменшується від повних сходів до повної стиглості зерна (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

Густота стояння рослин сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	У фазі:		
		повні сходи	кущіння	повна стиглість
Дніпровський 39	150	123,9	118,2	116,8
	200	168,2	162,5	160,1
	250	208,5	205,9	203,0
Самаран 6	150	122,1	117,6	115,0
	200	166,4	162,3	159,3
	250	207,5	204,0	202,0
H _P 0,05		1,86	1,62	1,50

Також на густоту стояння рослин впливає догляд за рослинами, так як міжрядні обробітки ґрунту у період кущіння та стеблуння впливають на їх кількість, відповідно, втрачається незначний відсоток рослин.

На густоту стояння сорго мала вплив норма висіву насіння, із збільшенням її, збільшувалася кількість рослин на одиниці площі посіву. Так, за норми висіву 150 тис. шт./га спостерігали найменшу густоту рослин і на період повної стиглості вона дорівнювала 116,8 тис. шт./га у сорту Дніпровський 39 та 115 тис. шт./га у Самаран 6. За норми висіву 200 тис. шт./га – відповідно, 160,1 та 159,3 тис. шт./га. І за найбільшої норми 250 тис. шт./га – 203,0 та 202,0 тис. шт./га.

Досліджуючи густоту стояння рослин залежно від норми висіву насіння в умовах нестійкого зволоження Ялтушківської та в умовах недостатнього зволоження Веселоподільської ДСС, варто зазначити, що найбільший вплив мала польова схожість насіння і подальший догляд за посівами (табл. 3.21).

Таблиця 3.21

Густота стояння рослин та вміст сухої речовини сорго залежно від норм висіву насіння, середнє за 2016–2020 рр., ЯДСС та ВПДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис.шт./га	Період збирання		
		густина	вміст сухої речовини в зерні, %	вміст сухої речовини в біомасі, %
Дніпровський 39	150	$\frac{126^*}{123}$	$\frac{86,2}{85,3}$	$\frac{31,3}{30,0}$
	200	$\frac{170}{169}$	$\frac{86,4}{85,6}$	$\frac{31,9}{30,4}$
	250	$\frac{210}{208}$	$\frac{86,0}{85,1}$	$\frac{31,1}{30,6}$
Самаран 6	150	$\frac{124}{121}$	$\frac{85,2}{85,0}$	$\frac{30,8}{29,3}$
	200	$\frac{167}{164}$	$\frac{85,6}{85,6}$	$\frac{30,9}{29,9}$
	250	$\frac{211}{209}$	$\frac{86,0}{85,3}$	$\frac{29,2}{28,9}$
H _P 0,05		$\frac{9}{7}$	$\frac{0,2}{0,3}$	$\frac{0,4}{0,3}$

*чисельник – дані отримані на ЯДСС, знаменник – дані отримані на ВПДСС.

Так, на період збирання залежно від норм висіву, густота стояння рослин у сорту Дніпровський 39 становила 126, 170 та 210 тис. шт./га і 123, 169 та 208 тис. шт./га, у Самаран 6 124, 167 та 211 тис. шт./га і 121, 164 та 209 тис. шт./га, відповідно.

3.5. Оптимізація мінерального живлення рослин сорго звичайного двокольорового

В технології вирощування культури важливим елементом є мінеральні добрива – це один з найбільш дієвих чинників впливу на динаміку росту та розвитку рослин сорго звичайного двокольорового, його здатність формувати високу продуктивність за змінних ґрунтово–кліматичних умов [55, 56].

За даними науковців [41, 57], добрива сприяють не лише підвищенню продуктивності сорго, а й до зміни ростових параметрів. Основним є правильне визначення доз добрив, при цьому потрібно враховувати склад ґрунту та зволоження умов вирощування.

Однак система удобрення по різному впливає на тривалість фенологічних фаз розвитку рослин сорго звичайного двокольорового [58]. Удобрення рослин не впливає на тривалість періодів росту аж до фази трубкування, адже на початку вегетації споживання елементів живлення з ґрунту сорго мінімальне. Так як впродовж перших 30–35 діб після появи сходів надземна частина рослин росте дуже повільно, а от коренева система сорго звичайного двокольорового має середній добовий приріст на рівні 2–3 см [59, 60]. Також потрібно врахувати, що різні сорти і гібриди сорго звичайного двокольорового можуть різнитися між собою за темпами росту і розвитку [61].

На думку авторів [62–64], оптимальною дозою добрив для вирощування сорго є $N_{60}P_{60}K_{60}$. Продуктивність культури за цією технологією становила 8,0–8,49 т га. Сорго звичайне двокольорове має високу здатність використання природних ресурсів, тим не менш вирощування і продуктивність зерна залежить від взаємодії рослин з навколишнім середовищем та від технологічних факторів, одним з яких є внесення добрив, які сприяють підвищенню врожайності.

Сорго звичайне двокольорове виносить з ґрунту значну кількість елементів живлення, тому поповнення їх шляхом внесення добрив є важливим елементом технології вирощування [65]. В Україні питання щодо вивчення різних доз

добрив сорго звичайного двокольорового є недостатньо вивченим, оскільки культура малопоширена і потребує детального дослідження.

Встановлено, що тривалість періоду вегетації сорго звичайного двокольорового залежала від сортових особливостей та доз мінеральних добрив (табл. 3.22).

Таблиця 3.22

Тривалість фаз розвитку сорго звичайного двокольорового залежно від добрив, діб, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Доза добрив	Міжфазний період								
		сходи – 3–4 листка	3–4 листка – куціння	куціння – вихід у трубку	вихід у трубку – стеблуння	стеблуння – викидання волоті	цвітіння – формування	молочно – воскова стиглість	воскова–повна стиглість	Всього за період вегетації
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	13	16	13	13	9	18	21	12	115
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	13	16	14	13	9	19	20	12	116
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	13	16	14	13	9	19	20	12	116
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	14	16	14	14	8	19	20	12	117
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	13	16	14	14	10	19	20	12	118
	Розрахункова доза	13	16	14	14	9	18	19	11	114
Вінець	Без добрив (контроль)	13	14	13	13	9	20	19	12	113
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	14	14	13	13	9	20	19	12	114
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	14	14	14	13	9	19	19	12	114
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	14	14	14	13	9	19	19	12	114
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	14	14	14	13	9	20	19	12	115
	Розрахункова доза	14	14	14	13	9	18	18	12	112
НІР _{0,05}		1	2	1	1	1	2	2	1	2

Найменший період вегетації спостерігається у сортів сорго на варіанті за внесення розрахункової дози добрив, який був на рівні контролю, і становив у сорту Дніпровський 39 – 114 діб, у сорту Вінець – 112 діб.

У варіанті без внесення мінеральних добрив період вегетації становив відповідно 115 та 112 діб. Внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ збільшувало тривалість вегетаційного періоду в порівнянні з контролем на 1–2 доби, а у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ на 2–3 доби.

Серед багатьох чинників, які впливають на ріст і розвиток рослин, вирішальне значення має рівень мінерального живлення. Внесення мінеральних добрив сприяє більш швидкому росту і розвитку рослин впродовж всього періоду вегетації.

В середньому за роки дослідження висота рослин сорго у варіанті без внесення добрив становила 118,0 см у сорту Дніпровський 39 та 115 см у сорту Вінець (табл. 3.23).

Внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло підвищенню висоти рослин в середньому на 1,5–3,0 %, у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ забезпечило достовірне збільшення висоти рослин порівняно з контролем – на 4,0 – 6,0 %.

За розрахункової дози добрив спостерігалось збільшення висота рослин, яка становила 119,5 см у сорту Дніпровський 39 та 116,4 см у сорту Вінець, достовірної різниці порівняно з контролем не виявлено.

Аналогічна залежність відзначена за формування товщини стебел та кущіння рослин. Діаметр стебла в середньому у досліді в обох сортів становив 1,4–1,6 см.

Кущіння рослин залежало як від біологічних особливостей сортів сорго так і в певній мірі від доз удобрення, так у сорту Дніпровський 39 кущистість становила від 1,1 до 1,4 стебел на рослину, у сорту Вінець від 1,4 до 1,7 штук стебел на рослину.

Таблиця 3.23

Біометричні показники рослин сорго звичайного двокольорового залежно від добрив, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Доза добрив	Висота рослин, см	Діаметр стебла, см	Кущистість рослин, шт./рослину
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	118,0	1,4	1,1
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	119,8	1,5	1,2
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	121,4	1,5	1,2
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	123,0	1,5	1,3
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	125,2	1,4	1,3
	Розрахункова доза	119,5	1,5	1,2
Вінець	Без добрив (контроль)	115,0	1,5	1,4
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	115,8	1,5	1,6
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	116,9	1,6	1,6
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	118,2	1,6	1,6
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	119,8	1,5	1,7
	Розрахункова доза	116,4	1,6	1,6
H _{IP} _{0,05} :		3,40	0,34	0,38

Кореляційно-регресійний аналіз даних показав сильну кореляцію між діаметром стебла та висотою рослин (рис. 3.29). Коефіцієнт кореляції склав $R=0,7412$ (Дніпровський 39) та $R=0,7208$ (Вінець), коефіцієнт детермінації відповідно становив $R^2=0,7092$ та $R^2=0,77769$.

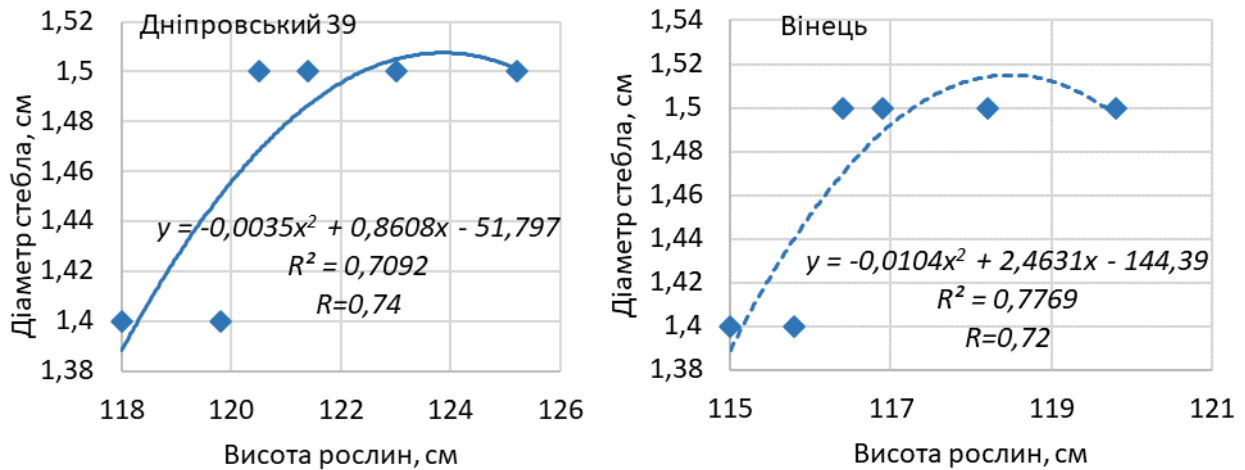


Рис. 3.27. Кореляційно-регресійний зв'язок між діаметром стебла та висотою рослин, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Розглядаючи отримані дані щодо тривалості вегетаційного періоду та біометричних показників, встановлено, що період вегетації у варіанті без добрив (контроль) в середньому становив 112–118 діб і найбільшим був за внесення добрив в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ (табл. 3.24).

Таблиця 3.24

Тривалість періоду вегетації та біометричні показники рослин сорго звичайного двокольорового залежно від мінеральних добрив, середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС

Сорт	Доза добрив	Період вегетації, діб	Висота рослин, см	Діаметр стебла, см	Кущистість рослин, шт./рослину
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	115	116,5	1,4	1,3
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	116	118,4	1,5	1,4
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	118	119,6	1,5	1,3
Самаран 6	Без добрив (контроль)	112	114,8	1,5	1,2
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	114	116,7	1,6	1,3
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	116	117,9	1,4	1,2
НІР _{0,05} :		2	1,8	0,2	0,2

Висота рослин із внесенням добрив достовірно збільшувалась у сорту Дніпровський 39 від 116,5 до 119,6 см в умовах Ялтушківської ДСС, від 121 до 130 см в умовах Іванівської ДСС та від 108 до 116 см в умовах Веселоподільської ДСС. У сорту Самаран 6, відповідно – від 114,8 до 117,9 см, від 109 до 120 см, та від 112 до 119 см.

Діаметр стебла в середньому по досліді становив від 1,2 до 1,6 см, кущистість від 1,2 до 14,6 шт. стебел/рослину.

Отже сорго звичайне двокольорове це культура, яка в різних ґрунтово–кліматичних умовах вирощування дає високу продуктивність, завдяки добре розвиненій кореневій системі, що відмінно поглинає вологу та поживні елементи з ґрунту.

3.6. Ефективність способів контролювання чисельності бур'янів у посівах

Бур'яни є конкурентами культурних рослин за світло, воду та поживні речовини. Проте за зниження в останні роки загальної культури землеробства значно зросла забур'яненість сільськогосподарських угідь. Це явище набуло загрозливого характеру і питання контролювання чисельності бур'янів є актуальним [66, 67]. Для отримання високих і стабільних врожаїв зернових культур, зокрема сорго звичайного двокольорового, необхідним є контролювання чисельності бур'янів у посівах, а саме застосування хімічного та механічного обробітку ґрунту. На початку свого росту і розвитку рослини сорго звичайного двокольорового мають незначний приріст надземної маси, що сприяє легкому пригніченню посівів більш швидкоростучими бур'янами. Тому постає завдання та актуальним є розроблення складових технології вирощування сорго звичайного двокольорового, а саме вивчення способів контролювання чисельності бур'янів у посівах, що забезпечить отримання високої продуктивності культури.

Контролювання чисельності бур'янів у землеробстві – важливий шлях збільшення врожайності високопродуктивних сортів і гібридів зернових культур. Це найбільш раціональний спосіб підвищення ефективності ресурсозбереження порівняно з технологіями обробітку ґрунту [68, 69].

Бур'яни мають широкий діапазон адаптивності, добре пристосувались до умов існування в агроценозах, тому висока віддача ресурсоощадних технологій обробітку ґрунту можлива тільки на чистих від бур'янів полях. Проблема захисту врожаю від втрат має глобальний світовий характер для країн з різним рівнем розвитку. За даними ФАО, у світі щорічні втрати сільськогосподарської продукції від бур'янів оцінюються в 20,4 млрд. доларів, що становить 14,5 % від всієї вартості врожаю, який збирається [70, 71].

За даними науковців [72], використання гербіциду Цитадель 25 OD у нормах 0,6; 0,8 і 1,0 л/га у поєднанні з регулятором росту рослин Ендофіт L1 (30 мл/га) на фоні обробки насіння перед сівбою біопрепаратом Біоарсенал (8,7 кг/т) є ефективним заходом у боротьбі із забур'яненістю посівів сорго звичайного двокольорового, що забезпечує зниження кількості бур'янів відповідно на 86; 89 та 91 % і їх маси на 87; 91 і 95 % до контролю. На підставі узагальненої інформації фермери в Арканзасі, Канзасі, Міссурі, Небрасці, Південній Дакоті та Техасі потенційно могли б втратити відповідно 37 %, 38, 30, 56, 61 та 60 % урожаю сорго звичайного двокольорового без боротьби з бур'янами і мали б щорічну грошову втрату відповідно 19 млн. доларів США, 302, 7, 32, 25, 314 мільйонів. Загальна середня втрата врожаю сорго звичайного двокольорового внаслідок впливу бур'янів оцінюється у 47 % [73]. У дослідженнях [74] проведених у зоні Степу України найкращі результати росту й розвитку та продуктивності сорго звичайного двокольорового отримано у варіантах із застосуванням гербіцидів листової дії: Агрітокс, Балерина і Діален Супер у фазу 3–5 листків у культури на фоні ґрунтового гербіцида Примекстра Голд, внесеного до сівби.

Встановлено, що у посівах сорго звичайного двокольорового найбільш чисельними були злакові однорічні бур'яни представлені мишієм сизим (*Setaria*

glauca L.) – 28,1–29,3 шт./м² і плоскухою звичайною (*Echinochloa crusgalli* L.) – 23,8–25,5 шт./м². Серед дводольних малорічних бур'янів найчисельнішими були щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.) – 10,2–12,3 шт./м², лобода біла (*Chenopodium album* L.) – 9,4–10,1, гірчак березковидний (*Polygonum convolvulus* L.) – 5,3–6,5, талабан польовий (*Thlaspi arvense* L.) – 5,5–6,4, курячі очка польові (*Anagallis arvensis* L.) – 2,8–3,0, грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* L.) – 5,5–6,8, куколиця біла (*Melandrium album* Mill.) – 3,1–4,6 шт./м², та інші. Значно менша кількість була коренепаросткових бур'янів – осот жовтий (*Sonchus arvensis* L.) – 1,8–2,0 шт./м² (рис. 3.30). Загальна кількість бур'янів становила від 95,5 до 106,5 шт./м², їх повітряно-суха маса – 158,0 г/м² (рис. 3.28).

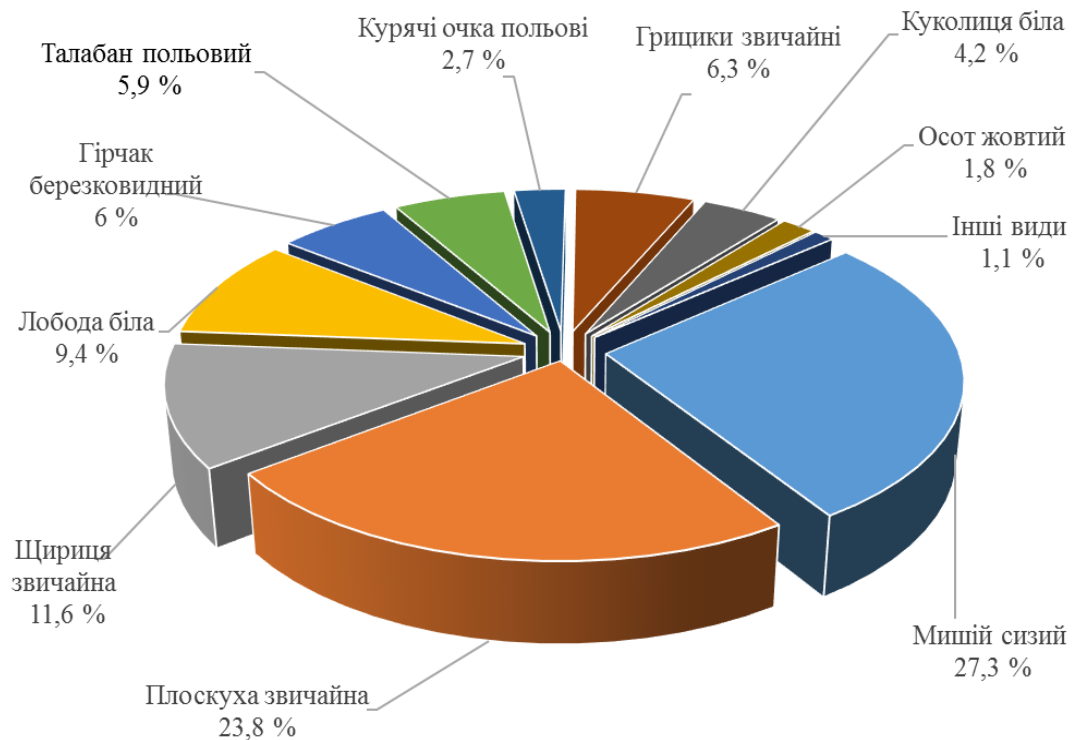


Рис. 3.28. Видовий склад бур'янів у посівах сорго звичайного двокольорового, середнє за 2016–2019 рр., БЦДСС

На початку вегетації кількість бур'янів по сортах була високою і становила від 108,4 до 119,7 шт./м² та після застосування способів їх контролювання вона значно зменшилася (рис. 3.29). Найвища ефективність знищення бур'янів

спостерігалась за ручного їх прополювання – майже на 97 %. Дещо нижча ефективність контролювання чисельності бур'янів спостерігається за хімічного і механічного способу – ефективність дії у середньому становила за хімічного способу – 76–77 % (кількість бур'янів зменшується на 84– 85 шт./м²), за механічного – 78–79 % (кількість бур'янів зменшується на 86–87 шт./м²). У контрольному варіанті досліді кількість бур'янів збільшилась майже на 10 %, а це 11,2 шт./м².



НР_{0,05} А – 1,0; В – 1,0; АВ – 1,7

Рис. 3.29. Чисельність бур'янів у посівах сорго звичайного двокольорового залежно від сорту та способів контролювання їх чисельності, шт./м², 2016–2019 рр., БЦДСС

Упродовж росту та розвитку рослин сорго звичайного двокольорового сортів Дніпровський 39 та Вінець спостерігається збільшення періоду вегетації до 121 – 124 діб у контролі (табл. 3.25). Тоді як застосування механічного та хімічного способів контролювання чисельності бур'янів забезпечило скорочення цього періоду сорту Дніпровський 39 – до 115–117 діб, у сорту Вінець до 113 – 115 діб. За ручного прополювання період вегетації рослин становив 108 діб у сорту Дніпровський 39 та 105 діб у сорту Вінець.

Таблиця 3.25

**Вплив способів контролювання чисельності бур'янів на ріст і розвиток
рослин сорго звичайного двокольорового сортів Дніпровський 39 і Вінець,
середнє за 2016–2019 рр., БЦДСС**

Сорт	Способи контролювання чисельності бур'янів	Період вегетації, діб	Висота рослин, см	Продуктивних стебел, шт./м ²	Площа листкової поверхні 1 рослини, см ²	Маса рослин, г/м ²
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	121	77	12,6	1053,2	973
	Механічний спосіб	115	108	15,9	1245,4	1326
	Хімічний спосіб	117	113	16,4	1289,6	1397
	Ручне прополювання (контроль 2)	108	128	16,9	1318,1	1498
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	124	72	12,3	1017,3	912
	Механічний спосіб	113	106	15,4	1186,2	1285
	Хімічний спосіб	115	111	15,8	1215,3	1321
	Ручне прополювання (контроль 2)	105	125	16,5	1297,2	1422
НІР ₀₅			3,0	0,7	7,2	8,0

Висота рослин у сорту Дніпровський 39 була в межах від 77 см у контролі 1 – без прополювання до 128,2 см за ручного прополювання – контроль 2, сорту Вінець – відповідно, від 72 до 125,6 см. За механічного та хімічного способу контролювання чисельності бур'янів висота рослин становила відповідно 108 та 113 см сорту Дніпровський 39 і 106 та 111 см сорту Вінець.

У варіанті досліду без прополювання кількість продуктивних стебел, площа

листової поверхні та маса рослин мали найнижчі показники у обох сортів, а за ручного прополювання – найвищі, що пояснюється високою доступністю рослинам елементів живлення, а також забезпечення основними факторами життя – світлом, вологою тощо.

За механічного і хімічного способів контролювання чисельності бур'янів кількість продуктивних стебел становила 15,9 та 16,4 штук/м² у сорту Дніпровський 39 й 15,4 та 15,8 штук/м² у сорту Вінець. Площа листової поверхні була 1245,4 та 1289,6 см² у сорту Дніпровський 39 й 1186,2 та 1215,3 см² у сорту Вінець. Так, визначено, що завдяки знищенню бур'янів у посівах сорго звичайного двокольорового маса рослин з 1 м² у сорту Дніпровський 39 підвищувалась на 353 г – за механічного способу, на 424 г – за хімічного та на 525 г – за ручного прополювання. У сорту Вінець відповідно на 373, 409 та 510 г.

Досліджено, що у посівах сорго звичайного двокольорового на Ялтушківській ДСС переважали із злакових однорічних бур'янів – плоскуха звичайна (*Echinochloa crusgalli* L.) – 24,1–26,4 шт./м² і мишій сизий (*Setaria glauca* L.) – 20,1–22,3 шт./м²; із дводольних малорічних переважали – лобода біла (*Chenopodium album* L.) – 8,4–10,1 шт./м², щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.) – 9,2–10,3 шт./м², грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* L.) – 4,5–4,8 шт./м², курячі очка польові (*Anagallis arvensis* L.) – 1,8–2,0 шт./м², талабан польовий (*Thlaspi arvense* L.) – 1,5–2,0 шт./м², грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* L.) – 2,5–3,0 шт./м² та ін.; із багаторічних злакових зустрічається пирій повзучий (*Elymus repens* L.) – 1–1,5 шт./м²; дещо менша кількість коренепаросткових – осот жовтий (*Sonchus arvensis* L.) – 1,0–2,0 шт./м², берізка польова (*Convolvulus arvensis* L.) – 1,2–2,5 шт./м².

На початку періоду вегетації кількість бур'янів була високою і становила по сортах від 115 до 131 шт./м², після застосування методів контролювання їх чисельності вона значно зменшилася (рис. 3.30).

За ручного прополюванням відмічена найкраща ефективність знищення бур'янів на 95,0–97,0 % (бур'янів менше на 113–119 шт./м²), за хімічного та механічного способу ефективність контролювання чисельності бур'янів є нижчою і становить 82,0–83,0 % – за хімічного (бур'янів менше на 96–

98 шт./м²) та 78,6–88,5 % – за механічного (бур'янів менше на 106–108 шт./м²). У варіанті без прополювання, чисельність бур'янів збільшилась на 10,3–13,9 %, а це 12–16 шт./м². Чисельність бур'янів істотно залежала від способів їх контролювання в посівах сорго найменшою вона була за умови застосування ручних прополювань посівів (табл. 3.26).



HP_{0,05} A – 0,9; B – 0,9; AB – 1,5

Рис. 3.30. Кількість бур'янів у посівах сорго залежно від сорту та способів контролювання їх чисельності, шт./м², середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС

При цьому, механічний та хімічний способи контролювання чисельності бур'янів в посівах сорту Дніпровський 39 та посівах Самаран 6 забезпечили високу їх ефективність і, відповідно – достатню для гарного росту та розвитку рослин сорго. Причому, в другій половині вегетації, посіви сорго доволі гарно контролювали поверхню ґрунту і повторних хвиль бур'янів та різкого збільшення їх чисельності у варіантах, де проводились заходи захисту ми не відмічали.

Зменшення кількості бур'янів шляхом їх контролювання забезпечило достовірне збільшення біометричних показників рослин обох сортів порівняно з контролем (табл. 3.27).

Таблиця 3.26

Забур'яненість посівів сорго звичайного двокольорового перед сівбою і в періоди вегетації, середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС

Сорт	Спосіб захисту	Чисельність бур'янів, шт/м ²				
		перед посівною культивуацією	фаза 3–5 листків	після внесення ґрунтових гербіцидів по вегетації	фаза цвітіння	фаза повної стиглості
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	115	64	72	94	131
	Механічний спосіб	121	70	16	18	15
	Хімічний спосіб (гербіцид Гвардіан Тетра)	118	68	19	21	20
	Ручне прополювання (контроль 2)	122	72	4	6	3
Самаран 6	Без прополювання (контроль 1)	116	62	80	120	128
	Механічний спосіб	122	68	18	17	14
	Хімічний спосіб (гербіцид Гвардіан Тетра)	117	65	22	24	21
	Ручне прополювання (контроль 2)	120	71	5	8	6
НІР _{0,05}		3,2	1,6	0,5	1,1	2,0

Таблиця 3.27

Ріст і розвиток рослин сорго звичайного двокольорового залежно від способів захисту, фаза повної стиглості, середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС

Сорт	Спосіб захисту	Маса рослин кг/м ²	Висота рослин, см	Діаметр стебла, см
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	1,13	124,0	2,4
	Механічний спосіб	1,32	143,2	2,6
	Хімічний спосіб (гербіцид Гвардіан Тетра)	1,94	148,0	2,8
	Ручне прополювання (контроль 2)	2,10	151,4	3,0
Самаран 6	Без прополювання (контроль 1)	1,03	120,1	2,2
	Механічний спосіб	1,36	139,0	2,4
	Хімічний спосіб (гербіцид Гвардіан Тетра)	1,85	142,2	2,6
	Ручне прополювання (контроль 2)	2,01	148,1	2,8
НІР _{0,05}		0,14	5,0	0,3

Доцільно зазначити, що достовірного збільшення біометричних показників рослин, крім маси, залежно від способів контролювання бур'янів – механічного та хімічного не виявлено, обидва способи однаково ефективні.

Через високий рівень забур'яненості зниження продуктивності сільськогосподарських культур може сягати від 40 до 80 %, до того ж погіршується якість вирощуваної продукції. Тому вивчення питання щодо способів контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго звичайного двокольорового є перспективним напрямком досліджень.

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що в умовах України основним фактором впливу на формування урожайності сорго звичайного двокольорового залишаються температура повітря, а кількість опадів немає значного впливу на зміну врожайності, що пов'язано з засухостійкістю сорго та можливістю раціонально витратити воду й отримувати її з нижніх шарів ґрунту.

2. Розвиток рослин від появи сходів і до збирання значною мірою визначався ґрунтово–кліматичними умовами зони проведення досліджень, які склалися у період вегетації та сортовими особливостями: польова схожість насіння залежала від сортових особливостей, елементів технології вирощування, а саме від строків сівби, глибини загортання насіння, способів сівби, внесення мінеральних добрив, застосування стимулятора росту тощо.

3. В умовах Білоцерківської ДСС найвища польова схожість насіння спостерігалась за сівби при температурі 12–14 °С і становила у сорту Дніпровський 39 – 84,2 та 86,8 %, у сорту Вінець 83,1 та 85,4 % на глибині загортання насіння 4 та 6 см. В умовах Ялтушківської, Іванівської та Веселоподільській ДСС найвища польова схожість насіння отримана за сівби при температурі 12–14 °С та 16–18 °С, коли фактори життя мали оптимальні показники для проростання насіння. За таких умов зменшується тривалість періоду вегетації, покращується інтенсивність росту та розвитку рослин сорго.

4. З'ясовано, що найвища польова схожість насіння отримана за норми висіву 200 тис. шт./га та за ширини міжрядь 45 см незалежно від умов проведення дослідів. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин у Лісостепу України показують, що із збільшенням норми висіву – висота рослин збільшувалась, діаметр стебла та кущистість рослин зменшувалась.

5. Встановлено, що високі показники польової схожості насіння сорго звичайного двокольорового отримані у досліді де вносились розрахункова та високі ($N_{60}P_{60}K_{60}$ – $N_{120}P_{120}K_{120}$) норми добрив. Застосування добрив у посівах сорго сприяє швидкому розвитку рослин впродовж вегетації, формуючи високу урожайність зерна та біомаси. Кореляційно-регресійний аналіз даних показав

сильну кореляцію між діаметром стебла та висотою рослин. Коефіцієнт кореляції склав $R=0,7412$ (Дніпровський 39) та $R=0,7208$ (Вінець), коефіцієнт детермінації відповідно становив $R^2=0,7092$ та $R^2=0,77769$.

6. Визначено наявність бур'янів у посівах сорго, та ефективність їх знищення. Найкраща ефективність знищення бур'янів спостерігалася за ручного прополювання, майже на 97 %. Дещо нижча ефективність контролювання чисельності бур'янів спостерігається за хімічного і механічного обробітку – ефективність дії у середньому становила за хімічного способу – 76–77 %, за механічного – 78–79 %. У контролі без прополювання кількість бур'янів збільшилась майже на 10 % (БЦДСС, ЯДСС). З високою забур'яненістю біометричні показники за ручного прополювання були найвищими, що пояснюється високою доступністю рослинам елементів живлення, а також забезпечення основними факторами життя – світлом, вологою тощо.

7. Встановлено, що в умовах Білоцерківської та Ялтушківської ДСС, зона нестійкого зволоження, найкращі умови для росту і розвитку рослин склалися для ранньостиглих і середньостиглих сортів.

Література до розділу 3

1. Жук, В. М., Мальований, М. С., Мисак, І. В., Тимчук, І. С., Мушалла, Д., Піхлер, М. Часова та просторова нерівномірність випадання дощів при моделюванні поверхневого стоку з урбанізованих територій. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2021. 31(5), 67-73. <https://doi.org/10.36930/40310510>

2. Borrell A.K., Mullet J.E., George-Jaeggli B., van Oosterom E.J., Hammer G.L., Klein P.E. Drought adaptation of stay-green sorghum is associated with canopy development, leaf anatomy, root growth, and water uptake. *J. Exp. Bot.*, 2014. 65, P. 6251-6263. doi: 10.1093/jxb/eru232

3. Vadez V., Deshpande P., Kholova J., Hammer L., Borrell K., Talwar S. Stay-green quantitative trait loci's effects on water extraction, transpiration efficiency and

seed yield depend on recipient parent background. *Funct. Plant Biol.*, 2011. 38, P. 553-566. doi: 10.1071/FP11073

4. Ndiaye M., Adam M., Ganyo K.K., Guissé A., Cissé N., Muller B. Genotype-environment interaction: trade-offs between the agronomic performance and stability of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes in Senegal. *Agronomy*, 2019. 9. P. 1-16. doi: 10.3390/agronomy9120867

5. Schlichting C.D. Phenotypic plasticity in plants. *Plant Species Biol.*, 2002. 17. P. 85-88. doi: 10.1046/j.1442-1984.2002.00083.x

6. Bloomfield J.A., Rose T.J., King G.J. Sustainable harvest: managing plasticity for resilient crops. *Plant Biotechnol J.*, 2014. 12. P. 517–533. doi: 10.1111/pbi.12198

7. Присяжнюк О. І. Особливості ідентифікації етапів росту сорго зернового. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. праць*. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2020. Вип. 28. С. 102–112.

8. Присяжнюк О. І., Каленська С. М., Сторожик Л. І., Музика О. В., Карпук Л. М., Каражбей Г. М., Зінченко О. А., Завгородня С. В. Порівняння міжнародних та вітчизняних шкал росту та розвитку рослин роду сорго (*Sorghum*) : методичні рекомендації. Київ : Нілан-ЛТД, 2019. 32 с.

9. Присяжнюк О. І., Сторожик Л. І., Завгородня С. В. Екологічна пластичність сорго зернового. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. <https://doi.org/10.21498/na.7.2019.204818>

10. Storozhyk L.I., Prysiazhniuk O.I., Humentyk M.Ya., Kulyk H.A. Efficiency of using the identification scales for growth and development stages of sorghum plants. *Plant Archives*, 2021. 21(2). pp. 498–509. <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.no2.077>

11. Negin B., Moshelion M. The advantages of functional phenotyping in pre-field screening for drought-tolerant crops. *Funct. Plant. Biol.*, 2016. 44. P. 107-118. doi: 10.1071/FP16156

12. Agrawal A.A. Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Science*, 2001. 294. P. 321–326. doi: 10.1126/science.1060701

13. Palmer A.R. Developmental plasticity and the origin of novel forms: unveiling cryptic genetic variation via “Use and Disuse.” *J. Exp. Zoo B. Mol. Dev. Evol.*, 2012. 318. P. 466-479. doi: 10.1002/jez.b.21447
14. Awan Z.K., Naseem Z., Masood S.A., Nasir B., Sarwar F., Amin E., Qurban A. How to improve *Sorghum bicolor* (L) Moench production: an overview. *Life Sci J.*, 2015. 12(3). P. 99–103.
15. El-Naim A.M., Ibrahim M.I., Mohammed E.A., Elshiekh A.I. Evaluation of some local sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes in rain-fed. *Int. J. Plant Res.*, 2012. 2(1). P. 15-20. doi: 10.5923/j.plant.20120201.03
16. Marais D.L., Hernandez K.M., Juenger T.E. Genotype-by-environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environment. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 2013. 44. P. 5–29. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135806
17. Ndiaye M., Muller B., Ganyo K.K. Phenotypic plasticity of plant traits contributing to grain and biomass yield of dual-purpose sorghum. *Planta*, 2021. 253, 82 doi: 10.1007/s00425-021-03599-z
18. Zegada-Lizarazu W., Monti A. Water uptake efficiency and above-and belowground biomass development of sweet sorghum and maize under different water regimes. *Plant Soil*, 2012. 351. P. 47-60. doi: 10.1007/s11104-011-0928-2
19. Антал Т. В. Польова схожість насіння пшениці ярої твердої залежно від сорту, удобрення в умовах Правобережного Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 80, Ч. 2. С. 157–160.
20. Роїк М. В., Правдива Л. А., Ганженко О. М. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива. Київ : Компринт, 2020. 21 с.
21. Кобута І. Ринок борошна в Україні. *Пропозиція*. 2000. № 6. С. 104–105.
22. Рожков А. О., Свиридова Л. А. Польова схожість насіння і виживання рослин сорго зернового залежно від впливу норми висіву та способу сівби. *Вісник ХНАУ. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2017. № 1. С. 99–109.

23. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 204 с.
24. Сайко В. Ф., Лобас М. Г., Яшовський І. В. та ін. Наукові основи ведення зернового господарства / за ред. В. Ф. Сайка. Київ : Урожай, 1994. 336 с.
25. Omer M. A., Saxton K. E., Bassett D. L. Optimum sorghum planting dates in western Sudan by simulated water budgets. *Agricultural Water Management*. 1988. Vol. 13, Iss. 1. P. 33–48. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(88\)90131-x](https://doi.org/10.1016/0378-3774(88)90131-x)
26. Anda A., Pinter L. Sorghum germination and development as influenced by soil temperature water content. *Agronomy Journal*. 1994. Vol. 86, Iss. 4. P. 621–624. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1994.00021962008600040008x>
27. Buldak L. R., Kaushik M. K., Sumeriya H. K. et al. Effect of various sowing dates and seed rates on growth, yield and economics of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes. *Annals of Biology*. 2016. Vol. 32, Iss. 2. P. 164–168.
28. Жатова Г., Коваленко М. Біологічна характеристика культури сорго. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Агрономія і біологія*. 2020. Т. 40, № 2. С. 14–22. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.2>
29. Saini L. H., Trivedi S. J., Davda B. K., Saini A. K. Effect of sowing dates on growth, yield and economics of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018. Vol. 7, Iss. 5. P. 535–538.
30. Гудзь В. П., Примах І. Д., Будионний Ю. В., Танчик С. П. Землеробство / за ред. В. П. Гудзя. 2-ге вид. перероб. та доп. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 464 с.
31. Бойко М. О. Аналіз структури врожаю гібридів сорго зернового при різних густотах посівів за двох строків сівби. *Онтогенез – стан проблеми і перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах* : збірник тез Міжнародної конференції (м. Херсон, 10–11 червня 2016 р). Херсон : Колос, 2016. С. 79–80.
32. Бойко М. О. Вплив густоти посіву та строків сівби на продуктивність гібридів сорго зернового в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки*

Причорномор'я. 2016. Вип. 3. С. 96–104.

33. Коваленко А. Технологія для сорго. *The Ukrainian Farmer*. 2014. № 3. С. 72–74.

34. 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.

35. Овсієнко І. А. Формування зернової продуктивності сорго залежно від агротехнічних заходів. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 1. С. 146–151.

36. Wachendorf M. Thermal use of agricultural biomass. *BOVA course «Energy Crops and Biomass Production»* (Tartu, Estonia, March 3–7, 2018). Tartu, 2008. 212 p.

37. Сторожик Л.І. Агробіологічні основи формування агрофітоценозів сорго цукрового як біоенергетичної культури в Степу та Лісостепу України: монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2018. 264 с.

38. Бойко М. О. Агробіологічне обґрунтування елементів технології вирощування гібридів сорго зернового в Південному Степу України : дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 – рослинництво / Херсонський державний аграрний університет. Херсон, 2017. 230 с.

39. Kimber C. T. Origin of domesticated sorghum and its early diffusion to India and China. *Sorghum Origin, History, Technology and Production* / C. W. Smith, R. A. Frederiksen (Eds.). New York, NY : John Wiley & Sons, 2003. P. 3–98.

40. Saleh A. S. M., Zhang Q., Chen J., Shen Q. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2013. Vol. 12, Iss. 3. P. 281–295. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12012>

41. Kumar A. A., Anuradha K., Ramaiah B. et al. Recent advances in sorghum bio fortification research. *Plant Breeding Review*. 2015. Vol. 39. P. 89–124. <https://doi.org/10.1002/9781119107743.ch03>

42. Самойленко А., Шевченко Т. Технологія вирощування сорго. *Agroexpert*. 2009. № 5. С. 14–16.
43. Кух М. В., Яланський О. В. Перспективи вирощування сорго зернового в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2011. Вип. 19. С. 112–116.
44. Овсієнко І. А. Особливості формування урожайності зерна сорго залежно від строків сівби. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 1. С. 21–28.
45. Герасименко Л. А. Ріст і розвиток рослин сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* L. Pers.) за різних строків сівби та глибини загортання насіння в умовах Центрального Лісостепу України. *Сортівивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 1. С. 76–78. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.1\(18\).2013.58764](https://doi.org/10.21498/2518-1017.1(18).2013.58764)
46. Каражбей Г. М., Тегун С. В. Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.) залежно від рівня мінерального живлення та густоти стояння. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 67–70.
47. Matei Gh. Study on yield features of sweet sorghum hybrids grown in South West of Romania. *SGEM 2016 Conference Proceedings*. 2016. Vol. 6, Iss. 1. P. 783–790.
48. Fernandez C., Fromme D., Grichar J. Grain sorghum response to row spacing and plant populations in the Texas Coastal Bend Region. *International Journal of Agronomy*. 2012. Vol. 2012. Article ID 238634. <https://doi.org/10.1155/2012/238634>
49. Бойко М. О. Обґрунтування агротехнічних прийомів вирощування сорго зернового в умовах Півдня України. *Науковий вісник НУБіП України. Серія : Агрономія*. 2016. Вип. 235. С. 33–39.
50. Макаров Л. Х., Скорий М. В. Соріз (технологія, селекція, насінництво, переробка). Херсон : Айлант, 2009. 224 с.

51. 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. Вип. 26. С. 67–75. <https://doi.org/10.47414/np.26.2018.211203>
52. Свиридова Л. А., Рожков А. О. Оцінка розвитку посівів сорго зернового за фенологічними спостереженнями. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 4. С. 18–23.
53. Шевчук О. А., Кришталь О. О., Шевчук В. В. Екологічна безпека та перспективи застосування синтетичних регуляторів росту у рослинництві. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2014. № 1. С. 34–38.
54. Бойко М. О. Формування асиміляційного апарату гібридів сорго зернового в залежності від строків сівби та густоти посівів. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2017. Вип. 97. С. 18–22.
55. Wortmann C. S., Ferguson R. B., Hergert G. W. et al. Nutrient management suggestion for grain sorghum. 2013. URL: <https://agronomy.unl.edu/faculty/ferguson/g1669.pdf>
56. Melaku N. D., Bayu W., Ziadat F. et al. Effect of nitrogen fertilizer rate and timing on sorghum productivity in Ethiopian highland Vertisols. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2018. Vol. 64, Iss. 4. P. 480–491. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1362558>
57. Ahmed A. G., Nabila Z. M., Hassanein M. S. Response of Grain Sorghum to Different Nitrogen Sources. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 2007. Vol. 3, Iss. 6. P. 1002–1008.
58. Бикін А. В., Антал Т. В., Найденко В. М. Фенологічні особливості сорго зернового залежно від впливу елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 12–21. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.2>
59. Макаров Л. Х. Соргові культури. Херсон : Айлант, 2006. 263 с.
60. Zhao D., Reddy K. R., Kakani V. G., Reddy V. R. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties

of sorghum. *European Journal of Agronomy*. 2005. Vol. 22, Iss. 4. P. 391–403. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.06.005>

61. Каражбей Г. М., Шпак П. І., Козловська М. С. та ін. Формування продуктивності залежно від стабільності та пластичності сортів сорго зернового. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 2. С. 150–154. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.2.2017.105396>

62. Грищенко Р. Є., Любич О. Г., Глієва О. В. Формування врожайності зерна сорго зернового різними системами пагонів залежно від удобрення культури. *Землеробство та рослинництво: теорія та практика*. 2021. Вип. 2. С. 55–60. <https://doi.org/10.54651/agri.2021.02.07>

63. Oprea C. A., Marin D. I., Bolohan C., Penescu A. Research regarding the influence of nitrogen and phosphorus fertilization on the yield of grain sorghum hybrids. *AgroLife Scientific Journal*. 2016. Vol. 6, Iss. 1. P. 150–156.

64. Каленська С. М., Гринюк І. П. Особливості росту і розвитку рослин сорго залежно від видових, сортових особливостей та удобрення культури в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17, Т. 1. С. 359–363.

65. Gebremariam G., Assefa D. Nitrogen Fertilization Effect on Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Yield, Yield Components and Witchweed (*Striga hermonthica* (Del.) Benth) Infestation in Northern Ethiopia. *International Journal of Agricultural Research*. 2015. Vol. 10, Iss. 1. P. 14–23. <https://doi.org/10.3923/ijar.2015.14.23>

66. Іващенко О. О. Бур'яни в агрофітоценозах. Київ : Світ, 2002. 236 с.

67. Бомба М. Проблеми та перспективи розвитку землеробства на початку третього тисячоліття. *Пропозиція*. 2002. № 10. С. 30–32.

68. Зуза В. С. Нова концепція рівня забур'яненості посівів сільськогосподарських культур при гербологічному моніторингу. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія : Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2011. № 1. С. 169–172.

69. Танчик С. П. Зміна забур'яненості посівів кукурудзи під впливом різних способів основного обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 1996. № 4. С. 49–51.

70. Іванець Г. І., Фантух О. О. Вплив систем обробітку на забур'яненість ґрунту та посівів. *Вісник аграрної науки*. 1994. № 6. С. 19–21.

71. Свиридов А. М., Колос М. О., Свиридова Л. А. Вплив технологій обробітку ґрунту на забур'яненість провідних зернових культур в Північному Степу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 2. С. 115–118.

72. Красноштан В. І., Карпенко В. П. Забур'яненість посівів сорго зернового за використання хімічних і біологічних препаратів. *Динаміка розвитку сучасної науки* : матеріали Міжнародної наукової конференції (м. Чернігів, 15 листопада 2019 р.). Чернігів, 2019. Т. 2. С. 95–97.

73. Dille J. A., Stahlman P. W., Thompson C. R. et al. Potential yield loss in grain sorghum (*Sorghum bicolor*) with weed interference in the United States. *Weed Technology*. 2020. Vol. 34, Iss. 4. P. 624–629. <https://doi.org/10.1017/wet.2020.12>

74. Thompson C. R., Dille J. A., Peterson D. E. Weed Competition and Management in Sorghum. *Sorghum: A State of the Art and Future Perspectives* / I. A. Ciampitti, P. V. Vara Prasad (Eds.). Agronomy Monograph. 2009. Vol. 58. P. 347–360. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr58.c15>.

За даними розділу опубліковано дев'ять друкованих праць:

1. Герасименко Л. А., Дубовий Ю. П. Захист посівів сорго зернового від бур'янів у Правобережному Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2018. № 3 (247). С. 24–25.

2. Правдива Л. А. Особливості росту і розвитку рослин сорго зернового в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*, 2020. № 2. С. 139–146. doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-139-146

3. Правдива Л. А. Контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго

зернового та їх вплив на ріст і розвиток рослин. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2021. Вип. 98. Частина 1. С. 182–191. doi: 10.31395/2415-8240-2021-98-1-182-191.

4. Правдива Л. А. Особливості росту рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Вип. 17. № 2. 139–145. doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236521

5. Правдива Л. А. Вплив мінерального живлення рослин на формування біометричних показників сорго зернового. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2022. № 1. С.43–52 doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-43-52

6. Правдива Л. А., Атаманюк О. М., Яланський О. В. Формування біометричних показників сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.) в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2022. № 2. С. 87–94 doi:10.33245/2310-9270-2022-174-2-87-94

7. Правдива Л. А. Особливості розвитку сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) залежно від норм висіву насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 129. С. 111–118. doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.15

8. Grabovskyi M., Fedoruk Y., Pravdyva L., Grabovska T., Kurylo V., Fedoruk N. Influence of agrotechnical and chemical measures on weediness in sweet Sorghum crops (*Sorghum Bicolor*) and the output of biogas. *EurAsian Journal of BioSciences*, 2018. № 12, 347–353.

9. Pravdyva L., Prysiazhniuk O., Khakhula V., Kachan L. & Panchenko T. Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) growth and development features under the influence of growth regulator. *Scientific Horizons*, 26(9), 2023. P. 120–130. DOI: 10.48077/scihor9.2023.120

РОЗДІЛ 4

ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

4.1. Фотосинтетичний потенціал посіву сорго звичайного двокольорового

Актуальною проблемою сільського господарства є підвищення продуктивності фотосинтезу, що зумовить формування високої урожайності культур. Вся суха маса урожаю утворюється на 95 % у процесі фотосинтезу. Частина сонячної радіації, що використовується в процесі фотосинтезу надходить в інтервал довжини хвиль від 0,38 до 0,71 мкм називається фотосинтетично активною, її показники використовуються в практиці програмування урожайності сільськогосподарських культур [1].

Основною ланкою у ланцюзі процесів, що спричиняють первинне утворення органічної речовини та урожаю є фотосинтез. Однак фотосинтетична діяльність посівів залежить від поглиненої кількості енергії сонячного світла, за нею визначають коефіцієнт використання на фотосинтез цієї енергії [2].

Загальна площа асиміляційної поверхні і вплив процесів фотосинтезу на одиницю площі листків визначають продуктивність фотосинтезу. Важливе значення має фотосинтетична продуктивність, так як сприяє підвищенню урожайності посівів досліджуваної культури, яка в свою чергу залежить від площі листової поверхні. Це і забезпечить основне збільшення збору надземної маси та зерна [3, 4].

Асиміляційна площа листків — це показник фотосинтетичної продуктивності, він змінюється в результаті впливу умов вирощування та елементів технології вирощування. Таким чином кожен елемент технології вирощування який застосовують для підвищення урожайності, є ефективним в тому разі, якщо забезпечується швидкий розвиток та формування оптимальної

площі листкової поверхні, підвищується продуктивність фотосинтезу, листки зберігаються тривалий період в активному стані, що сприятиме гарному використанню фотосинтезу для росту і розвитку органів рослин та накопичення найбільшої кількості речовин високої якості, які є цінними складовими урожаю рослин [5, 6].

Сорго звичайне двокольорове – це рослина з типом розвитку C_4 з високою фотосинтетичною здатністю і властивим високим потенціалом урожайності. Значний рівень стійкості до високих температур та адаптація до низьких за родючістю ґрунтів роблять цю культуру в майбутньому більш актуальною в зв'язку із зміною клімату для забезпечення продовольчої безпеки [7–9].

Як згадувалось вище, основним питанням в наукових дослідженнях є максимальне накопичення органічної речовини рослинами в процесі фотосинтезу, що визначає їх продуктивність [10].

За літературними даними, в умовах півдня України, чисту продуктивність фотосинтезу найінтенсивніше формували рослини сорго звичайного двокольорового, насіння яких висівали в III декаді квітня без зрошення та в II декаді травня в умовах зрошення [11].

У дослідженнях, які проводились в південному регіоні, найкраще формувався листковий апарат у гібридів сорго звичайного за раннього строку сівби – I декада травня [12].

Від площі листкової поверхні та продуктивності фотосинтезу залежить урожайність досліджуваної культури. І високою вона може бути, якщо листкова поверхня рослин буде максимальною, та як наслідок, сприятиме кращому процесу фотосинтезу. Загалом, ці показники залежать від багатьох факторів. Сумарна площа листків і інтенсивність процесів фотосинтезу на одиниці площі листків визначають продуктивність фотосинтезу рослин.

Вплив строків сівби і глибини загортання насіння сорго звичайного двокольорового на продуктивність фотосинтезу в умовах Правобережного Лісостепу України практично не вивчено [13], лише на півдні України вивченням цих питань займались: М. О. Бойко [14], який рекомендує здійснювати сівбу за

температури ґрунту на глибині загортання насіння 8–10 °С, тому що було отримано найвищу продуктивність і відповідно вищі фотосинтетичні показники сорго (індекс листкової поверхні тощо); дослідження Р. М. Василенка [11] показали, що найкраща фотосинтетична продуктивність сорго звичайного двокольорового отримана за сівби насіння у III декаді квітня: при цьому площа листкової поверхні становила 28,4 тис. м²/га, фотосинтетичний потенціал – 1,13 млн м² діб/га, чиста продуктивність – 3,7 г/м²/га, сівба у першій та другій декаді травня знижувала ці показники.

Доведено, що в динаміці площа листкової поверхні різнилась за всіх фаз росту і розвитку рослин залежно від сортових особливостей, строків сівби та глибини загортання насіння (табл. 4.1). Максимальна площа листкової поверхні спостерігалась у міжфазний період «викидання волоті–цвітіння» за сівби насіння, коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 12–14 °С (I декада травня) і за глибини загортання 4 та 6 см. У цей період рослини сорго звичайного двокольорового були добре забезпечені вологою і теплом.

За сівби насіння при температурі ґрунту 12–14 °С і глибини загортання 4 та 6 см площа листкової поверхні була достовірно більшою порівняно з сівбою за температури 5–6 °С та 16–18 °С обох сортів і становила 36,18–38,89 тис. м²/га у сорту Дніпровський 39 та 34,34–36,88 тис. м²/га у сорту Вінець. Менша площа листкової поверхні рослини за сівби при температурі 5–6 °С та 16–18 °С пояснюється нестачею тепла у першому випадку та нестачею вологи у другому.

Площа листкової поверхні залежала від глибини загортання насіння, найбільшою вона була за оптимальних глибин 4 та 6 см, зменшення глибини до 2 см або її збільшення до 8 см призводило до зменшення площі листкової поверхні в усі фази росту і розвитку незалежно від сортових особливостей та строків сівби. За сівби насіння при температурі ґрунту 12–14 °С у сорту Дніпровський 39 площа листків за глибини загортання 2 та 8 см становила, відповідно – 33,26 та 32,84 тис. м²/га, за сівби насіння при температурі ґрунту 16–18 °С, відповідно – 28,53 та 29,26 тис. м²/га, що істотно менше, ніж за сівби

на глибину 6 см. Аналогічна залежність спостерігається і за сівби при іншій температурі ґрунту обох сортів.

Таблиця 4.1

Площа листкової поверхні рослин сорго звичайного двокольорового залежно від сортових особливостей, строків сівби та глибини загортання насіння, тис. м²/га, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорти	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Глибина загортання насіння, см	Фаза росту та розвитку рослин				
			кущіння	вихід у трубку	викидання волоті–цвітіння	воскова стиглість	повна стиглість
Дніпровський 39	5–6 °С	2	7,52	22,45	27,92	15,32	3,53
		4	7,66	23,21	29,61	17,09	4,32
		6	7,70	24,29	31,24	17,83	4,74
		8	7,14	22,10	26,79	14,13	3,95
	12–14 °С	2	8,45	26,78	33,26	17,28	5,86
		4	8,77	28,42	36,18	19,16	6,29
		6	8,99	30,51	38,89	20,58	7,71
		8	8,54	27,19	32,84	17,40	5,92
	16–18 °С	2	7,71	24,42	28,53	15,36	4,82
		4	7,97	25,82	30,71	16,21	5,70
		6	8,32	26,17	32,98	16,73	5,81
		8	7,78	25,39	29,26	15,71	4,91
Вінець	5–6 °С	2	7,16	21,16	26,14	14,35	3,11
		4	7,48	22,41	27,81	14,97	3,74
		6	7,50	23,02	28,38	15,14	4,26
		8	7,08	21,24	25,96	14,19	3,04
	12–14 °С	2	8,19	25,23	31,61	15,58	4,92
		4	8,41	26,05	34,34	16,17	5,67
		6	8,79	26,68	36,88	17,76	6,49
		8	8,26	25,71	30,92	16,14	5,21
	16–18 °С	2	7,48	23,44	26,93	14,20	3,68
		4	7,82	24,58	29,14	14,86	4,45
		6	7,88	24,95	31,38	15,52	4,86
		8	7,61	24,11	27,69	15,08	4,55
НІР _{0,05}			A – 0,50; B – 0,34; C – 0,30; ABC – 0,92	A – 1,31; B – 1,09; C – 1,00; ABC – 1,86	A – 1,55; B – 1,26; C – 1,09; ABC – 2,19	A – 1,11; B – 1,00; C – 0,93; ABC – 1,44	A – 0,23; B – 0,45; C – 0,40; ABC – 1,03

Варто зазначити, що динаміка збільшення площі листової поверхні мала певну закономірність, а саме: від періоду появи сходів поверхня листків сорго звичайного двокольорового збільшувалась повільно, потім інтенсивніше до припинення утворення бічних пагонів та стеблуння, у міжфазний період «викидання волоті–цвітіння» сягала максимуму. Починаючи з фази молочної стиглості до повної стиглості зерна відбувалось інтенсивне пожовтіння і відмирання листків нижніх ярусів, унаслідок чого площа листової поверхні зменшувалась.

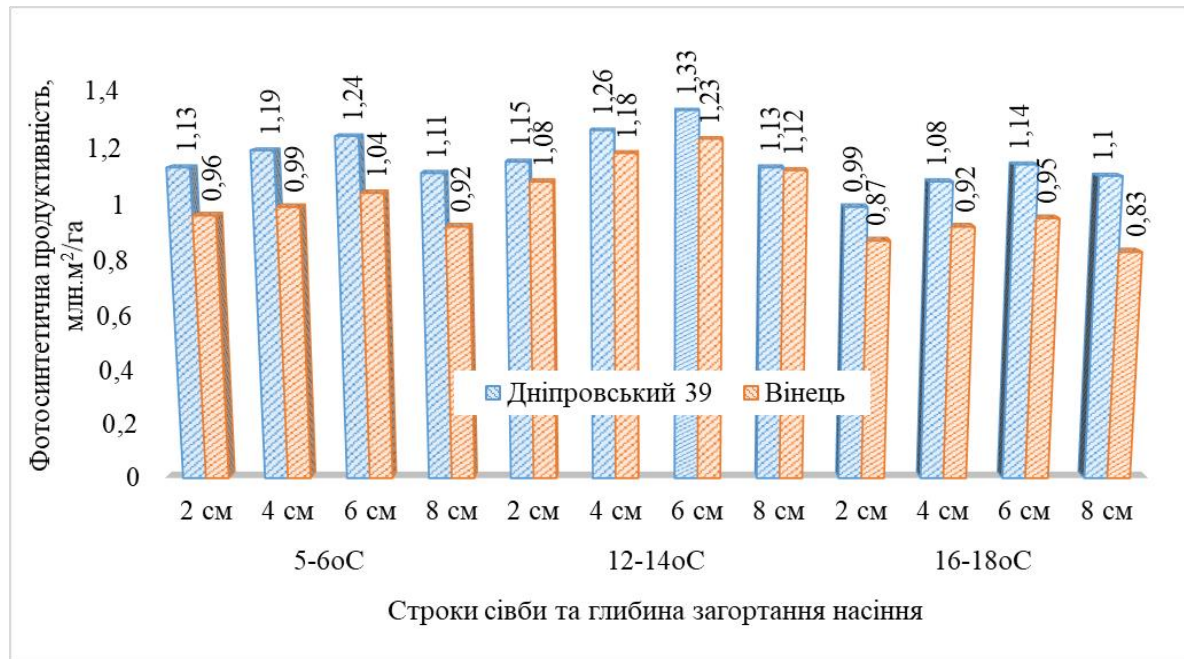
Велике значення для продуктивного використання сонячної енергії мала не тільки величина площі листової поверхні сорго звичайного двокольорового, а й кількість діб її активної діяльності. Тому для розрахунків використовували показник – фотосинтетичний потенціал посівів, який означає сумарну листову поверхню, що брала участь у фотосинтезі, від початку вегетації до закінчення фотосинтетичної продуктивності розділений на тривалість вегетації діб.

Достовірно вищий фотосинтетичний потенціал (рис. 4.1) спостерігали у рослин сорго звичайного двокольорового за сівби насіння при температурі ґрунту 12–14 °C і глибини загортання 4 та 6 см. Він становив 1,26 та 1,33 млн м²/га у сорту Дніпровський 39 і 1,18 та 1,23 млн м²/га у сорту Вінець.

За сівби насіння при температурі 5–6 °C цей показник був дещо меншим і, відповідно, становив 1,19 та 1,24 млн м²/га у сорту Дніпровський 39 та 0,99 і 1,04 млн м²/га у сорту Вінець. За сівби насіння при температурі 16–18 °C він був істотно меншим у сорту Дніпровський 39 і становив 1,08 і 1,14 млн м²/га, у сорту Вінець – 0,92 і 0,95 млн м²/га за оптимальних значень глибини загортання насіння.

За глибини загортання насіння 2 та 8 см фотосинтетичний потенціал був достовірно нижчим залежно від строків сівби, що пояснюють різними ґрунтово-кліматичними умовами у певний період росту та розвитку рослин сорго звичайного двокольорового. Так, за сівби насіння при температурі 5–6 °C він

становив у сорту Дніпровський 39 – 1,13 та 1,11 млн м²/га, у сорту Вінець – 0,96 та 0,92 млн м²/га; за сівби насіння при температурі 16–18 °С у сорту Дніпровський 39 – 0,99 та 1,1 млн м²/га, у сорту Вінець – 0,87 та 0,83 млн м²/га, відповідно.

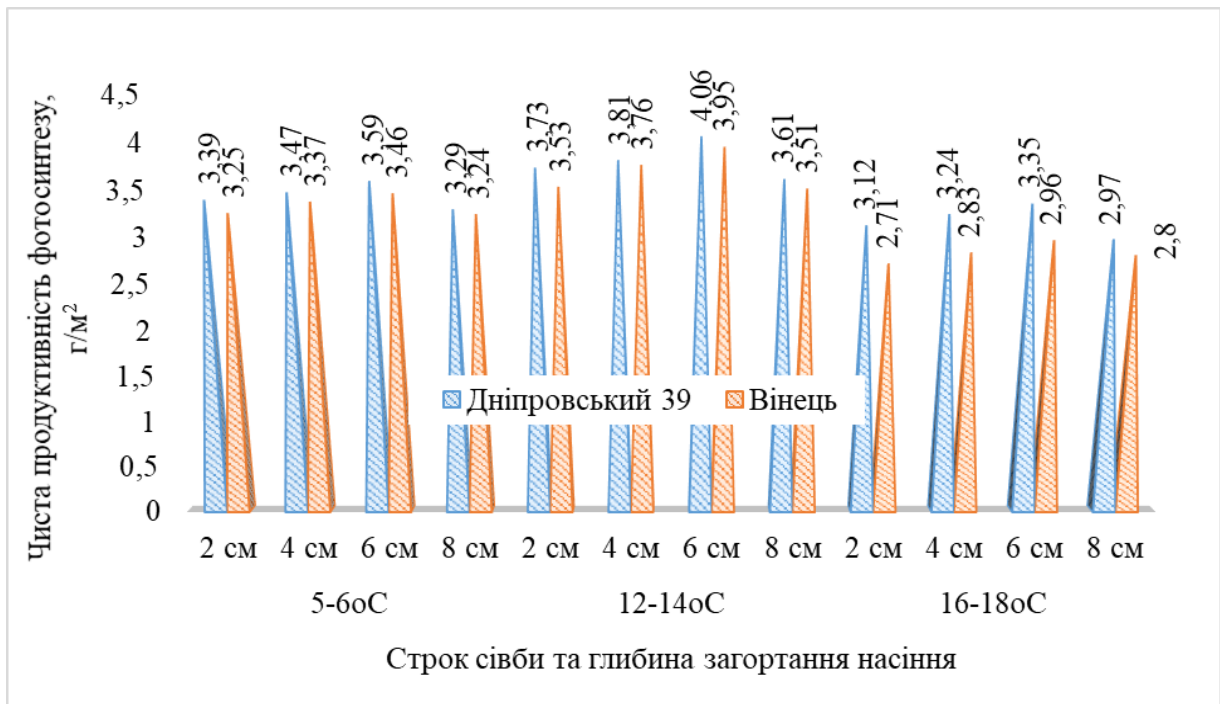


НР₀₅: А – 0,07; В – 0,06; С – 0,05; АВ – 0,04; АС – 0,03; ВС – 0,02; АВС – 0,10

Рис. 4.1. Фотосинтетичний потенціал рослин сорго звичайного двокольорового залежно від строків сівби та глибини загорання насіння, млн м²/га, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Основним показником, що характеризує інтенсивність фотосинтезу посівів і являє собою кількість сухої маси рослин в грамах, що синтезує 1 м² листової площі за добу є чиста продуктивність фотосинтезу.

Істотно вищу продуктивність роботи чистої продуктивності фотосинтезу асиміляційного апарата рослин сорго звичайного двокольорового обох сортів було отримано за сівби насіння при температурі 12–14 °С та глибини загорання 4 та 6 см. Вона становила у сорту Дніпровський 39 – 3,81–4,06 г/м² за добу, у сорту Вінець – 3,76–3,95 г/м² за добу (рис. 4.2).



НІР₀₅: А – 0,09; В – 0,07; С – 0,06; АВ – 0,05; АС – 0,04; ВС – 0,03; АВС – 0,13

Рис. 4.2. Чиста продуктивність фотосинтезу рослин сорго звичайного двокольорового залежно від строків сівби та глибини загорання насіння, г/м² за добу, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

За при іншій температурі та глибині загорання насіння відбувалося достовірне зменшення чистої продуктивності фотосинтезу. Так, сівби насіння при температурі 5–6 °C чиста продуктивність фотосинтезу дорівнювала у сорту Дніпровський 39 за глибини загорання насіння 2 см – 3,39 г/м² за добу, 4 см – 3,47 г/м² за добу, 6 см – 3,59 г/м² за добу та 8 см – 3,29 г/м² за добу. У сорту Вінець, відповідно, 3,25; 3,37; 3,46 та 3,24 г/м² за добу. За сівби насіння при температурі 16–18 °C чиста продуктивність була значно меншою і становила у сорту Дніпровський 39 за глибини загорання насіння 2 см – 3,12 г/м² за добу, 4 см – 3,24 г/м² за добу, 6 см – 3,35 г/м² за добу та 8 см – 2,97 г/м² за добу. У сорту Вінець, відповідно, 2,71; 2,83; 2,96 та 2,80 г/м² за добу.

За результатами обрахунку дисперсійного аналізу було встановлено частку впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу рослин сорго звичайного двокольорового (рис. 4.3).

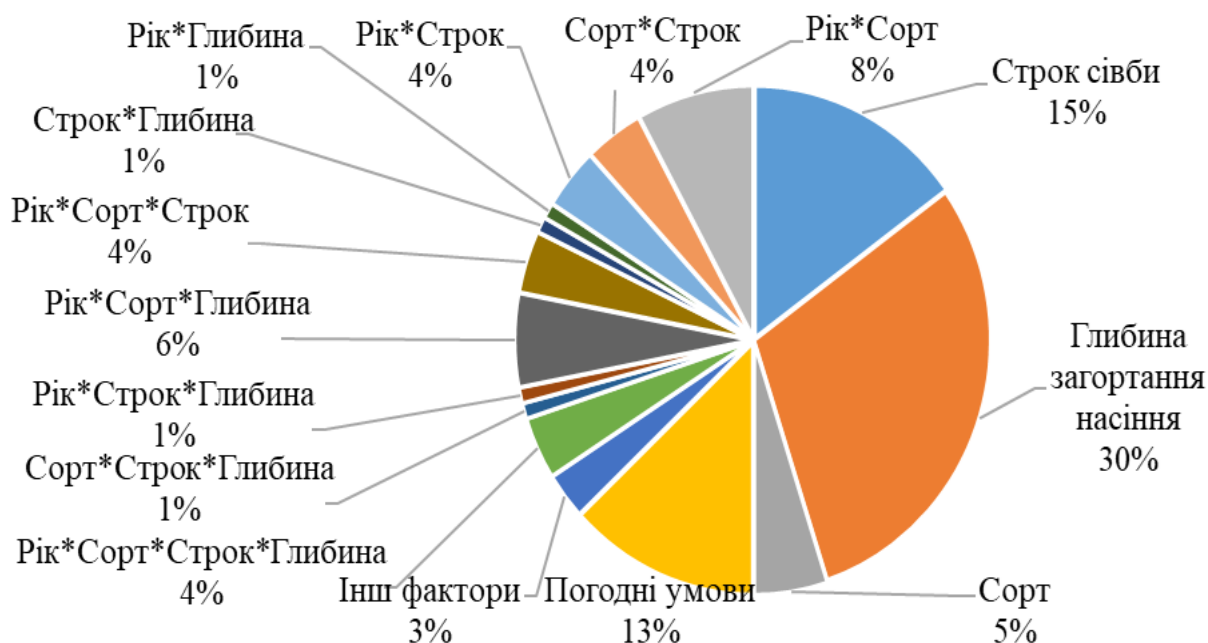


Рис. 4.3. Частка впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу, %, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Значно впливала на чисту продуктивність фотосинтезу рослин сорго звичайного двокольорового глибина загортання насіння – 29,7 %, дещо менше – строки сівби – 14,7 %, частка впливу сортових особливостей становила 5,3 %, фактору року – 12,8 %. Взаємодія факторів у сумі складала 37,5 %. Факторам, що не досліджувались, належало 8,5 %.

Площа листкової поверхні сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 та Самаран 6 в умовах Ялтушківської ДСС за вирощування у різні строки сягала максимуму за сівби насіння при температурі ґрунту 12–14 °С і становила, відповідно у фазу цвітіння 30,11 та 28,43 тис. м²/га (табл. 4.2). Фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу при цьому також була найбільшою і становила 1,33 млн. м²/га та 3,84 г/м² у сорту Дніпровський 39 та 1,28 млн. м²/га та 3,54 г/м² у сорту Самаран 6.

А за часткою впливу факторів найбільш вагомо ЧПФ визначали строк сівби (24%), сорт (16%) та взаємодія факторів (17%) (рис. 4.4). Аналогічна тенденція спостерігається і за вирощування сорго звичайного на Іванівській та Веселоподільській станції.

Таблиця 4.2

**Фотосинтетична продуктивність сорго звичайного двокольорового
залежно від сортових особливостей та строків сівби,
середнє за 2016–2020 рр., ЯДСС**

Сорт	Температура грунту, °С, на глибині 10 см	Площа листкової поверхні, тис. м ² /га, у фазі:				Фотосинтетичний потенціал, млн м ² /га	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ²
		кущіння	вихід в трубку	цвітіння	повна стиглість		
Дніпровський 39	5–6 °С	7,68	23,10	26,2	2,11	1,14	2,91
	12–14 °С	8,12	24,93	30,11	2,84	1,33	3,84
	16–18 °С	7,84	24,20	28,30	2,53	1,28	3,47
Самаран 6	5–6 °С	7,44	22,39	25,14	1,99	1,13	2,42
	12–14 °С	7,98	23,85	28,43	2,58	1,28	3,54
	16–18 °С	7,51	23,40	26,96	2,44	1,21	3,12
НІР _{0,05}		0,25	1,13	1,46	0,21	0,13	0,17

За оптимальних умов вирощування площа листкової поверхні найвища і становить за сівби насіння у І та ІІ декаді травня в умовах Іванівської ДСС (табл. 4.3) у Дніпровський 39 – 26,70 та 25,88 тис. м²/га у фазу цвітіння та у Самаран 6 у цей же період – 25,87 та 25,11 тис. м²/га. Фотосинтетичний потенціал при цьому становив у сорту Дніпровський 39 – 1,30 та 1,31 млн. м²/га, у сорту Самаран 6 – 1,24 та 1,21 млн. м²/га. Чиста продуктивність фотосинтезу – 3,40 та 3,32 г/м² у Дніпровський 39, 3,42 та 3,12 г/м² у Самаран 6.

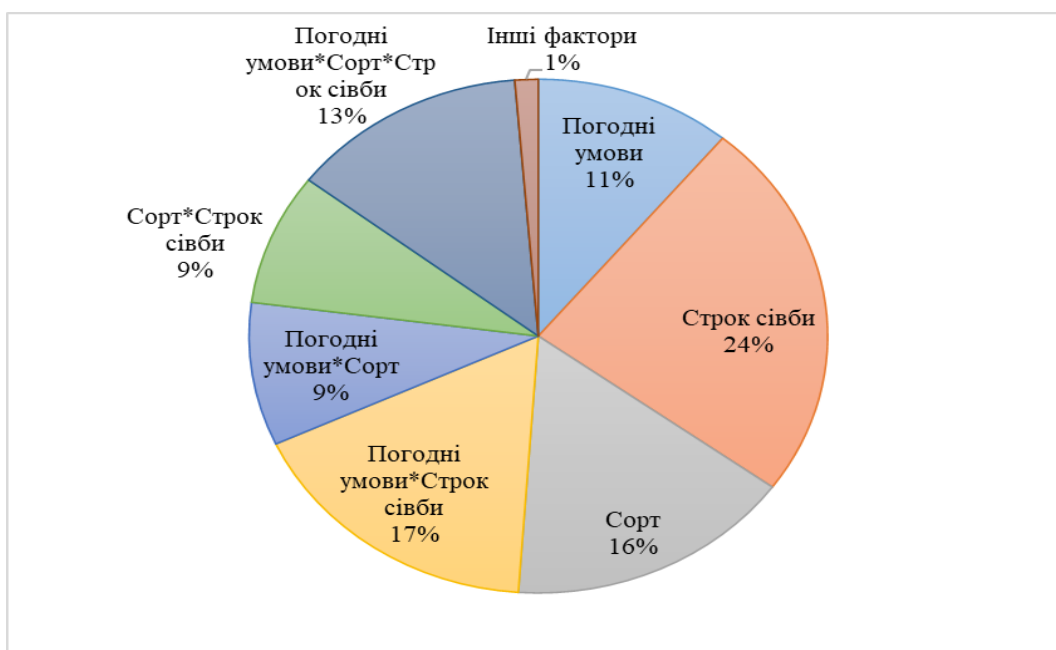


Рис. 4.4. Частка впливу факторів на чисту продуктивність фотосинтезу, % середнє за 2016–2020 рр., ЯДСС

Таблиця 4.3

Фотосинтетична продуктивність сорго звичайного двокольорового залежно від сортових особливостей та строків сівби, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Площа листкової поверхні, тис. м ² /га, у фазі:				Фотосинтетичний потенціал, млн м ² /га	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ²
		кущіння	вихід в трубку	цвітіння	повна стиглість		
Дніпровський 39	5–6 °С	7,20	22,67	35,8	2,21	1,24	3,02
	12–14 °С	7,64	23,58	37,4	2,78	1,31	3,40
	16–18 °С	7,52	22,95	36,7	2,80	1,30	3,32
Самаран 6	5–6 °С	6,98	20,36	34,2	2,11	1,18	2,94
	12–14 °С	7,34	21,64	36,8	2,43	1,24	3,42
	16–18 °С	7,12	20,87	35,9	2,35	1,21	3,12
НІР _{0,05}		0,20	1,04	1,20	0,19	0,10	0,15

Розглянемо також особливості формування впливу факторів на чисту продуктивність фотосинтезу (рис. 4.5).

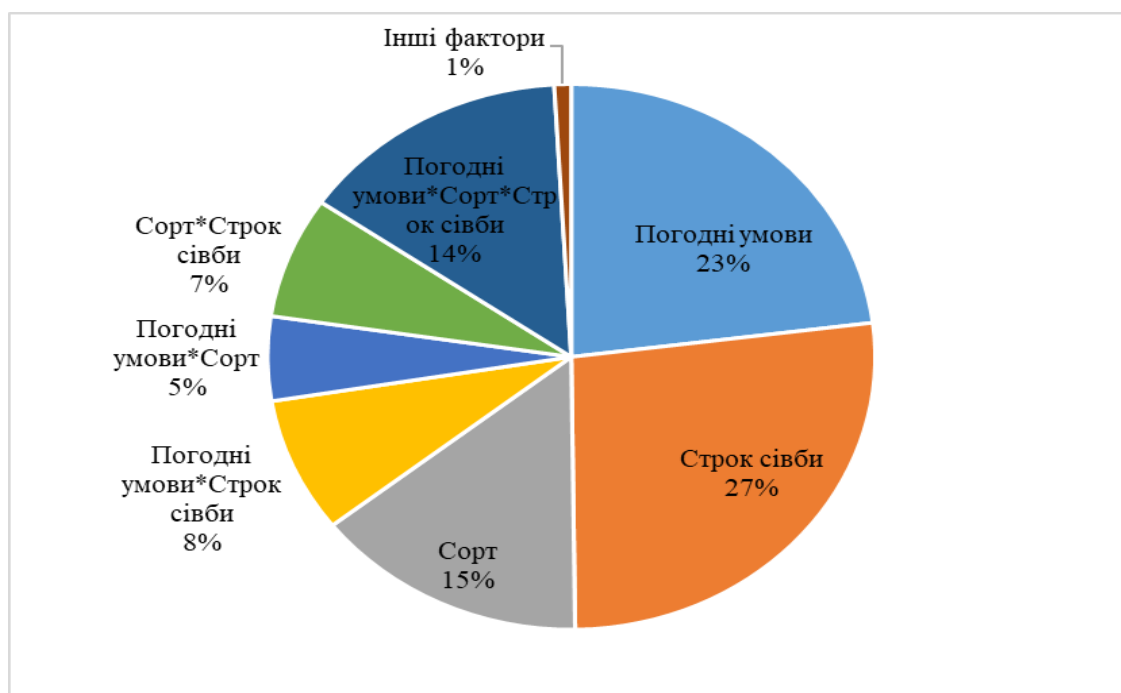


Рис. 4.5. Частка впливу факторів дослідження на чисту продуктивність фотосинтезу, %, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС

На відміну від умов ЯДСС відмічено, що значно збільшився вплив погодних умов року до 23 %, та в зв'язку з цим зросли і впливи строків сівби до 27%, при цьому сортові взаємодії обмежено визначали зміну частки чистої продуктивності фотосинтезу на рівні 15 %.

В середньому за роки проведення досліджень найкраща фотосинтетична продуктивність відмічена у обох сортів за сівби насіння у I та II декаді травня (табл. 4.4). За сівби у III декаді квітня, коли температура ґрунту становила 5–6 °C показники фотосинтезу були нижчими: площа листкової поверхні у фазу інтенсивного наростання становила – 23,31 тис. м²/га у сорту Дніпровський 39 та 27,73 тис. м²/га у сорту Самаран 6. Показник сумарної листкової поверхні, що бере участь у фотосинтезі та кількість сухої маси рослин також була меншою і становила відповідно 1,13 млн м²/га та 3,19 г/м², і 1,12 млн м²/га та 3,14 г/м², відповідно.

Таблиця 4.4

**Фотосинтетична продуктивність сорго звичайного двокольорового
залежно від сортових особливостей та строків сівби, середнє за 2016–
2020 рр., ВПДСС**

Сорт	Температура грунту, °С, на глибині 10 см	Площа листкової поверхні, тис. м ² /га, у фазі:				Фотосинтетичний потенціал, млн м ² /га	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ²
		кущіння	вихід в трубку	цвітіння	повна стиглість		
Дніпровський 39	5–6 °С	7,72	23,65	28,31	4,75	1,13	3,19
	12–14 °С	7,81	24,10	35,28	5,92	1,24	3,56
	16–18 °С	7,80	23,78	33,18	5,74	1,23	3,42
Самаран 6	5–6 °С	7,62	22,54	27,73	3,99	1,12	3,14
	12–14 °С	7,76	23,82	34,15	5,26	1,20	3,49
	16–18 °С	7,52	23,34	31,40	4,92	1,19	3,40
НІР _{0,05}		0,24	1,11	1,32	0,20	0,11	0,16

Частка впливу факторів на чисту продуктивність фотосинтезу сорго звичайного в умовах ВПДСС (рис. 4.6) була близькою за розподілом до ІДСС, серед вагомих чинників впливів можна виділити такі як: строк сівби (25 %), погодні умови (22 %), сорт (13 %) та взаємодію факторів. Причому на рівні взаємодій істотні відмінності спостерігались як в плані індивідуальних так і сумарних впливів факторів.

Таким чином, визначення оптимальних елементів технології вирощування сорго звичайного двокольорового, а саме строків сівби, які застосовують з метою підвищення продуктивності, є ефективним за умови, якщо забезпечується швидкий ріст і розвиток площі листкової поверхні рослин, підвищується продуктивність фотосинтезу, листки як найдовше зберігаються в активному стані впродовж вегетаційного періоду, що сприяє кращому використанню

продуктивності фотосинтезу для інтенсивного росту та розвитку генеративних органів рослин і накопичення в них великої кількості якісних органічних речовин, які є основними складовими врожайності культури.

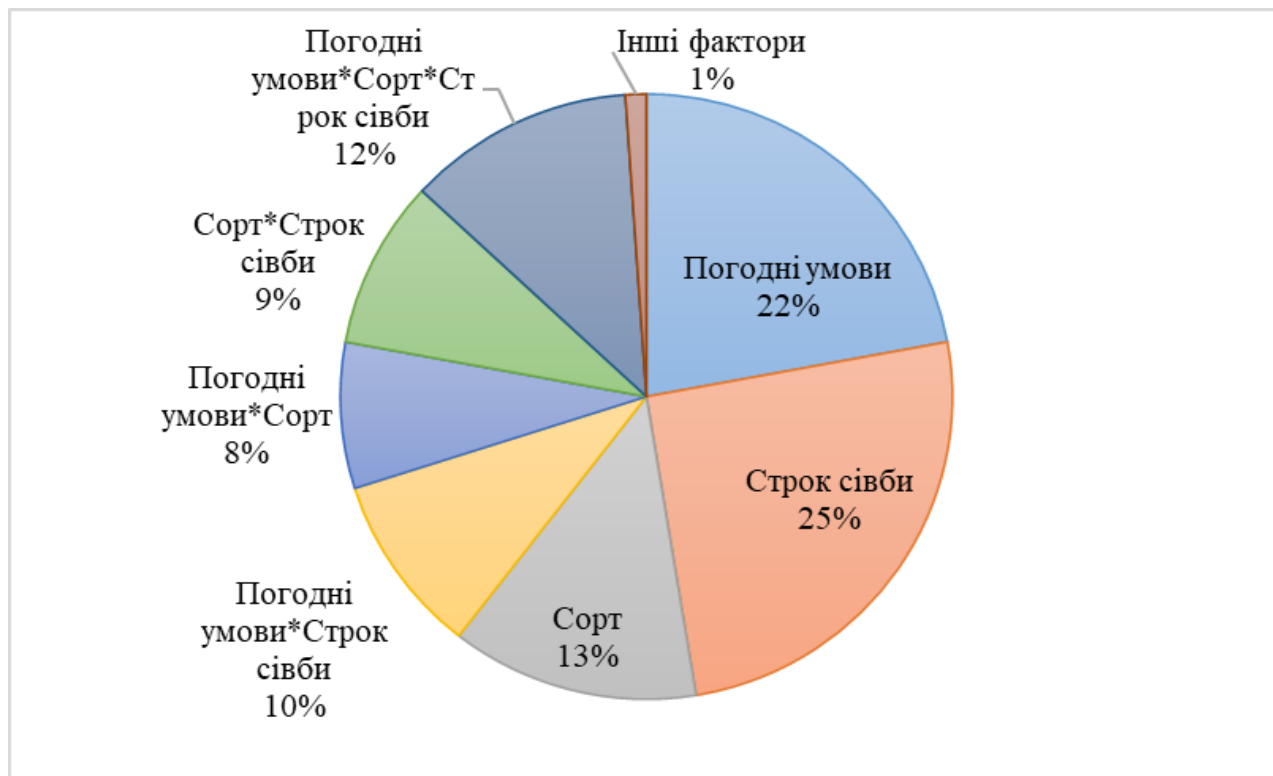


Рис. 4.6. Частка впливу факторів дослідження на чисту продуктивність фотосинтезу, %, середнє за 2016–2020 рр., ВПДСС

Формування високопродуктивних посівів сільськогосподарських культур – складний багатогалузевий процес закономірних змін росту і розвитку рослин [15], у якому беруть участь велика кількість екзогенних і ендегенних чинників, що «регламентують» рівень розкриття генетичного потенціалу продуктивності рослин. Впродовж онтогенезу в рослинах поетапно відбуваються генетично зумовлені закономірні зміни, які базуються на послідовній реалізації програми розвитку рослин. Дослідження зв'язку агротехнічних чинників вирощування, дасть можливість управляти продукційним процесом посівів сорго звичайного двокольорового.

Проведені дослідження [16], довели доцільність застосування стимулятора росту Вегестим під час вирощування сорго звичайного двокольорового. З точки зору агрономічної ефективності кращим був варіант у якому цим препаратом обробляли насіння перед сівбою та проводили два фоліарні підживлення – на початку трубкування та викидання волотей. У середньому за роками та досліджуваними гібридами сорго звичайного двокольорового, врожайність зерна сорго в цьому варіанті була найвищою в досліді – 5,28 т/га.

В дослідженнях авторів [17], зазначено, що максимально сприятливі умови для формування вмісту пігментів у тканинах листків сорго звичайного двокольорового складаються за комплексного застосування препаратів Цитадель 25 OD, Ендофіт L1 і Біоарсенал, що супроводжується зростанням вмісту хлорофілів а, b, а+b і каротиноїдів у середньому на 7,4 – 9,1%, 16,0 – 18,3%, 9,4 – 11,2% і 35,5 – 40,2% відповідно. Це вказує на те, що використання гербіциду Цитадель 25 OD сумісно з регулятором росту рослин Ендофіт L1 і біопрепаратом Біоарсенал є ефективним заходом, що дозволяє знизити негативну дію ксенобіотика на пігментний комплекс рослин сорго звичайного двокольорового.

За даними науковців [18], досліджено, що за комплексного застосування «Агростимуліну» отримали суттєве збільшення врожайності насіння сорго багаторічного (1,7 т/га), що істотно перевищувало контроль на 0,5т/га та інші варіанти досліду (на 0,1–0,2т/га). Встановлено також, що початкові темпи проходження міжфазних періодів росту й розвитку рослин сорго багаторічного скорочуються за використання «Агростимуліну».

Спостереження науковців [19], показують, що застосування регулятора росту та мікроелементів мало значний вплив на ріст, розвиток та врожайність сорго звичайного двокольорового. Покращення параметрів росту за допомогою препаратів може бути наслідком їх ролі в модифікації різних фізіологічних та метаболічних процесів.

Дослідження авторів [20], свідчать, що найвищий урожай зеленої маси отримано за густоти 250 тис. рослин/га та обробки насіння стимулятором росту

Вимпел 2 (0,5 л/т) + позакореневе підживлення у фазі кущення (0,5 л/га) за сівби гібрида Довіста – 98,8 т/га, що на 5,3 т/га більше, ніж у гібрида Гулівер.

Визначено авторами [21], що за вирощування гібрида сорго Брігга кращі показники збору енергії з зерном було отримано на варіантах позакоренево-го удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, 2 л/га в поєднанні з регулятором росту Стимпо – 116,72 ГДж/га. А за вирощування гібриду сорго Ютамі на варіанті застосування позакореневого удобрення мікродобривом Альфа-Гроу-Екстра, в комбінації з обома регуляторами росту отримано мінімальну різницю та максимум збору енергії – 134,58 та 134,39 ГДж/га.

За даними Любича В.В. [22], встановлено, що на енергію проростання та лабораторну схожість сорго позитивно впливає застосування регулятора росту рослин і підвищує їх на 4–7 % порівняно з варіантом контроль.

На основі проведених досліджень інших вчених варто зазначити, що стимулятори росту мають позитивний вплив на посівні якості насіння, ріст і розвиток рослин, а також на продуктивність сорго. Однак, кількість досліджень щодо вивчення впливу стимуляторів росту на фотосинтетичну продуктивність сорго звичайного двокольорового практично відсутня, тому вимагає подальшого вивчення.

Фотосинтетична продуктивність посівів має значний вплив на врожайність сорго звичайного двокольорового, яка в свою чергу залежить від площі листкової поверхні. Збір біомаси та органічної речовини також залежить від її величини. Встановлено, що площа листкової поверхні різнилася як за періодами росту і розвитку рослин, так і від застосування стимулятора росту. Загалом оброблення насіння та посівів підвищувало площу листкової поверхні порівняно з контролем на 20–55 % залежно від фази розвитку (табл. 4.5).

У фазу цвітіння площа листкової поверхні рослин мала максимальні значення, після чого знижувалась до повного досягання зерна, і становила 33,5 тис.м²/га в контролі, 36,1 тис.м²/га з обробленням насіння стимулятором росту, 38,9 тис.м²/га за обприскування лише посівів та 40,32 тис.м²/га з

обробленням насіння і посівів. Дослідження показало, що в контролі площа листової поверхні мала найнижчі показники.

Таблиця 4.5

**Вплив стимулятора росту на площу листової поверхні рослин сорго
звичайного двокольорового, середнє за 2016–2019, БЦДСС**

Варіант		Площа листової поверхні, тис.м ² /га, у фазі:			
		кущіння	вихід в трубку	цвітіння	повна стиглість
Оброблення насіння (фактор А)	Оброблення водою – контроль	6,83	20,4	33,5	3,19
	Оброблення насіння стимулятором росту рослин	7,92	27,2	36,1	4,12
Обприскування посівів (фактор В)	Без оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	8,15	28,6	38,9	4,68
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	8,56	29,6	40,32	4,97
НІР _{0,05}		0,11	0,98	1,36	0,13

Тривалість функціонування утворюваної площі листової поверхні рослин є важливою умовою для забезпечення високої врожайності та виражається показником фотосинтетичного потенціалу. Цей показник за період вегетації дає загальну характеристику фотосинтетичної діяльності рослин і залежно від умов вирощування варіює в значних межах.

Фотосинтетичний потенціал змінювався залежно від розміру площі листової поверхні впродовж періоду вегетації. Найвищим він був, у варіанті, де застосовували стимулятор росту на насінні та посівах і становив 1,31 млн. $\text{м}^2 \times \text{діб} / \text{га}$; у варіанті, де обробляли лише насіння та посіви був нижчим на 3–5 %. І найменший показник фотосинтетичного потенціалу (1,21 млн. $\text{м}^2 \times \text{діб} / \text{га}$) спостерігався у контролі, де не був застосований стимулятор росту (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу сорго звичайного двокольорового залежно від застосування стимулятора росту, середнє за 2016–2019, БЦДСС

Варіант		Фотосинтетичний потенціал, $(\text{млн. м}^2 / \text{га}) \times \text{діб}$	Чиста продуктивність фотосинтезу, $\text{г} / \text{м}^2$
Оброблення насіння (фактор А)	Оброблення водою – контроль	1,21	4,67
	Оброблення насіння стимулятором росту рослин	1,24	4,94
Обприскування посівів (фактор В)	Без оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	1,27	5,46
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	1,31	6,12
НІР _{0,05}		0,04	0,08

Одним з важливих показників фотосинтетичного потенціалу рослин є чиста продуктивність фотосинтезу, яка показує відношення добового приросту сухої речовини до площі листків, тобто інтенсивність роботи асиміляційної поверхні рослин сорго.

З початком розвитку рослин поступово збільшувалася продуктивність фотосинтезу, яка досягала максимуму на 65 день після появи сходів, після чого наступало різке зниження. Досліджено, що чиста продуктивність залежить від застосування стимулятора росту, при цьому найбільш високі значення були отримані в групі, де насіння та посіви були оброблені стимулятором росту і становили 6,12 г/м². У інших варіантах досліду чиста продуктивність фотосинтезу зменшувалась до 4,67 г/м².

Процес фотосинтезу, що відбувається в листках, сприяє із зовнішнього середовища засвоєнню вуглекислоти, за рахунок енергії сонячного світла та перетворення її в хімічну енергію органічних речовин. Дану функцію виконує хлорофіл, що входить до клітинного складу листя рослин. Загальна кількість хлорофілу та їх концентрація в листках рослин є важливим фізіологічним параметром. Він характеризує потенційну потужність фотосинтетичного апарату залежно від фази розвитку культури, реакцію рослин на дію різних факторів впливу (стимулятора росту, природні екологічні чинники, мінеральне живлення, тощо) і має тісний зв'язок із біологічною продуктивністю рослинного організму.

Вміст хлорофілу в листках рослин сорго звичайного двокольорового за фазами росту і розвитку поступово зростає і був максимальний у фазі викидання волоті, у фазі воскової та повної стиглості інтенсивно знижувався залежно від варіантів досліду.

Результати дослідження показали істотну різницю вмісту хлорофілу *a* і *b* у листках рослин сорго від періоду кушіння до повної стиглості (табл. 4.7). Велике значення для утворення хлорофілу у рослинах сорго звичайного двокольорового має стимулятор росту.

Так, оброблення насіння та посівів стимулятором росту, порівняно з контролем, підвищило вміст хлорофілу *a* у фазі викидання волоті на 18,4 %, вміст

хлорофілу *в* на 18,8 %. За використання препарату лише на насінні та лише на посівах вміст хлорофілу *а* підвищувався на 3,30 та 6,35 %, хлорофілу *в* на 5,88 та 13,2 %. Найменша їх кількість спостерігалася у контролі. Аналогічне збільшення вмісту хлорофілу *а* і *б* було в фазах росту і розвитку рослин кушіння та стеблуння, порівняно з контролем.

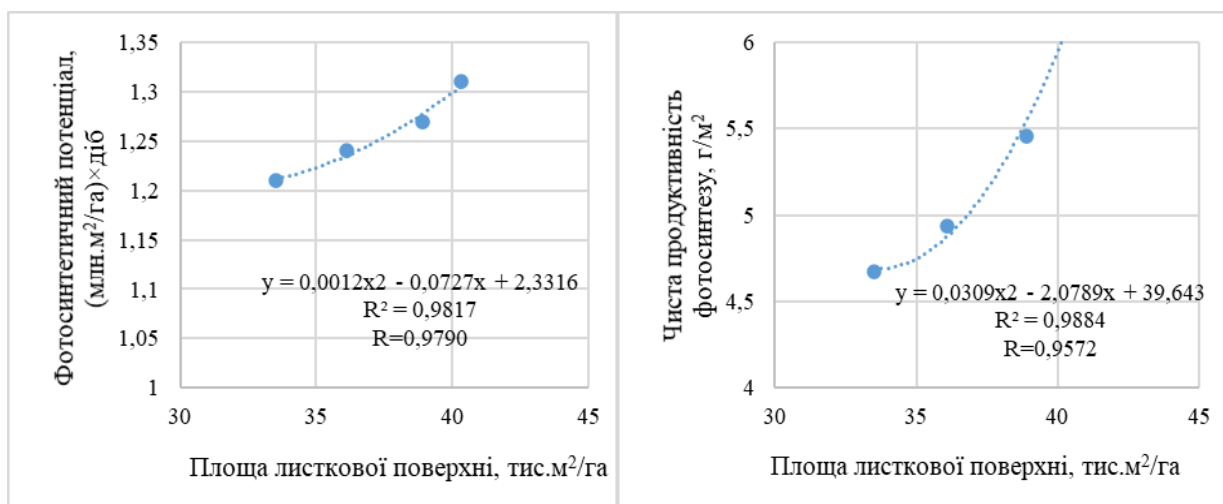
Таблиця 4.7

Вміст хлорофілу у рослинах сорго звичайного двокольорового залежно від застосування стимулятора росту, мг/г сухої речовини, середнє за 2016–2019, БЦДСС

Варіант		Фаза росту і розвитку рослин:											
		Кушіння			Стеблуння			Викидання волоті			Повна стиглість		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>
Оброблення насіння	Оброблення водою – контроль	2,70	0,82	3,52	2,93	0,87	3,8	3,24	1,12	4,36	1,54	0,62	2,16
	Оброблення насіння стимулятором росту рослин	2,84	0,85	3,69	3,08	0,91	3,99	3,35	1,19	4,54	1,58	0,65	2,23
Обприскування посівів	Без оброблення насіння + обприскування	2,88	0,89	3,77	3,14	0,94	4,08	3,46	1,29	4,75	1,61	0,68	2,29
	Оброблення насіння + обприскування	2,98	0,94	3,92	3,22	0,99	4,21	3,97	1,38	5,35	1,66	0,70	2,36

Найвищі показники вмісту хлорофілу в усіх фазах росту і розвитку рослин отримано за комплексного застосування стимулятора росту – для оброблення насіння і посівів.

Кореляційно-регресійний аналіз даних між фотосинтетичним потенціалом та площею листкової поверхні представлений поліномом другого порядку і рівняння має вигляд $y = 0,0012x^2 - 0,0727x + 2,3316$. Встановлено сильну кореляцію, при цьому коефіцієнт склав $R=0,9790$, а коефіцієнт детермінації $R^2=0,9817$ (Рис. 4.7 а). Між чистою продуктивністю фотосинтезу та площею листкової поверхні встановлено сильний зв'язок $R=0,9572$, а коефіцієнт детермінації $R^2=0,9884$. Кореляційно-регресійний зв'язок представлений поліномом другого порядку і рівняння має вигляд $y = 0,0309x^2 - 2,0789x + 39,643$ (Рис. 4.7 б).



а

б

Рис. 4.7. Кореляційно-регресійний зв'язок (а) між фотосинтетичним потенціалом та площею листкової поверхні та (б) між чистою продуктивністю фотосинтезу та площею листкової поверхні, середнє за 2016–2019, БЦДСС

За результатами проведених досліджень встановлено вплив передпосівного оброблення насіння та посівів стимулятором росту рослин на фотосинтетичну продуктивність сорго звичайного двокольорового. Отримані дані – статистично достовірні, відповідні та характерні для вирощування в різних ґрунтових умовах із застосуванням стимулятора росту.

Площа листової поверхні в досліді варіювала залежно від періодів розвитку рослин та від застосування стимулятора росту і сягала 40,32 тис. м²/га у період цвітіння за оброблення насіння і обприскування посівів. Тривалість листової поверхні виражена фотосинтетичним потенціалом який знаходився в межах від 1,21 до 1,31 млн.м²/га×діб. В середньому чиста продуктивності фотосинтезу збільшувалась до 6,12 г/м² за добу. Отримані результати кореляційного аналізу дали можливість встановити визначальні фактори впливу на урожайність сорго звичайного двокольорового. Доведено, що із високими показниками фотосинтетичної продуктивності, істотно підвищувалась урожайність зерна та біомаси, при цьому коефіцієнт кореляції становив $R=0,9930$ та $R=0,9259$.

4.2. Фотосинтетична продуктивність залежно від сортових особливостей та способів сівби

За даними Дзюбецького Б. та інших авторів [23] досліджено, що спосіб сівби визначається біологічними потребами рослин до площі живлення, освітлення, забезпечення вологою, проведення догляду за посівами, тощо. Зі способом сівби насіння та густотою стояння пов'язані: живлення рослин, водоспоживання, транспірація, фотосинтез, тощо. Зміна величини та площі живлення призводить до регулювання таких процесів: інтенсивність росту та куціння, час та рівномірність дозрівання. Інтенсивна куцистість рослин та формування гарної волоті, а відповідно й урожайність насіння, спостерігається за розміщення невеликої кількості рослин на одиниці площі. Загущення посівів, зменшує куціння рослин, і як наслідок знижується маса зерна у волоті, однак за рахунок збільшення продуктивного стеблостою врожайність не знижується. Це і дає пояснення багатогранності різних способів сівби та густоти стояння рослин.

Завдання з розробки елементів технології вирощування сорго звичайного двокольорового як енергетичної культури, є актуальним, і як результат, забезпечить максимальне накопичення енергетично корисних речовин у рослинах завдяки фотосинтезу.

Урожайність насіння сільськогосподарських культур залежить від фотосинтезу рослин, яка залежить від кліматичних умов та елементів технології вирощування. В одному випадку фактори людиною неконтрольовані, а в іншому – відповідно, залежать від її діяльності [24].

Як свідчать дані Свиридової Л.А. [25], високий фотосинтетичний потенціал гібридів сорго звичайного двокольорового в умовах Східного Лісостепу України спостерігали за висівання насіння з нормою 240 тис. шт./га. Найбільший показник чистої продуктивності фотосинтезу в середньому за вегетаційний період був на посівах гібрида з шириною міжрядь 45 см і нормою висіву 240 тис. шт./га.

У дослідженнях Овсієнка І.А. [26] проведених у Лісостепу України рекомендовано висівати сорго звичайне двокольорове з шириною міжрядь 45 см з нормою висіву 300–400 тис. шт./га.

Від площі листової поверхні та фотосинтетичної діяльності рослин залежить врожайність досліджуваної культури. І максимальною вона може бути, якщо площа листової поверхні буде максимальною, і в результаті, сприятиме кращому процесу фотосинтезу. В цілому, ці показники залежать від багатьох факторів, одними з них є способи сівби та норма висіву насіння, визначення яких покращить діяльність фотосинтезу агроценозів сорго звичайного двокольорового.

Фотосинтетична діяльність рослин має важливе значення, зумовлюючи підвищення продуктивності посівів сорго звичайного двокольорового, яка значною мірою залежить від площі листової поверхні. Саме це забезпечує основне збільшення збору біомаси і органічної речовини.

На основі результатів досліджень встановлено, що площа листової поверхні на одиниці посіву змінювалась під впливом норми висіву насіння сорго звичайного двокольорового, як у сорту Дніпровський 39, так і у сорту Вінець (табл. 4.8). Збільшувалась вона із збільшенням норми висіву насіння від 150 до 250 тис. шт./га. Щодо ширини міжрядь, то із збільшенням від 15 до 45 см площа листової поверхні збільшувалась, а від 45 до 70 см – зменшувалась.

Досліджено, що площа листової поверхні рослин сорго звичайного двокольорового сягала максимуму у міжфазний період «викидання волоті –

цвітіння». Найбільшою вона була за сівби з шириною міжрядь 45 см і становила за норми висіву 150 тис. шт./га – 34,8 тис. м²/га у сорту Дніпровський 39 та 32,7 тис. м²/га у сорту Вінець. За норми 200 тис. шт./га у сорту Дніпровський 39 – 37,8 тис. м²/га, у сорту Вінець – 35,6 тис. м²/га та за норми 250 тис. шт./га відповідно 38,2 та 36,9 тис. м²/га. За ширини міжрядь 15 та 70 см відбувається зниження площі асиміляційної поверхні, це пояснюється тим, що відбувається деформація площі живлення рослин внаслідок зменшення та збільшення ширини міжрядь і кількості рослин на одиниці довжини рядка, відповідно підвищення конкуренції рослин у посівах упродовж всього періоду росту й розвитку.

Важливою умовою для забезпечення врожайності є тривалість функціонування сформованої площі листкової поверхні посівів, що виражається показником фотосинтетичного потенціалу, який дає сумарну характеристику фотосинтетичної діяльності рослин за період вегетації. Він може варіювати в широких межах, залежно від ґрунтово-кліматичної зони та умов вирощування даної культури. Залежно від розміру асиміляційної поверхні в період вегетації змінювався і фотосинтетичний потенціал (табл. 4.8).

Найвищим він був за сівби насіння з шириною міжрядь 45 см і становив 1,13 – 1,29 млн. м²×діб /га у сорту Дніпровський 39 та 1,10 – 1,22 млн. м²×діб /га у сорту Вінець. За сівби з шириною міжрядь 15 см цей показник становив 0,86 – 1,07 млн.м²×діб /га у сорту Дніпровський 39 та 0,84 – 1,09 млн. м²×діб /га у сорту Вінець. За сівби насіння сорго звичайного двокольорового з шириною міжрядь 70 см фотосинтетичний потенціал становив відповідно 0,83 – 1,03 млн. м²×діб /га та 0,78 – 0,95 млн. м²×діб /га

Збільшення норми висіву насіння з 150 до 250 тис. шт./га сорго звичайного двокольорового сприяло підвищенню не тільки асиміляційної листкової поверхні, а й фотосинтетичного потенціалу.

Одним із найвагоміших показників фотосинтетичного потенціалу рослинного організму є чиста продуктивність фотосинтезу, яка відображає інтенсивність роботи листкового апарату на різних етапах росту та розвитку рослин сорго звичайного двокольорового, тобто показує відношення добового приросту сухої речовини до площі листків.

На початку росту і розвитку рослин спостерігається поступове наростання продуктивності фотосинтезу досягаючи максимуму (приблизно на 65–70 день після появи сходів), потім відбувається досить швидко її зниження.

Таблиця 4.8.

Фотосинтетичний потенціал і чиста продуктивність фотосинтезу сорго звичайного двокольорового залежно від ширини міжрядь та норм висіву насіння, середнє за 2016 – 2020 рр., БЦДСС

Сорт	Ширина міжрядь, см	Норма висіву, тис. шт./га	Площа листкової поверхні, у міжфазний період «викидання волоті–цвітіння», тис. м ² /га	Фотосинтетичний потенціал, (млн.м ² /га)×діб	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу
Дніпровський 39	15	150	27,4	0,86	3,50
		200	28,6	0,98	3,30
		250	29,3	1,07	2,84
	45	150	34,8	1,13	3,94
		200	37,8	1,21	3,89
		250	38,2	1,29	3,36
	70	150	28,9	0,83	3,39
		200	29,6	0,87	2,83
		250	31,3	1,03	2,76
Вінець	15	150	27,2	0,84	3,31
		200	28,4	0,93	3,24
		250	29,8	1,09	2,81
	45	150	32,7	1,10	3,81
		200	35,6	1,18	3,69
		250	36,9	1,22	3,32
	70	150	25,8	0,78	3,20
		200	27,3	0,86	2,90
		250	28,9	0,95	2,77
НІР ₀₅ (ПЛП): А–0,25; В–0,25; С–0,17; АВС – 0,38; АВ–0,19; АС–0,13; ВС–0,13 НІР _{0,05} (ФП): А–0,03; В–0,03; С–0,19; АВС – 0,04; АВ–0,02; АС–0,01; ВС–0,01 НІР _{0,05} (ЧПФ): А–0,04; В–0,04; С–0,03; АВС – 0,31; АВ–0,03; АС–0,02; ВС–0,02					

Результати досліджень свідчать (див. табл. 4.8), що зі збільшенням норми висіву насіння сорго звичайного двокольорового чиста продуктивність фотосинтезу зменшувалась. Максимальна вона була у фазу «викидання волоті–цвітіння» рослин – у період потужного наростання площі листків.

Найбільшою чиста продуктивність фотосинтезу була за сівби насіння з шириною міжрядь 45 см і у сорту Дніпровський 39 вона коливалась у межах 3,36 – 3,94 г/м² за добу, у сорту Вінець – 3,32 – 3,81 г/м² за добу.

За сівби насіння сорго звичайного двокольорового з шириною міжрядь 15 см чиста продуктивність фотосинтезу становила 2,84 – 3,50 г/м² за добу у сорту Дніпровський 39 та 2,81 – 3,31 г/м² за добу у сорту Вінець.

За ширини міжрядь 70 см цей показник становив 2,76 – 3,39 г/м² за добу у сорту Дніпровський 39 та 2,77 – 3,20 г/м² за добу у сорту Вінець.

У подальшому розвитку рослин сорго звичайного двокольорового відбувається зниження темпів наростання листкової площі, відповідно і чистої продуктивності фотосинтезу, за рахунок всихання листків нижніх ярусів. У цей період відбувається перерозподіл і відтік пластичних речовин вегетативних органів у генеративні.

Аналіз впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу показав, що вплив фактору «сорт» був незначним і склав 1,16 %, фактор «ширина міжрядь» та «норма висіву насіння» був значним і становив відповідно 55,84 % та 33,20 %. На взаємодію факторів припадає 5,09 % та на інші недосліджувані фактори складають 4,71 % (рис. 4.8).

Від темпів накопичення біомаси рослин сорго звичайного двокольорового впродовж періоду вегетації напряму залежить чиста продуктивність фотосинтезу. Використання активної радіації фотосинтезу сприяє формуванню більшої продуктивності, яка досягає максимуму в період «викидання волоті–цвітіння» рослин і поступово знижується у наступні фази свого розвитку.

Накопичення сухої речовини відбувається впродовж всього періоду вегетації та найбільша її частка спостерігається у період повного дозрівання зерна. Починаючи з періоду «цвітіння» наростання площі листкової поверхні поступово

зменшується за рахунок усихання нижніх листків, хоча біомаса інтенсивно наростає за рахунок наливу зерна досягаючи максимальної величини.

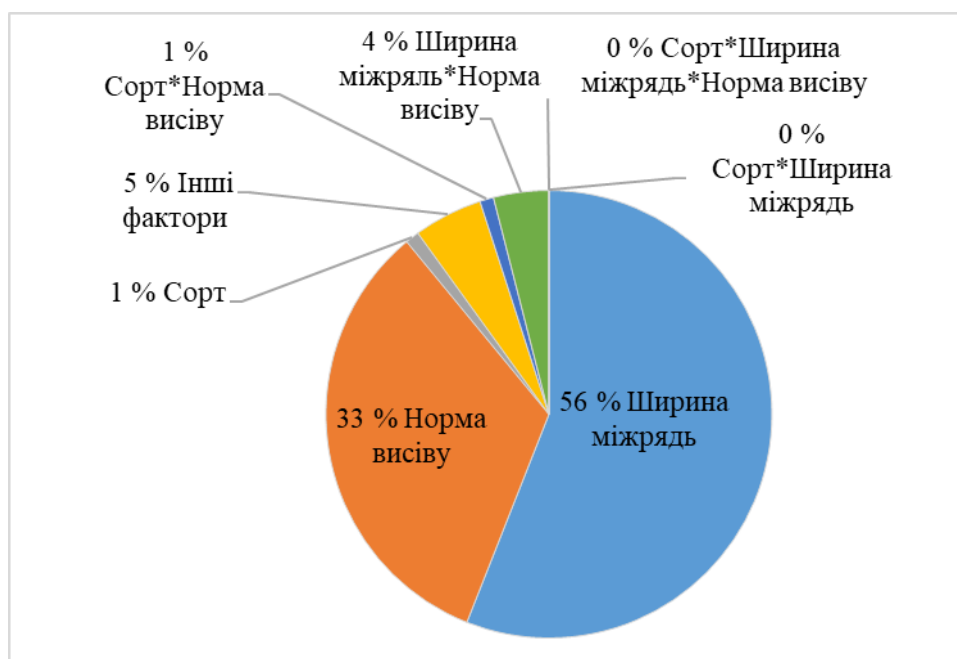


Рис. 4.8. Частка впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу, середнє за 2016 – 2020 рр., БЦДСС

Досліджуючи норми висіву насіння сорго звичайного двокольорового в умовах Іванівської дослідно-селекційної станції встановлено, що найвища площа листкової поверхні однієї рослини спостерігалася у міжфазний період «викидання волоті – цвітіння» і зменшувалась із збільшенням норми висіву, та становила у сорту Дніпровський 39 – 1638, 1560 та 1480 см² за норми висіву 150, 200 та 250 тис. шт./га (табл. 4.9).

У сорту Самаран 6 відповідно площа листкової поверхні становила 1560, 1432 та 1380 см². У перерахунку на одиницю площі посіву листкова поверхня збільшувалася із збільшенням норми висіву від 150 до 250 тис. шт./га, і становила від 27,4 до 35,8 тис. м²/га у сорту Дніпровський 39 та від 26,3 до 32,1 тис. м²/га. у сорту Самаран 6.

Фотосинтетичний потенціал найнижчим був за найменшої норми висіву і становив у сорту Дніпровський 39 – 0,92 та у сорту Самаран 6 – 0,89 млн.м²/га.

Із збільшення норми висіву насіння до 250 тис. шт./га фотосинтетичний потенціал збільшувався, відповідно, до 1,32 та 1,28 млн.м²/га.

Таблиця 4.9.

Фотосинтетичні показники сорго звичайного двокольорового залежно від норми висіву насіння, середнє за 2016 – 2020 рр., ІДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Площа листкової поверхні однієї рослини, см ²	Площа листкової поверхні, тис. м ² /га	Фотосинтетичний потенціал, (млн.м ² /га)×діб	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу
Дніпровський 39	150	1638	27,4	0,92	3,90
	200	1560	32,0	1,20	3,54
	250	1480	35,8	1,32	3,18
Самаран 6	150	1560	26,3	0,89	3,74
	200	1432	30,6	1,14	3,40
	250	1380	32,1	1,28	3,12
НІР _{0,05}		23	1,7	0,14	0,32

Чиста продуктивність фотосинтезу із збільшенням норми висіву зменшувалась у сорту Дніпровський 39 від 3,90 до 3,18 г/м² за добу, у сорту Самаран 6 від 3,74 до 3,12 г/м² за добу.

Встановимо частку впливу факторів на чисту продуктивність фотосинтезу (рис.4.9). Спостерігається, що найбільша частка впливу досліджуваних факторів належить нормі висіву – 78 %, сорту – 16 %. Взаємодія факторів становить 5 %, іншим недосліджуваним факторам – 1%



Рис. 4.9. Частка впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу, середнє за 2016 – 2020 рр., ІДСС

Аналогічна тенденція показників фотосинтетичної продуктивності спостерігається і за вирощування сорго звичайного двокольорового і на Ялтушківській та Веселоподільській станціях (табл. 4.10 та 4.11).

Площа листової поверхні однієї рослини у сорту Дніпровський 39 становила від 1320 см² за норми 250 тис. шт./га до 1562 см² за норми 150 тис. шт./га (табл. 4.10). У сорту Самаран 6, відповідно – від 1310 до 1433 см².

Фотосинтетичний потенціал в сорту Самаран 6 становив від 0,80 до 1,06 млн.м²/га, та у Дніпровський 39 від 0,84 до 1,13 млн.м²/га.

Чиста продуктивність фотосинтезу залежно від норм висіву насіння знаходилась в межах від 2,94 до 3,82 г/м² за добу у сорту Дніпровський 39 та від 2,87 до 3,66 г/м² за добу у сорту Самаран 6.

Аналогічно визначимо показники частки впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу сформовану посівами сорго звичайного в умовах ЯДСС (рис. 4.10).

Відповідно до інших умов проведення досліджень нами були отримані аналогічні показники впливу факторів, тобто основний вплив на чисту продуктивність фотосинтезу посівів визначала норма висіву – 84 %, а сорт лише на 15 %.

Таблиця 4.10.

**Фотосинтетичні показники сорго звичайного двокольорового
залежно від норми висіву насіння, середнє за 2016 – 2020 рр., ЯДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Площа листкової поверхні однієї рослини, см ²	Площа листкової поверхні, тис. м ² /га	Фотосинтетичний потенціал, (млн.м ² /га)×діб	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу
Дніпровський 39	150	1562	26,3	0,84	3,82
	200	1487	29,4	0,98	3,46
	250	1320	32,8	1,13	2,94
Самаран 6	150	1433	25,7	0,80	3,66
	200	1386	27,3	0,95	3,34
	250	1310	30,5	1,06	2,87
НІР _{0,05}		45	2,2	0,11	0,25

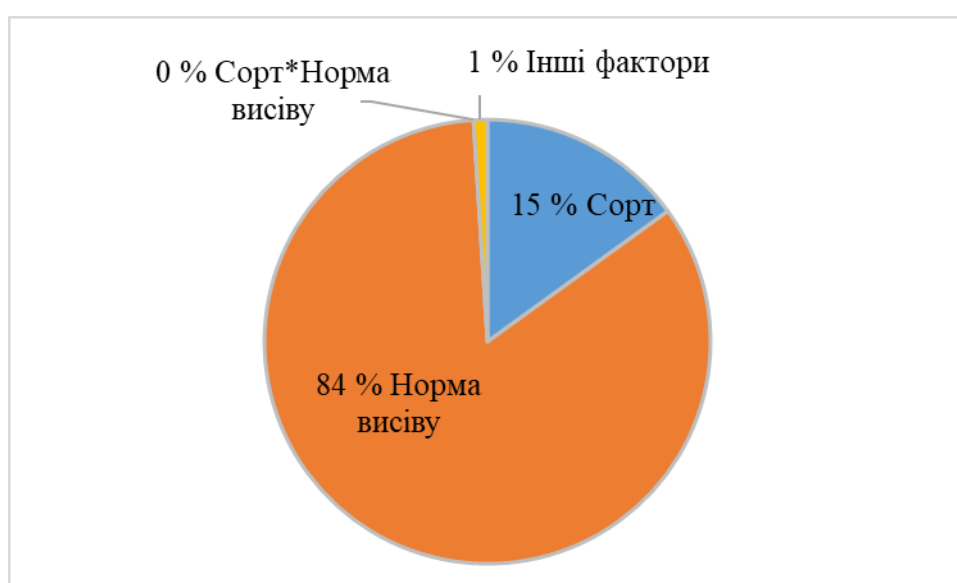


Рис. 4.10. Частка впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу, середнє за 2016 – 2020 рр., ЯДСС

Площа листкової поверхні на гектар, у міжфазний період «викидання волоті–цвітіння», становила у сорту Дніпровський 39 – 25,3, 28,5 та 31,2 тис.м²/га за норми висіву 150, 200 та 250 тис. шт./га (табл. 4.11). У сорту Самаран 6, відповідно, 24,3, 27,6 та 30,1 тис.м²/га за норми висіву 150, 200 та 250 тис. шт./га. Фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу також змінювалась залежно від норми висіву насіння.

Таблиця 4.11.

Фотосинтетичні показники сорго звичайного двокольорового залежно від норми висіву насіння, середнє за 2016 – 2020 рр., ВПДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Площа листкової поверхні однієї рослини, см ²	Площа листкової поверхні, тис. м ² /га	Фотосинтетичний потенціал, (млн.м ² /га)×діб	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу
Дніпровський 39	150	1530	25,3	0,80	3,74
	200	1454	28,5	0,96	3,45
	250	1283	31,2	1,09	3,02
Самаран 6	150	1380	24,3	0,78	3,54
	200	1420	27,6	0,88	3,18
	250	1245	30,1	0,96	2,76
НІР _{0,05}		40	2,1	0,10	0,23

Частка впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу наведена в рисунку 4.11.

На чисту продуктивність фотосинтезу впливала найбільше норма висіву насіння і становила 72 %, значно менше належить сорту – 20 %, взаємодія

фактору сорт і норма висіву насіння склала 7 %, і на інші фактори, які не досліджували припало 1 %.

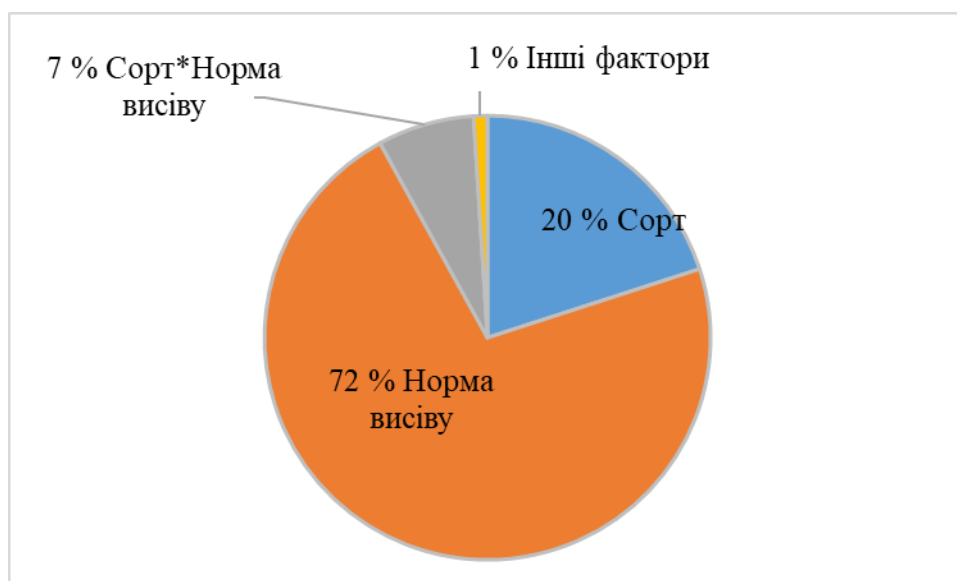


Рис. 4.11. Частка впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу, середнє за 2016 – 2020 рр., ВПДСС

Сівба насіння сорго звичайного двокольорового за різного способу призводить до зміни площі живлення рослин, а саме посилюється конкуренція рослин у посівах за фактори життєдіяльності впродовж всього періоду вегетації. Збільшення площі асиміляційної поверхні рослин призводить до підвищення фотосинтетичного потенціалу і формування кращих умов для розвитку генеративних органів рослин та відповідно отримання високої продуктивності сорго звичайного двокольорового.

4.3. Фотосинтетична діяльність посівів сорго звичайного двокольорового залежно від доз мінеральних добрив та способів контролювання бур'янів

Одним з основних процесів життєдіяльності рослин є фотосинтез. У результаті фотосинтезу в листках при безпосередній участі світла, вуглекислого

газу, води та елементів мінерального живлення утворюються органічні речовини, формується врожай, його величина та якість. Врожайність польової культури визначається, перш за все, оптимальними розмірами та продуктивністю роботи фотосинтетичного апарату, який у процесі росту і розвитку рослин повинен якомога швидше досягти належних параметрів. Одним із факторів, що регулює площу асиміляційної поверхні, є рівень мінерального живлення рослин. Тому в період вегетації необхідно створювати найсприятливіші умови живлення, щоб рослини сформували оптимальну площу листків для ефективної фотосинтетичної діяльності [27, 28]. Дефіцит мінерального живлення призводить до зниження фотосинтетичної асиміляції культури і параметрів урожайності [29–31].

Формування високої урожайності культури залежить від фотосинтетичної діяльності агроценозу, який визначається такими показниками як площею листової поверхні, фотосинтетичним потенціалом, чистою продуктивністю фотосинтезу [11]. Проте фотосинтетична діяльність визначається як потенціалом вирощуваної культури та елементами технології вирощування, зокрема удобренням [24, 32]

Питання щодо дослідження різних доз добрив сорго звичайного двокольорового є недостатньо вивченим в Україні, тому потребує детального вивчення.

Встановлено, що площа листової поверхні змінювалась залежно від настання певних періодів вегетації та від різних доз добрив (табл. 4.12). Збільшувалась вона від появи сходів до міжфазного періоду «викидання волоті – цвітіння», від фази цвітіння до фази досягання із розвитком рослин сорго звичайного двокольорового відбувається зниження темпів наростання листової площі, відповідно і продуктивності фотосинтезу, в результаті всихання листків нижніх ярусів. У цей період відбувається перерозподіл і відтік пластичних речовин вегетативних органів у генеративні.

Найменша площа листової поверхні спостерігалася без внесення добрив впродовж всього періоду вегетації. Із збільшенням доз добрив від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до

$N_{120}P_{120}K_{120}$ площа листкової поверхні у період максимального наростання збільшувалась від 36,88 до 40,24 тис. m^2 у сорту Дніпровський 39 та від 35,40 до 38,69 тис. m^2 у сорту Вінець.

Таблиця 4.12

Площа листкової поверхні рослин сорго звичайного двокольорового залежно від рівня мінеральних добрив, тис. m^2 /га, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Варіант	Площа листкової поверхні, тис. m^2 /га, у фазі:			
		кущіння	вихід в трубку	викидання волоті, цвітіння	повна стиглість
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	6,92	21,50	34,62	5,14
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	7,40	24,64	36,88	6,74
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	7,96	27,18	38,45	7,21
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	8,24	29,96	39,67	7,80
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	8,43	30,80	40,24	8,17
	Розрахункова доза	8,29	28,92	38,74	7,76
Вінець	Без добрив (контроль)	6,74	20,61	31,37	4,88
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	6,92	23,86	35,40	5,34
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	7,22	26,78	36,72	6,73
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	7,53	28,46	37,96	7,12
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	7,96	30,24	38,69	7,98
	Розрахункова доза	7,76	27,89	37,54	7,64
$HP_{0,05}$		0,35	1,24	2,36	0,46

За розрахункової дози добрив площа листкової поверхні у період максимального наростання становила 38,74 тис. m^2 у сорту Дніпровський 39 та 37,54 тис. m^2 у сорту Вінець, що вище за контроль на 11,9 та 19,6 %.

Тривалість сформованої листкової поверхні є однією з важливих умов забезпечення високої продуктивності культури і виражається показником

фотосинтетичного потенціалу, який показує узагальнену характеристику фотосинтетичної діяльності рослин впродовж періоду вегетації. Залежно від умов вирощування культури він може варіювати в значних межах.

Фотосинтетичний потенціал змінювався залежно від розміру площі листової поверхні в період вегетації, яка в свою чергу залежала від внесення різних доз мінеральних добрив (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

**Показники фотосинтетичної продуктивності сорго звичайного
двокольорового залежно від мінеральних добрив, середнє за 2016–2020 рр.,
БЦДСС**

Сорт	Варіант	Фотосинтетичний потенціал, (млн.м ² /га)×діб	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ²	Вміст хлорофілу		
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>
Дніпровський 39	Без добрив (конт.)	1,24	3,91	2,75	0,82	3,57
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,32	4,78	2,81	1,06	3,87
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,38	5,64	2,94	1,12	4,06
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1,42	5,97	3,11	1,16	4,27
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,47	6,53	3,28	1,21	4,49
	Розрахункова доза	1,39	6,11	3,20	1,18	4,38
Вінець	Без добрив (конт.)	1,18	3,72	2,68	0,71	3,39
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,27	4,95	2,74	0,79	3,53
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,31	5,32	2,83	0,84	3,67
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1,34	5,81	2,90	0,92	3,82
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,37	6,29	3,14	1,17	4,31
	Розрахункова доза	1,32	5,97	3,11	1,14	4,25
НІР _{0,05}		0,23	0,83	0,12	0,05	0,20

Так, достовірно найвищий фотосинтетичний потенціал спостерігався за внесення розрахункової та високих доз добрив N₉₀P₉₀K₉₀ і N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀, й

становив, відповідно, 1,39; 1,42 і 1,47 млн.м²/га за добу у сорту Дніпровський 39 та 1,32; 1,34 і 1,37 млн.м²/га за добу у сорту Вінець.

Без внесення добрив фотосинтетичний потенціал був найнижчим і становив 1,24 млн.м²/га у сорту Дніпровський 39 та 1,18 млн.м²/га за добу у сорту Вінець.

Чиста продуктивність фотосинтезу є показником, який характеризує інтенсивність фотосинтезу посівів і показує відношення добового приросту сухої речовини до площі листків.

Найвищою чиста продуктивність фотосинтезу асиміляційного апарату рослин сорго була за розрахункової дози добрив та за внесення N₉₀P₉₀K₉₀ і N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ і становила у сорту Дніпровський 39 – 5,97; 6,53 і 6,11 г/м² за добу, у сорту Вінець 5,81; 6,29 і 5,97 г/м² за добу, що вдвічі вище за контроль (на 50–70 %). За внесення N₃₀P₃₀K₃₀ та N₆₀P₆₀K₆₀ чиста продуктивність фотосинтезу була дещо нижчою і становила 4,78 та 5,64 у сорту Дніпровський 39 і 4,95 та 5,32 у сорту Вінець.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу отримано сильну лінійну кореляцію між площею листової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу з коефіцієнтом детермінації R²=0,9596 у сорту Дніпровський 39 та R²=0,9750 у сорту Вінець, коефіцієнт кореляції при цьому становив R=0,9795 та R=0,9874 (рис. 4.12).

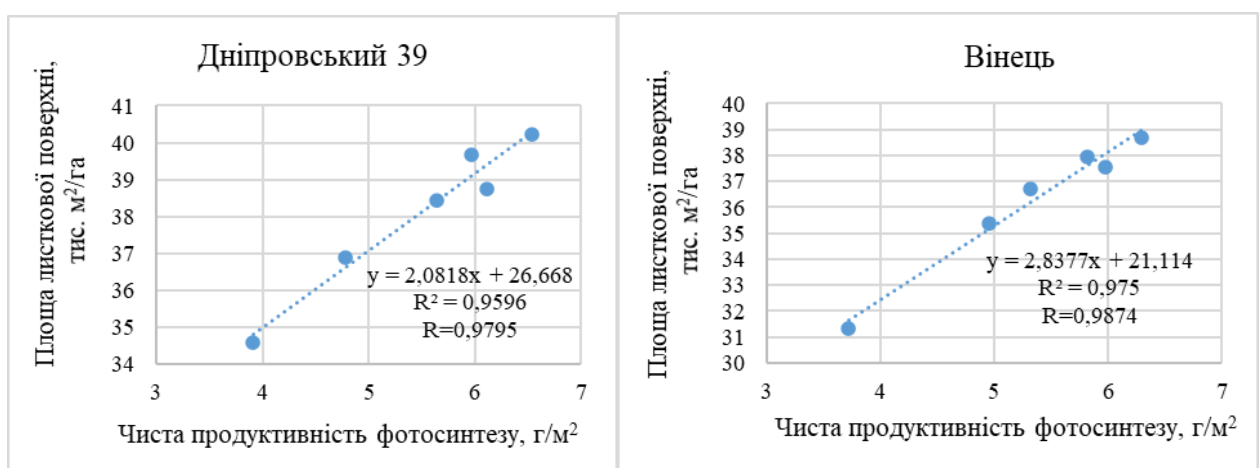


Рис. 4.12. Кореляційно-регресійний зв'язок між площею листової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 та Вінець, 2016–2020 рр., БЦДСС

Таким чином, збільшення площі листової поверхні рослин сорго звичайного двокольорового відбувалося за рахунок збільшення доз мінеральних добрив. Найвищою вона була за внесення розрахункової ($N_{50}P_{40}K_{70}$) та високих доз добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$ і $N_{120}P_{120}K_{120}$) у міжфазний період «викидання волоті – цвітіння». Чиста продуктивність фотосинтезу обох сортів у цих варіантах досліджу була також найвищою. Встановлена лінійна кореляційна залежність між площею листової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу, яка описується рівнянням регресії $y = 2,0818x + 26,668$ ($R^2 = 0,9596$) і $y = 2,8377x + 21,114$ ($R^2 = 0,975$).

Аналізуючи результати отриманих досліджень, варто зазначити, що спостерігається пряма залежність між даними показника площі листової поверхні та фотосинтетичним потенціалом, а також між даними показника площі листової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу.

Площа листової поверхні зазвичай залежить від біологічних особливостей рослини, але із застосуванням добрив в різній дозі вона змінюється. В умовах Ялтушківської дослідно–селекційної станції, у міжфазний період «викидання волоті–цвітіння» площа листової поверхні сорго сорту Дніпровський 39 із збільшення доз добрив до $N_{120}P_{120}K_{120}$ становила 29,3 тис. $m^2/га$, що на 18,1 % більше ніж в контролі (табл. 4.14). В умовах Іванівської та Веселоподільської станції відповідно площа листової поверхні за найвищої дози становила 28,3 та 28,0 тис. $m^2/га$, що вище за контроль на 11,4 та 10,7 %. У сорту Самаран 6 спостерігається така ж тенденція. Із збільшенням доз добрив збільшується площа листової поверхні і відповідно до умов вирощування дорівнювала 27,3; 28,0 та 28,4 тис. $m^2/га$.

Розмір площі асиміляційної поверхні рослин не дає чіткої інформації щодо фотосинтетичної діяльності посівів сорго, варто враховувати період їх активної роботи. Крім досліджуваних елементів технології вирощування на фотосинтетичну продуктивність мають вплив умови та місце вирощування культури [33].

Варто зазначити, що площа асиміляційної поверхні та фотосинтетичний потенціал мають тісний зв'язок, а саме: чим більше листя рослин перебувають у функціональному стані, тим продуктивні процеси у рослин проходять швидше. Найбільший фотосинтетичний потенціал спостерігається у варіантах з високими дозами добрив (табл. 4.14). Висока фотосинтетична продуктивність спостерігається за оптимального росту асиміляційної поверхні в результаті забезпечення рослин сорго значною кількістю елементів живлення.

Таблиця 4.14

**Показники фотосинтетичної продуктивності сорго звичайного
двокольорового залежно від мінеральних добрив, середнє за 2016–2020 рр.**

Сорт	Місце проведення дослідження								
	Ялтушківська ДСС			Іванівська ДСС			Веселоподільська ДСС		
	Доза добрив								
	Без добрив контроль	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	Без добрив контроль	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	Без добрив контроль	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
Площа листкової поверхні, тис. м ² /га (період цвітіння)									
Дніпровський 39	24,8	26,9	29,3	25,4	27,7	28,3	25,3	27,1	29,1
Самаран 6	24,1	25,8	27,3	25,6	26,4	28,0	24,9	26,0	28,4
Фотосинтетичний потенціал, (млн.м ² /га)×діб									
Дніпровський 39	1,01	1,30	1,44	1,08	1,32	1,46	1,07	1,29	1,36
Самаран 6	0,97	1,26	1,39	1,02	1,29	1,35	1,03	1,22	1,36
Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу									
Дніпровський 39	2,84	3,38	3,56	2,93	3,41	3,60	2,90	3,39	3,55
Самаран 6	2,75	3,22	3,35	2,84	3,39	3,57	2,81	3,30	3,51

НІР_{0,05}: площа листової поверхні – 1,29, ФП – 0,15, ЧПФ – 0,56

Так, на ділянках де не вносили мінеральні добрива фотосинтетичний потенціал становив для сорту Дніпровський 39 – 1,01, 1,08 та

1,07 млн.м²/га×діб/га, для Самаран 6, відповідно, 0,97, 1,02 та 1,03 млн.м²/га×діб/га. Внесення добрив у дозі N₆₀P₆₀K₆₀ та N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ забезпечило підвищення ФП, відповідно у сортів, на 28,7–42,5 % та на 29,8–43,3 % в умовах Ялтушківської ДСС; відповідно, на 22,2–35,2 % та на 26,4–32,3 % в умовах Іванівської ДСС; і на 20,6–27,1 % та на 18,4–32,0 % в умовах Веселоподільської ДСС.

Чиста продуктивність фотосинтезу – це основний показник який виявляє не лише період утворення сухої речовини на одиницю асиміляційної поверхні а й втрати її в результаті процесу дихання, відмирання і часткової втрати листя впродовж вегетації [34].

До сьогодні немає жодної версії, щодо факторів від яких залежала б інтенсивність фотосинтетичної діяльності рослин. Результати досліджень вчених [33] свідчать, що із збільшенням доз добрив ЧПФ зменшується, а інші дослідники стверджують протилежне.

Результати отриманих досліджень показали, що чиста продуктивність фотосинтезу із збільшенням доз добрив збільшується на всіх варіантах досліду (див. табл. 4.14). Найменша вона, у сорго у варіанті, де добрива не вносилися. І максимуму сягає за внесення добрив у дозі N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

Серед вагомих факторів впливу на формування ЧПФ були дози добрив (29%), погодні умови років досліджень (19 %), зона (10 %), сорт (10 %) та взаємодія факторів (11 %) (рис. 4.13).

Фотосинтетична продуктивність також залежала від технологій догляду за посівами сорго. У контролі – без догляду за посівами значно нижчими були: площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу (табл. 4.15–4.17).

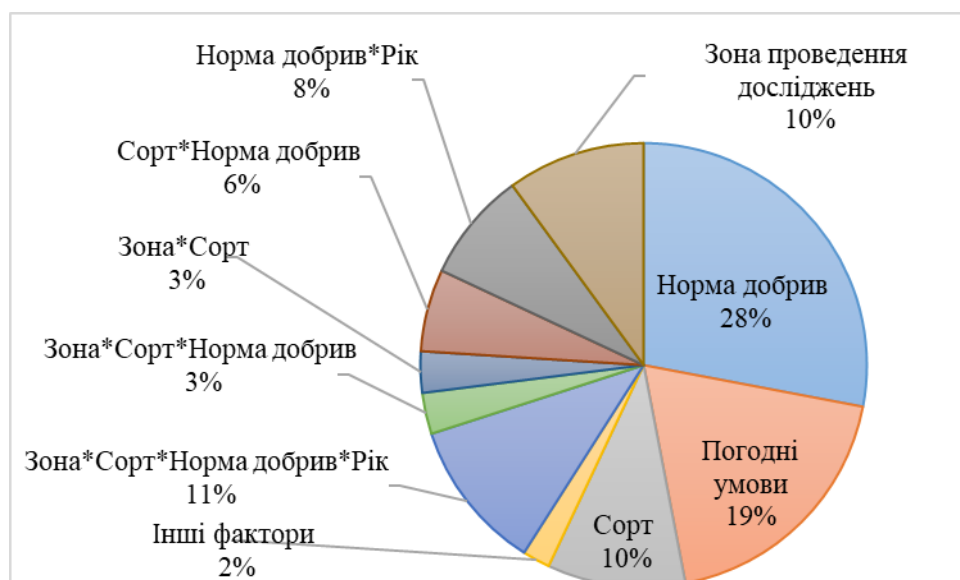


Рис. 4.13. Частка впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу, середнє за 2016–2020 рр.

Таблиця 4.15

Площа листової поверхні рослин сорго звичайного двокольорового залежно від способів контролювання чисельності бур'янів, тис.м²/га, середнє за 2018–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Способи контролювання чисельності бур'янів	Фаза росту та розвитку рослин:			
		кущіння	вихід в трубку	цвітіння	повна стиглість
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	6,38	19,23	23,18	2,14
	Механічний спосіб	7,66	22,30	26,81	3,10
	Хімічний спосіб (гербіцид Гвардіан Тетра)	8,10	24,34	30,84	3,48
	Ручне прополювання (контроль 2)	8,83	29,85	35,24	4,70
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	5,72	18,74	22,38	2,10
	Механічний спосіб	6,94	20,14	25,34	2,87
	Хімічний спосіб (гербіцид Гвардіан Тетра)	7,73	23,85	30,40	3,15
	Ручне прополювання (контроль 2)	8,14	28,92	34,87	4,58
НІР _{0,05}		0,52	1,64	2,33	0,13

За ручного прополюванням спостерігається максимальна площа листків досліджуваних сортів (35,24 та 34,87 у міжфазний період «викидання волоті – цвітіння»), що вище ніж в контролі на 34,2 та 35,8 %, за варіант де застосовувався механічний спосіб на 23,9 та 27,3% і за хімічного способу контролювання чисельності бур'янів на 12,5 та 12,8 %.

Таблиця 4.16

Фотосинтетична продуктивність сорго звичайного двокольорового залежно від способів контролювання чисельності бур'янів, середнє за 2018–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Способи контролювання чисельності бур'янів	Фотосинтетичний потенціал (млн.м ² /га)×діб	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ²	Вміст хлорофілу, мг/г сухої речовини		
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	1,10	2,96	2,78	0,78	3,56
	Механічний спосіб	1,33	3,28	3,12	0,96	4,08
	Хімічний спосіб (гербіцид Гвардіан Тетра)	1,40	3,51	2,82	0,84	3,66
	Ручне прополювання (контроль 2)	1,44	3,68	3,45	1,06	4,51
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	1,06	2,90	2,69	0,79	3,48
	Механічний спосіб	1,26	3,20	2,85	0,87	3,72
	Хімічний спосіб (гербіцид Гвардіан Тетра)	1,32	3,54	2,46	0,78	3,24
	Ручне прополювання (контроль 2)	1,37	3,62	3,39	1,01	4,40
НІР _{0,05}		0,10	0,14	0,12	0,08	0,15

Найвищий фотосинтетичний потенціал (1,44 і 1,37 млн.м²/га×діб/га) та чиста продуктивність фотосинтезу (3,68 та 3,62 г/м² за добу) спостерігалися за ручного прополювання бур'янів. На інших варіантах досліду ці показники були дещо меншими (див. табл. 4.16).

За даними авторів [35, 36] із розвитком культури збільшується вміст хлорофілу і доволі швидко сягає певного рівня. Цей показник визначається генетичними особливостями рослин і залежить від багатьох факторів.

Отримані результати досліджень показали, що максимальний вміст хлорофілу отримано у фазі викидання волоті, і впродовж певного періоду вегетації був на високому рівні та становив у варіанті контроль 1 – 3,56 – 3,48 мг/г сухої речовини, у варіанті за механічного обробітку ґрунту – 4,08 – 3,72 мг/г сухої речовини, за хімічного обробітку – 3,66 – 3,24 мг/г сухої речовини та у варіанті з ручним прополюванням – 4,51 – 4,40 мг/г сухої речовини (див. табл. 4.15). Це пояснюється тим, що за оптимальних умов розвитку рослин значно зростає діяльність протопласту, і відповідно, ріст і величина пластидоносних клітин, утворюється нове джерело, що визначає збільшення кількості хлоропластів у клітині. Після періоду цвітіння вміст хлорофілу зменшується, що пояснюється зупиненням процесу росту та утворення нових листків і початком їх дозрівання.

Результати досліджень проведених в умовах Ялтушківської та Веселоподільської станції свідчать, що діяльність фотосинтезу посівів сорго звичайного значною мірою залежали від догляду (табл. 4.17).

У варіанті без прополювання (контроль 1) показники фотосинтезу були найнижчими. За ручного прополювання (контроль 2) площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу мали найвищі показники і відповідно становили: у сорту Дніпровський 39 – 35,10 і 34,54 тис.м²/га; 1,38 і 1,35 млн.м²/га×діб; 3,57 і 3,55 г/м² за добу. У сорту Самаран 6 відповідно: 36,14 і 34,89 тис.м²/га; 1,35 і 1,30 млн.м²/га×діб; 3,59 і 3,52 г/м² за добу.

Таблиця 4.17

**Фотосинтетична продуктивність сорго звичайного двокольорового
залежно від методів контролювання чисельності бур'янів, середнє за 2018–
2020 рр., ЯДСС, ВПДСС**

Сорт	Способи контролювання чисельності бур'янів	Площа листкової поверхні на період викидання волоті–цвітіння, тис.м²/га	Фотосинтетичний потенціал, (млн.м²/га)×діб	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м²
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	<u>22,83*</u>	<u>1,08</u>	<u>2,84</u>
		23,13	1,01	2,79
	Механічний спосіб	<u>26,74</u>	<u>1,17</u>	<u>3,24</u>
		26,32	1,13	3,22
	Хімічний спосіб (гербицид Гвардіан Тетра)	<u>31,81</u>	<u>1,25</u>	<u>3,48</u>
		29,85	1,20	3,44
	Ручне прополювання (контроль 2)	<u>35,10</u>	<u>1,38</u>	<u>3,57</u>
		34,54	1,32	3,55
Самаран 6	Без прополювання (контроль 1)	<u>21,74</u>	<u>1,12</u>	<u>2,78</u>
		21,13	1,06	2,71
	Механічний спосіб	<u>27,81</u>	<u>1,15</u>	<u>3,19</u>
		26,18	1,14	3,17
	Хімічний спосіб (гербицид Гвардіан Тетра)	<u>29,32</u>	<u>1,23</u>	<u>3,45</u>
		28,17	1,19	3,39
	Ручне прополювання (контроль 2)	<u>36,14</u>	<u>1,35</u>	<u>3,59</u>
		34,89	1,30	3,52
НІР _{0,05}		<u>1,34</u>	<u>0,06</u>	<u>0,11</u>
		1,42	0,07	0,13

*у знаменнику – дані ЯДСС, у чисельнику – ВПДСС

Досліджуючи сорти різної групи стиглості, варто зазначити, що вони різнилися біологічними особливостями і їх кількість листків на рослині різнилася залежно від сортів. Наростання листків відбувалося до періоду цвітіння, а далі зменшувалося. У фазі повної стиглості та на час збирання їх кількість була мінімальною, спостерігалась відсутність зелених листків. Відповідно площа листкової поверхні на період збирання була значно меншою і становила у ранньостиглого гібрида Сват – 4,21 тис. м²/га, у середньостиглого сорту Смотрич – 4,76 тис. м²/га, у пізньостиглого – 4,16 тис. м²/га за вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України та 3,71; 4,10 і 3,68 тис. м²/га за вирощування у західному Лісостепу (табл. 4.18).

Фотосинтетичний потенціал залежно від сорту знаходився у межах від 1,34 до 1,52 та від 1,29 до 1,47 млн.м²/га×діб.

Таблиця 4.18

Фотосинтетичні показники рослин сорго звичайного двокольорового різних груп стиглості залежно від ґрунтово-кліматичних умов, середнє за 2020–2022 рр., БЦДСС, ЯДСС

Гібрид/сорт	Площа листкової поверхні на період збирання, тис.м ² /га	Фотосинтетичний потенціал, (млн.м ² /га)×діб	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ²
Сват (ранньостиглий)	<u>4,21*</u> 3,71	<u>1,46*</u> 1,34	<u>3,77*</u> 3,65
Смотрич (середньостиглий)	<u>4,76*</u> 4,10	<u>1,52*</u> 1,47	<u>3,82*</u> 3,74
Ярона (пізньостиглий)	<u>4,16*</u> 3,68	<u>1,34*</u> 1,29	<u>3,46*</u> 3,32
НІР _{0,05}	<u>0,20</u> 0,17	<u>0,14</u> 0,10	<u>0,35</u> 0,31

*у чисельнику – показники БЦДСС, у знаменнику – показники ЯДСС.

Чиста продуктивність фотосинтезу найвищі показники мала за вирощування ранньостиглого гібрида Сват та середньостиглого сорту Смотрич. Дещо нижчими показниками характеризувався пізньостиглий сорт Ярона.

Висновки до розділу 4

1. Встановлено, що за сівби насіння при температурі 12–14 °С – І декада травня та глибини загортання 4–6 см площа листкової поверхні була найбільшою і у сорту Дніпровський 39 становила 36,18–38,89 тис. м²/га, у сорту Вінець – 34,34–36,88 тис. м²/га. Найвищий фотосинтетичний потенціал також спостерігали у рослин сорго за цього ж строку сівби і глибини загортання, він був 1,26 та 1,33 млн м²/га у сорту Дніпровський 39 і 1,18 та 1,23 млн м²/га у сорту Вінець. Чиста продуктивність фотосинтезу при цьому становила у сорту Дніпровський 39 – 3,81–4,06 г/м² за добу, у сорту Вінець – 3,76–3,95 г/м² за добу (БЦДСС).

2. Досліджено, що найкращий розвиток площі листкової поверхні, ФП та ЧПФ на ЯДСС, ІДСС та ВПДСС спостерігався за оптимальних умов вирощування при температурі 12–14 та 16–18 °С, І та ІІ декада травня. Відмічено, що найбільший вплив на фотосинтетичну продуктивність мали строки сівби, погодні умови, сорти та взаємодія цих факторів.

3. Встановлено, що чиста продуктивність залежить від застосування стимулятора росту, при цьому найбільш високі значення були отримані в групі, де на насінні та посівах використовували стимулятор росту і дорівнювала 6,12 г/м². У інших варіантах досліду чиста продуктивність фотосинтезу зменшувалась до 4,67 г/м².

4. Кореляційно-регресійний аналіз даних між фотосинтетичним потенціалом та площею листкової поверхні показав сильну кореляцію, при цьому коефіцієнт становив $R=0,9790$, а коефіцієнт детермінації $R^2=0,9817$. Між чистою продуктивністю фотосинтезу та площею листкової поверхні також встановлено сильний зв'язок $R=0,9572$, а коефіцієнт детермінації $R^2=0,9884$.

5. Досліджено, що фотосинтетична продуктивність сягала максимуму за сівби насіння з шириною міжрядь 45 та 70 см та нормою висіву 150–200 тис. шт./га. За даними дисперсійного аналізу встановлено, що найбільший вплив мала ширина міжрядь та норма висіву насіння.

6. Встановлено, що найвищою чиста продуктивність фотосинтезу рослин сорго була за розрахункової дози добрив та за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ і $N_{120}P_{120}K_{120}$ (БЦДСС). Відмічено лінійну кореляційну залежність між площею листкової поверхні та чистою продуктивністю фотосинтезу, яка описується рівнянням регресії $y = 2,0818x + 26,668$ ($R^2 = 0,9596$) і $y = 2,8377x + 21,114$ ($R^2 = 0,975$).

7. Визначено, що на ЯДСС, ІДСС та ВПДСС чиста продуктивність фотосинтезу із збільшенням доз добрив збільшується на всіх варіантах дослідів. Найменша вона у варіанті контроль, де добрива не вносилися. І максимуму сягає за внесення добрив у дозі $N_{120}P_{120}K_{120}$. Серед вагомих факторів впливу на формування ЧПФ були дози добрив, погодні умови років досліджень, зона, сорт та взаємодія факторів.

8. Встановлено, що у варіанті без прополювання показники фотосинтезу були низькими. За ручного прополюванням площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу мали найвищі показники і відповідно становили: у сорту Дніпровський 39 – 35,10 і 34,54 тис.м²/га; 1,38 і 1,35 млн.м²/га×діб; 3,57 і 3,55 г/м² за добу. У Самаран 6, відповідно: 36,14 і 34,89 тис.м²/га; 1,35 і 1,30 млн.м²/га×діб; 3,59 і 3,52 г/м² за добу.

9. Досліджено, що чиста продуктивність фотосинтезу мала найвищі показники за вирощування ранньостиглого гібрида Сват та середньостиглого сорту Смотрич. Дещо нижчими показниками характеризувався пізньостиглий сорт Ярона.

Література до розділу 4

1. Мусієнко М. М. Фотосинтез. Київ : Вища школа, 1995. 247 с.

2. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин. 2-е вид. перероб. і доп. Київ : Либідь, 2005. 807 с.
3. Schreiber U., Schliwa U., Bilger W. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosynthesis Research*. 1986. Vol. 10. P. 51–62. <https://doi.org/10.1007/BF00024185>
4. Сторожик Л. І. Агробіологічні основи формування агрофітоценозів сорго цукрового як біоенергетичної культури в Степу та Лісостепу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.09 – рослинництво / Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Київ, 2016. 342 с.
5. Рудник-Іващенко О. І. Управління процесом формування врожайності проса посівного : дис. ... д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.09 – рослинництво / Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Київ, 2010. 350 с.
6. Томашевський Д. П. Кукурудза. Київ : Урожай, 1970. 362 с.
7. Abdelhalim T. S., Kamal N. M., Hassan A. B. Nutritional potential of wild sorghum: Grain quality of Sudanese wild sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Food Science & Nutrition*. 2019. Vol. 7, Iss. 4. P. 1529–1539. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1002>
8. Кух М. В., Яланський О. В. Перспективи вирощування сорго зернового в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2011. Вип. 19. С. 112–116.
9. Гринюк І. П. Фотосинтетична продуктивність соргових культур у Правобережному Лісостепу України. *Науковий вісник НУБіП України. Серія : Агрономія*. 2013. Вип. 183(2). С. 104–109.
10. Герасименко Л. А. Вплив строків сівби та глибини загортання насіння на фотосинтетичну продуктивність посівів сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.). *Сортотивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 4. С. 73–76. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.4\(25\).2014.55980](https://doi.org/10.21498/2518-1017.4(25).2014.55980)

11. Василенко Р. М. Фотосинтетична продуктивність сорго зернового залежно від умов зволоження на півдні України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 2. С. 46–50.
12. Бойко М. О. Формування асиміляційного апарату гібридів сорго зернового в залежності від строків сівби та густоти посівів. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2017. Вип. 97. С. 18–22.
13. Овсієнко І. А. Особливості формування урожайності зерна сорго залежно від строків сівби. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 1. С. 21–28.
14. Бойко М. О. Агробіологічне обґрунтування елементів технології вирощування гібридів сорго зернового в Південному Степу України : дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 – рослинництво / Херсонський державний аграрний університет. Херсон, 2017. 230 с.
15. Рожков А. О., Свиридова Л. А. Вплив норм висіву, способів сівби та погодних умов вегетації на врожайність зерна гібридів сорго зернового. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 112. С. 193–204. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.120454>
16. Давиденко С. Ю., Рожков А. О. Урожайність зерна сорго за різних варіантів застосування стимулятора росту Вегестим у Північному Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 1. С. 18–28. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.02>
17. Карпенко В., Красноштан В. Вміст пігментів у листках сорго зернового за дії гербіциду, регулятора росту рослин і біопрепарату. *Collection of Scientific Papers "SCIENTIA"*. 2020. Vol. 1. P. 69–70.
18. Дьомін Д. Г., Кулик М. І., Михно Ю. В. Реалізація потенціалу насіннєвої продуктивності сорго багаторічного при застосуванні препарату «Агростимулін». *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С. 13–23. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.01>
19. Reid W. V., Ali M. K., Field C. B. The future of bioenergy. *Global Change Biology*. 2019. Vol. 26, Iss. 1. P. 274–286. <https://doi.org/10.1111/gcb.14883>

20. Сторожик Л. І., Музика О. В. Особливості формування продуктивності гібридів сорго цукрового залежно від впливу агротехнічних факторів: ширини міжрядь, густоти посівів та обробки регулятором росту. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 171–181. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173567>
21. Тітаренко О. С., Карпук Л. М. 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>
22. Любич В. В., Войтовська В. І., Климович Н. М., Третьякова С. О. Формування посівних властивостей зерна сорго цукрового залежно від сорту, тривалості зберігання та оброблення регуляторами росту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 1. С. 30–36. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-1-30-35>
23. Дзюбецький Б. В., Яланський О. В., Кух М. В. Сорго. Практичні рекомендації. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я. І., 2014. 96 с.
24. Zhao D., Reddy K. R., Kakani V. G., Reddy V. R. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *European Journal of Agronomy*. 2005. Vol. 22, Iss. 4. P. 391–403. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.06.005>
25. Свиридова Л. А. Формування продуктивності гібридів сорго зернового залежно від норм та способу сівби у Східному Лісостепу України : автореф. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 – рослинництво / Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва. Харків, 2019. 24 с.
26. Овсієнко І. А. Формування зернової продуктивності сорго залежно від агротехнічних заходів. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 1. С. 146–151.
27. Грищенко Р. Є., Любич О. Г., Глієва О. В., Алексєєв Я. В. Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового залежно від системи удобрення. *Зернові культури*. 2020. № 1. С. 122–129. <https://www.doi.org/10.31867/2523-4544/0115>

28. Salas Fernandez M. G., Strand K., Hamblin M. T. et al. Genetic analysis and phenotypic characterization of leaf photosynthetic capacity in a sorghum (*Sorghum* spp.) diversity panel. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2015. Vol. 62, Iss. 6. P. 939–950. <https://www.doi.org/10.1007/s10722-014-0202-6>

29. Bagayoko M. Effects of plant density, organic matter and nitrogen rates on rice yields in the system of rice intensification (SRI) in the ‘office du Niger’ in Mali. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 2012. Vol. 7, Iss. 8. P. 620–632.

30. Ajeigbe H. A., Akinseye F. M., Ayuba K., Jonah J. Productivity and water use efficiency of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] grown under different nitrogen applications in Sudan Savanna Zone, Nigeria. *International Journal of Agronomy*. 2018. Vol. 2018. Article ID 7676058. <https://www.doi.org/10.1155/2018/7676058>

31. Abdulai A. L., Parzies H., Kouressy M. et al. Yield stability of photoperiod sensitive sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) accessions under diverse climatic environments. *International Journal of Agricultural Research*. 2012. Vol. 7, Iss. 1. P. 17–32. <https://www.doi.org/10.3923/ijar.2012.17.32>

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

33. Муратов Г. І. Ефективність застосування добрив при вирощуванні кормових культур у сумісних посівах. *Землеробство*. 1968. № 12. С. 95–99.

34. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин та ґрунтів. Київ : Нічлава, 2003. 320 с.

35. Макаров Л. Х. Соргові культури. Херсон : Айлант, 2006. 263 с.

36. Оканенко А. С. Фізіологічні основи підвищення цукристості цукрових буряків. Київ : Наукова думка, 1966. 310 с.

За даними розділу опубліковано чотири друковані праці:

1. Правдива Л. А. Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового

[*Sorghum bicolor* (L.) Moench] залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 2. С. 199–206. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.2.2020.209254>

2. Правдива Л. А. Фотосинтетична діяльність посівів сорго зернового залежно від способу сівби насіння. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. Частина 1. С. 61–71. doi: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-61-71

3. Правдива Л. А., Доронін В. А. Вплив мінеральних добрив на фотосинтетичну продуктивність сорго зернового. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 72 (1). С. 51–64. doi: 10.32636/01308521.2022-(72)-1-4

4. Pravdyva L., Zatserkovna N., Vakhniy S., Khakhula V., & Hornovska S. Photosynthetic productivity of sorghum (*Sorghum bicolor* L. (Moenh) in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26(5), 2023. P. 56–64. DOI: 10.48077/scihor5.2023.56

РОЗДІЛ 5

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

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

5.1. Залежність урожайності сорго звичайного двокольорового від способу підготовки насіння до сівби

Використання стимуляторів росту на посівах є одним з найбільш доступних та високоефективних заходів підвищення та продуктивності основних сільськогосподарських культур та поліпшення їх якості. Значна кількість зернових культур в країнах Західної Європи щорічно обробляється комплексом біорегуляторів росту рослин, підвищуючи на 15–30 % їх продуктивність. В найближчому майбутньому, на думку авторів, частка біологічних факторів інтенсифікації рослинництва становитиме 50 % приросту та якості врожаю [1, 2].

Урожайність рослин сорго звичайного двокольорового є вирішальним чинником перевірки дієвості різних заходів догляду за посівами у польових умовах [3].

У результаті досліджень, проведених у Правобережному Лісостепу України, встановлено, що застосування стимулятора росту Вермистим мало суттєвий вплив як на урожайність зерна, так і на урожайність біомаси, порівняно з контролем – де отримали найнижчі показники продуктивності (табл. 5.1, 5.2). При цьому урожайність зерна становила 4,4 т/га, біомаси 29,2 т/га, вміст сухої речовини, відповідно, 85,2 та 23,4 %.

Таблиця 5.1

Урожайність зерна сорго звичайного двокольорового залежно від стимулятора росту рослин, т/га, 2016–2019 рр., БЦДСС

Варіант		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє
Оброблення насіння	Оброблення водою (контроль)	4,5	4,2	4,6	4,3	4,4
	Оброблення насіння стимулятором росту рослин	5,3	5,1	5,5	4,9	5,2
Обприскування посівів	Без оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	5,8	5,6	6,2	6	5,9
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	6,9	6,8	7,4	7,3	7,1
НІР _{0,05}		0,41	0,36	0,50		0,46

Більш інтенсивне наростання урожайності та кількості вмісту сухої речовини було за оброблення насіння і обприскування посівів стимулятором росту Вермистим, при цьому урожайність зерна була на 2,7 т/га достовірно вищою і становила 7,1 т/га, а урожайність біомаси – на 6,5 т/га і становила 35,9 т/га. Підвищувався також і вміст сухої речовини в зерні та надземній масі і становив 86,9 та 28,2 % (табл. 5.3).

При застосуванні стимулятора росту рослин лише за оброблення насіння, то урожайність у середньому за роки дослідження становила 5,2 т/га зерна та

32,8 т/га біомаси. Вміст сухої речовини також змінювався і був на рівні 86,3 % у зерні та 24,8 % біомасі.

Застосування стимулятора росту рослин лише на посівах сорго звичайного збільшувало урожайність зерна до 5,9 т/га, біомаси до 33,4 т/га. Вміст сухої речовини зерна та біомаси при цьому становила 86,8 та 26,1 %.

Таблиця 5.2

Урожайність біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від стимулятора росту рослин, т/га, 2016–2019 рр., БЦДСС

Варіант		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє
Оброблення насіння	Оброблення водою (контроль)	29,1	27,3	30,5	29,5	29,2
	Оброблення насіння стимулятором росту рослин	32,5	30,6	34,3	33,8	32,8
Обприскування посівів	Без оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	33,1	32,6	34,9	33	33,4
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	35,8	34,8	36,8	36,2	35,9
НІР _{0,05}		1,35		1,30	1,34	1,45

Для формування високої продуктивності сільськогосподарських культур варто не лише досконало мати технологічні знання, а й потрібно контролювати стан посівів і сам процес утворення елементів продуктивності в різні фази і етапи

органогенезу та мати вплив на їх величину і співвідношення між ними. Варто враховувати елементи агротехніки, структури урожайності з ґрунтово-кліматичними умовами зони культивування і умовами року вирощування.

Таблиця 5.3.

Вміст сухої речовини зерна і біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від стимулятора росту рослин, %, середнє за 2016–2019 рр., БЦДСС

Варіант		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє
Оброблення насіння	Оброблення водою (контроль)	$\frac{86,0^*}{23,9^{**}}$	$\frac{84,8}{23,2}$	$\frac{85,0}{23,0}$	$\frac{85,0}{23,5}$	$\frac{85,2}{23,4}$
	Оброблення насіння стимулятором росту рослин	$\frac{86,0}{25,0}$	$\frac{86,0}{24,8}$	$\frac{86,5}{24,4}$	$\frac{86,7}{25,0}$	$\frac{86,3}{24,8}$
Обприскування посівів	Без оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	$\frac{86,8}{26,1}$	$\frac{86,6}{26,2}$	$\frac{86,8}{26,0}$	$\frac{87,0}{26,1}$	$\frac{86,8}{26,1}$
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	$\frac{87,0}{28,5}$	$\frac{86,0}{28,1}$	$\frac{87,6}{28,0}$	$\frac{87,0}{28,2}$	$\frac{86,9}{28,2}$
НІР _{0,05}		0,6	$\frac{0,9}{1,02}$	$\frac{0,8}{1,1}$	$\frac{1,3}{0,99}$	$\frac{2,11}{1,04}$

*–зерно, **–біомаса

Поспостерігавши і вивчивши всі зв'язки між елементами технології вирощування та елементами продуктивності й умовами вирощування можна встановити величину окремих елементів структури урожайності і їх поєднання між собою [4].

До основних елементів структури врожаю сорго належать довжина волоті, маса волоті, кількість зерен у волоті, маса зерна з волоті, маса 1000 насінин.

Отримані дані показали, що застосування стимулятора росту рослин впливало на ці показники. Так, у контролі отримані найнижчі показники, при цьому довжина та маса волоті становила 23,8 см та 47,2 г, кількість зерен у волоті – 1460 штук, маса зерна з волоті 39,2 г та маса 1000 насінин – 24,2 г (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Елементи структури врожаю сорго звичайного двокольорового
залежно від способу підготовки насіння до сівби, на період збирання,
середнє за 2016 – 2019 рр., БЦДСС**

Варіант		Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Оброблення насіння	Оброблення водою (контроль)	23,8	47,2	1460	39,2	24,2
	Оброблення насіння стимулятором росту рослин	24,9	49,4	1492	41,4	25,9
Обприскування посівів	Без оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	28,3	50,8	1538	44,	27,3
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	29,4	52,3	1625	47,5	29,8
H _P 0,05			1,0	14,0	0,9	0,4

За оброблення насіння стимулятором росту довжина та маса волоті була достовірно вищою на 9,2 та 6,9 %, кількість зерен у волоті та маса зерна з волоті на 2,5 та 7,5 %, і маса 1000 насінин була вищою майже на 2,0 г.

Обприскування посівів стимулятором росту збільшувало показники структури врожаю порівняно з контролем на 12,4 % – довжину волоті та на 9,95 % масу волоті; на 5,7 % кількість зерен у волоті. Маса зерна з волоті та маса 1000 насінин перевищила контроль на 17,2 та 17,0 %.

Застосування стимулятора росту на насінні та посівах сприяло істотному підвищенню показників структури врожаю сорго звичайного. Так, за спільного застосування стимулятора отримано високі дані довжини та маси волоті (29,4 см та 52,3 г), кількості зерна у волоті (1625 штук), а також масу зерна з волоті та масу 1000 насінин (47,5 та 29,8 г).

Таким чином, застосування стимулятора росту шляхом оброблення насіння та обприскуванням посівів сприяло істотному збільшенню урожайності, вмісту сухих речовин в зерні та надземній масі сорго звичайного двокольорового, і відповідно елементів структури врожаю.

5.2. Комплексний вплив факторів інтенсифікації на урожайність сорго звичайного двокольорового

На думку багатьох авторів [5, 6], урожайність продукції, є остаточним показником за яким проводять аналіз доцільності та ефективності застосування певної технології вирощування, а також дії елементу видової або сортової технології. Для формування урожайності велике значення має структура посівів, що характеризується деякими морфологічними ознаками та фізіологічними функціями. Найкраща структура – це та, яка передбачає отримання максимально біологічного та господарського врожаю.

Висока урожайність в сільгоспвиробництві визначається різними строками сівби культури. В свою чергу важливим є наявність тепла та достатня кількість

опадів в період розвитку сорго звичайного двокольорового, що сприяє отриманню значної кількості зерна та надземної маси.

Результати досліджень показали, що строки сівби і глибина загортання насіння сорго звичайного двокольорового мали значний вплив не лише на ріст і розвиток рослин, а й на врожайність сортів Дніпровський 39 та Вінець. Так, у зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України, найвищу урожайність зерна отримано за сівби коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 12–14 °С (І декада травня) як у сорту Дніпровський 39, так і у сорту Вінець (табл. 5.5). При цьому за глибини загортання насіння 4 та 6 см вона сягала максимуму і становила 7,1 та 7,4 т/га у сорту Дніпровський 39 і 6,3 та 6,7 т/га у сорту Вінець. За глибини загортання насіння 2 та 8 см урожайність зерна була достовірно нижчою і становила 6,3 та 6,2 т/га у сорту Дніпровський 39 та 6,0 та 5,7 т/га у сорту Вінець.

За сівби насіння у III декаді квітня, коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 5–6 °С та у II декаді травня, коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 16–18 °С урожайність зерна зменшувалась в обох сортів. Це пояснюється тим, що в першому випадку стримуючим фактором була температура, а в другому – нестача вологи в ґрунті.

Залежно від глибини загортання насіння за сівби насіння при температурі 5–6 °С урожайність зерна була істотно меншою порівняно з сівбою за температури 12–14 °С і, становила – сорту Дніпровський 39 – 5,1–5,9 т/га, сорту Вінець 4,2–5,5 т/га. За сівби при температурі 16–18 °С урожайність зерна була вищою, ніж за першого але меншою, ніж за другого варіанту сівби і становила у сорту Дніпровський 39 від 5,6 до 6,5 т/га, у сорту Вінець від 5,0 до 6,0 т/га.

Також розглянемо вплив факторів на формування урожайності зерна сортів залежно від строків сівби та глибини загортання насіння (рис. 5.1).

Найбільш вагомим був вплив факторів «строк сівби» – 20,4%, «сорт» – 19,3%, а вже на третьому місці була глибина загортання насіння. Тоді як вплив погодних умов становив 14% та висока їх взаємодія була з іншими факторами дослідів.

[illegible]

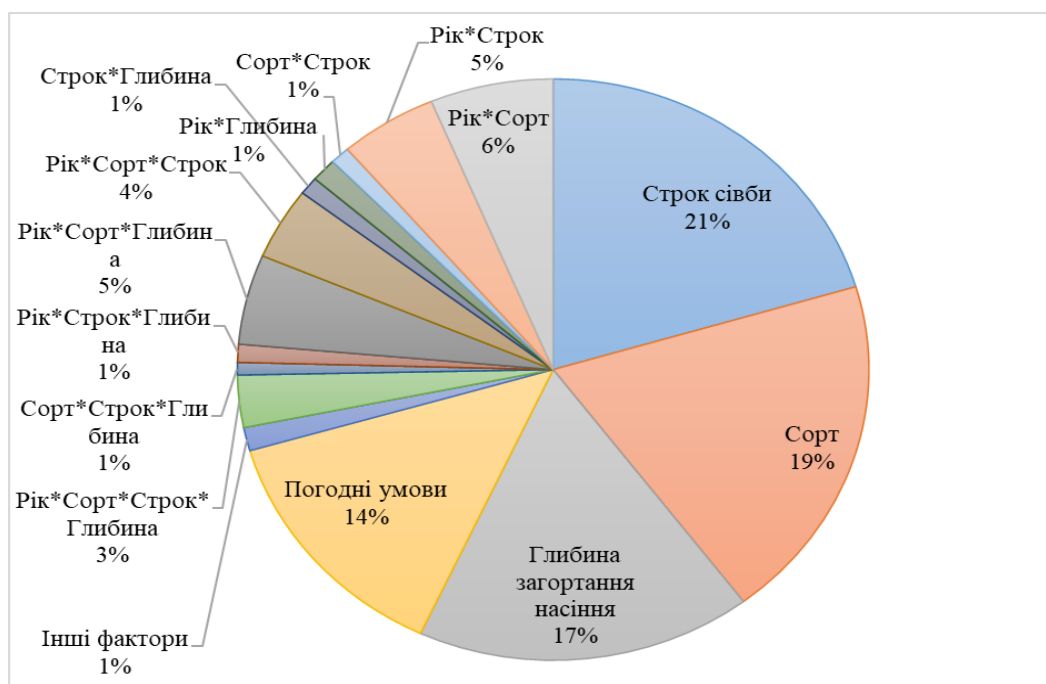


Рис. 5.1. Частка впливу факторів дослідів, середнє за 2016-2020 рр., БЦДСС

Найбільша урожайність надземної маси сорго звичайного двокольорового спостерігалася за сівби насіння при температурі 12–14 °С, у I декаді травня та глибині загортання 4 та 6 см (табл. 5.6). В середньому врожайність біомаси за цих показників становила 40,2 – 44,4 т/га у сорту Дніпровський та 37,3 – 39,5 т/га у сорту Вінець. За глибини загортання насіння 2 та 8 см показники врожайності біомаси значно нижчі. У сорту Дніпровський 39 врожайність біомаси становила 35,7 та 33,9 т/га, у сорту Вінець 31,6 та 31,0 т/га.

За сівби насіння при температурі 16–18 °С урожайність біомаси сорго звичайного двокольорового була достовірно нижчою. За глибини загортання насіння 2 см дорівнювала 30,2 т/га у сорту Дніпровський 39 та 27,4 т/га у сорту Вінець.

За глибини загортання насіння 4 см урожайність становила 34,4 т/га у сорту Дніпровський 39 та 31,2 т/га у сорту Вінець. За глибини загортання насіння 6 см врожайність біомаси найвища і становить 37,2 т/га у сорту Дніпровський 39 та 33,5 т/га у сорту Вінець. За глибини загортання насіння 8 см врожайність біомаси була найменшою й становила 29,1 т/га у сорту Дніпровський 39 та 27,1 т/га у сорту Вінець.

Таблиця 5.6

Урожайність біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від строків сівби та глибини загортання насіння, т/га, 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Глибина загортання насіння, см	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	5–6 °С	2	27,5	27,0	28,0	27,5	27,0	27,4
		4	32,5	30,0	32,5	32,0	34,0	32,2
		6	39,2	35,9	37,0	38,6	39,8	38,1
		8	30,1	27,4	28,3	29,4	27,3	28,5
	12–14 °С	2	36,0	35,4	35,8	35,9	35,4	35,7
		4	41,0	39,8	38,8	41,4	40,0	40,2
		6	45,3	42,5	44,9	45,3	44,0	44,4
		8	35,0	33,6	34,0	33,9	33,0	33,9
	16–18 °С	2	31,6	29,1	30,0	30,7	29,6	30,2
		4	35,2	33,1	34,5	34,8	34,4	34,4
		6	38,3	35,4	37,0	38,1	37,2	37,2
		8	30,6	28,0	29,0	29,6	28,3	29,1
Вінець	5–6 °С	2	27,0	26,0	27,6	27,4	26,0	26,8
		4	31,2	30,3	31,6	31,2	30,2	30,9
		6	35,3	34,1	35,0	34,6	35,0	34,8
		8	27,2	25,8	26,3	26,0	24,7	26,0
	12–14 °С	2	32,0	31,6	31,9	31,6	30,9	31,6
		4	38,0	37,4	36,2	37,9	37,0	37,3
		6	40,0	38,7	39,4	40,2	39,2	39,5
		8	32,6	29,8	30,2	31,4	31,0	31,0
	16–18 °С	2	27,9	27,0	28,0	27,1	27,0	27,4
		4	32,4	30,9	31,7	31,0	30,0	31,2
		6	34,2	32,9	33,7	33,6	33,1	33,5
		8	27,7	26,9	27,9	27,0	26,0	27,1
НІР _{0,05} : А – 0,83; В – 0,62; С – 0,41; АВС – 1,24 (середнє)								

Сівба насіння за температури 5–6 °С призводить до зниження продуктивності сортів сорго звичайного двокольорового, і в середньому залежно

[illegible]

Таблиця 5.8

**Урожайність біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від
строків сівби насіння, т/га, 2016–2020 рр., ІДСС**

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	5–6 °С	35,8	33,0	25,8	39,0	35,4	33,8
	12–14 °С	42,3	35,7	33,0	37,0	39,0	37,4
	16–18 °С	41,9	34,0	29,1	33,5	39,5	35,8
Самаран 6	5–6 °С	34,0	33,0	28,4	34,1	31,0	32,1
	12–14 °С	35,7	35,0	32,8	38,4	37,6	35,9
	16–18 °С	35,4	34,0	33,0	34,6	31,0	33,6
НІР _{0,05} – А – 1,97; В – 1,97; АВ – 2,78 (середнє)							

За дисперсійним аналізом (рис. 5.2) встановлено, що урожайність значно залежала від досліджуваних факторів. Найбільшу частку впливу мали строки сівби насіння – 29,2 %, це вказує на те, що в період сівби була різна температура та вологість ґрунту, яка впливала на подальший ріст і розвиток досліджуваних рослин.

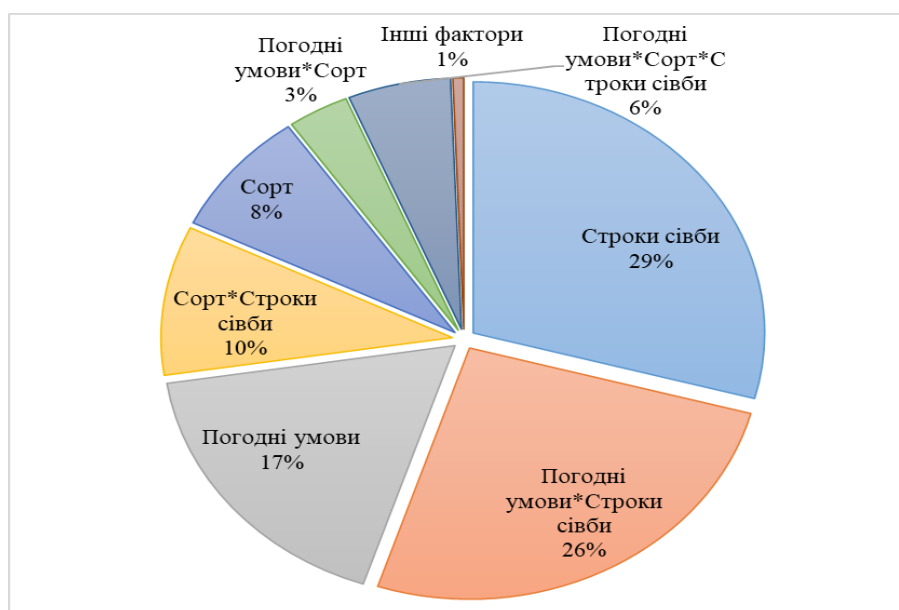


**Рис. 5.2. Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність сорго
звичайного, %, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС**

[illegible]

Таблиця 5.10

**Урожайність біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від
строків сівби насіння, т/га, 2016–2020 рр., ЯДСС**

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	5–6 °С	28,0	22,0	24,5	24,8	24,8	24,8
	12–14 °С	32,1	30,5	33,0	30,4	33,2	31,8
	16–18 °С	34,0	32,4	34,9	33,5	34,0	33,7
Самаран 6	5–6 °С	26,0	24,5	27,0	25,1	26,5	25,8
	12–14 °С	30,0	28,0	30,5	29,0	30,0	29,5
	16–18 °С	38,0	36,5	39,0	38,0	37,6	37,8
НІР _{0,05} – А – 0,87; В – 0,93; АВ – 1,74 (середнє)							

Варто зазначити, що на урожайність сорго звичайного двокольорового у найбільший вплив мали строки сівби та сорти, їх частка в досліді становила 29,4 та 19,8 % (рис. 5.3).

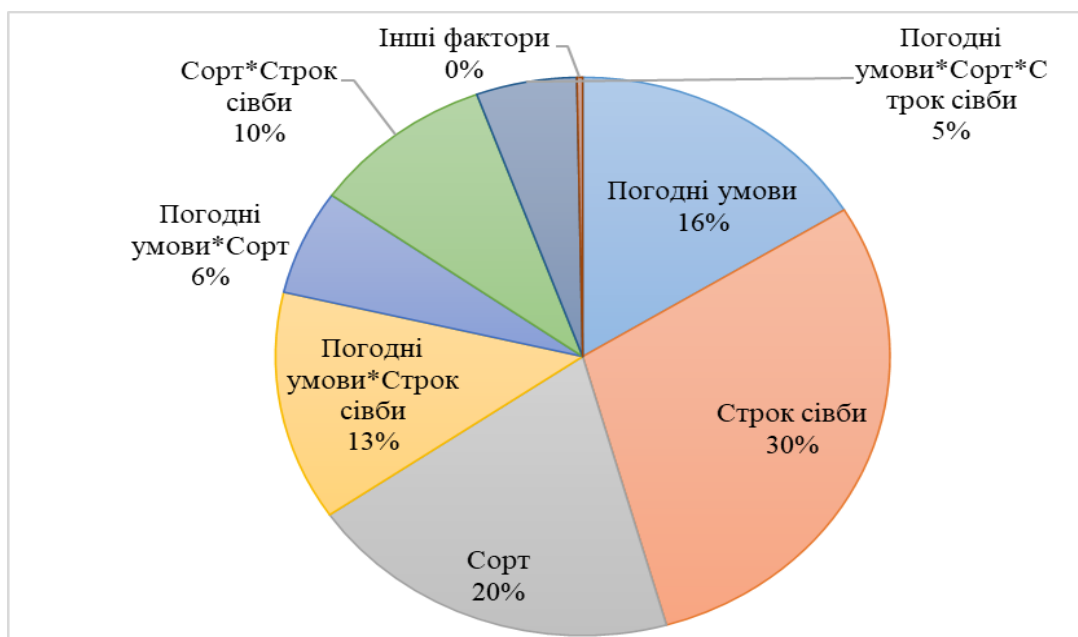


Рис. 5.3. Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність сорго звичайного двокольорового, %, середнє за 2016–2020 рр., ЯДСС

Дещо меншою була частка впливу погодних умов і дорівнювала 16,2 %. Взаємодія факторів «сорт*строк сівби» становила 9,6 %, «погодні умови*сорт» – 6,1 %, «погодні умови*строки сівби» – 13,%, взаємодія всіх досліджуваних факторів становила 5,3 %. Частка впливу інших факторів, які не досліджували становила 0,3 %.

Дослідження, проведені у зоні недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України, показують, що максимальна урожайність зерна та біомаси у сортів Дніпровський 39 та Самаран 6 отримана за сівби насіння сорго у I декаді травня за температури ґрунту 12–14 °C (табл. 5.11, 5.12). В середньому за роки досліджень у сорту Дніпровський 39 становила 7,5 т/га зерна та біомаси 46,7 т/га. У сорту Самаран 6 урожайність зерна та біомаси, відповідно становила 5,4 та 36,9 т/га. За сівби насіння при температурі 16–18 °C урожайність зерна та біомаси була нижчою і становила 6,8 та 44,1 т/га у сорту Дніпровський 39 і 4,9 та 34,0 т/га у сорту Самаран 6.

Таблиця 5.11

Урожайність зерна сорго звичайного двокольорового залежно від строків сівби насіння, т/га, 2016–2020 рр., ВПДСС

Сорт	Температура ґрунту, °C, на глибині 10 см	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	5–6 °C	6,8	6,7	7,2	7,3	7,0	7,0
	12–14 °C	7,8	6,7	6,5	8,2	8,3	7,5
	16–18 °C	6,0	7,3	6,9	6,7	7,1	6,8
Самаран 6	5–6 °C	4,0	5,3	6,0	5,2	5,0	5,1
	12–14 °C	3,7	5,7	5,0	6,0	6,6	5,4
	16–18 °C	5,0	5,3	5,0	4,4	4,8	4,9
H _{IP} 0,05 – A – 0,67; B – 0,66; AB – 0,82 (середнє)							

Також розглянемо вплив факторів на формування урожайності зерна сортів залежно від строків сівби (рис. 5.4). На відміну від умов ЯДСС

вирощування сорго звичайного двокольорового в умовах ВПДСС сприяло зростанню впливу погодних умов до 19 %, при цьому більш вагомим чинником був правильний підбір сортів до вирощування (32 %), а строк сівби визначав урожайність на 15 %. Також спостерігалась серйозна взаємодія погодних умов, сорту, строку сівби – на рівні 12 %.

Таблиця 5.12

**Урожайність біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від
строків сівби насіння, т/га, 2016–2020 рр., ВПДСС**

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	5–6 °С	38,6	48,3	45,2	47,9	46	45,2
	12–14 °С	32,2	58,3	48,0	47,3	47,7	46,7
	16–18 °С	40,5	47,3	45,0	43,6	44,1	44,1
Самаран 6	5–6 °С	30,4	37,3	36,0	35,3	37,0	35,2
	12–14 °С	24,7	41,7	37,0	41,0	40,1	36,9
	16–18 °С	30,6	34,0	36,0	35,0	34,4	34,0
НІР _{0,05} – А – 1,13; В – 1,18; АВ – 2,25 (середнє)							

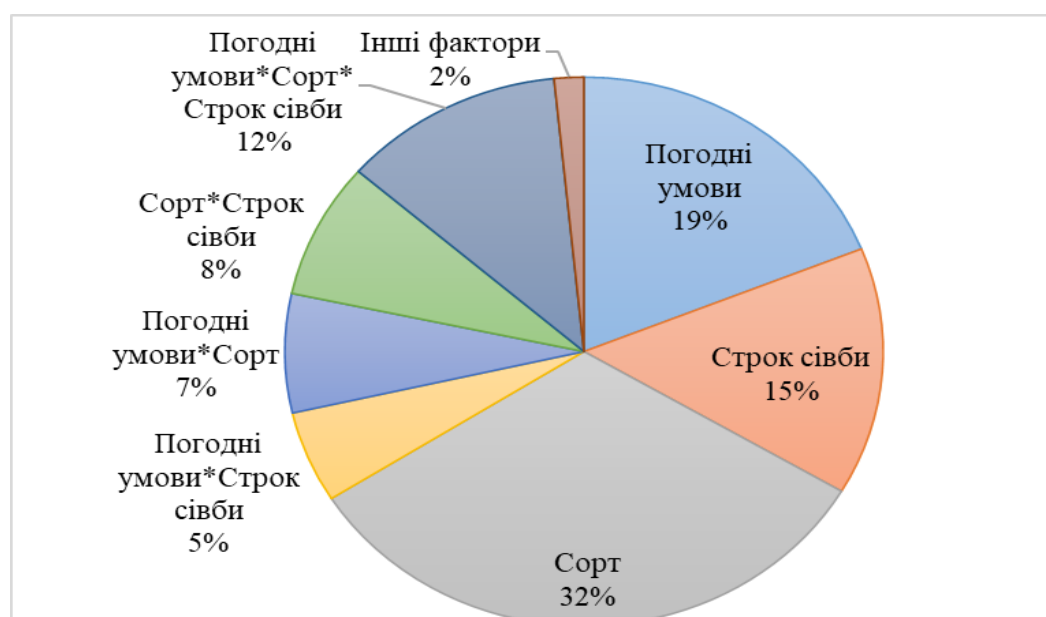


**Рис. 5.4. Частка впливу факторів на урожайність зерна 2016–2020 рр.,
ВПДСС**

Отже, важливо в даній зоні правильно підібрати сорт та власне його реакцію на умови вирощування за дефіциту вологи. Хоча й не варто применшувати значення впливу решти факторів, що формують умови вирощування та визначають взаємодію рослин з навколишнім середовищем та елементами агротехніки.

Елементи структури врожаю сільськогосподарських культур є одними з основних показників, які визначають і формують продуктивність, тому розробка оптимальних елементів технології вирощування є одним з основних завдань науковців. Так, вивчаючи сортові особливості сорго звичайного, строки сівби та глибину загортання насіння встановлено, що показники елементів структури врожаю дещо вищими були у сорту Дніпровський 39, ніж у сорту Вінець (табл. 5.13, 5.14).

Досліджуючи строки сівби насіння сорго звичайного двокольорового встановлено, що в середньому за сівби насіння при температурі ґрунту 12–14 °С дані елементів структури врожаю культури були найвищими і становили: довжина та маса волоті – 25,7 см та 47,7 г, кількість зерен у волоті 1544 штук, маса зерна з волоті та маса 1000 насінин – 42,7 та 27,7 г.

За сівби насіння при температурі ґрунту 16–18 °С елементи структури врожаю були дещо меншими і становили: довжина та маса волоті – 22,6 см та 43,4 г, кількість зерен у волоті 1542 штук, маса зерна з волоті та маса 1000 насінин – 40,7 та 26,4 г. За сівби насіння при температурі ґрунту 5–6 °С показники продуктивності були мінімальними.

Аналізуючи глибину загортання насіння сорго звичайного двокольорового варто відмітити, що найкращі показники отримано за глибини 4 та 6 см, істотно менші показники отримано за глибини 2 та 8 см.

Таблиця 5.13

**Елементи структури врожаю сорго звичайного двокольорового
залежно від строків сівби та глибини загортання насіння, у фазі повної
стиглості, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС**

Сорт	Температура грунту, °С, на глибині 10 см	Глибина загортання насіння, см	Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Дніпровський 39	5–6 °С	2	24,8	44,3	1424	32,0	22,5
		4	25,1	45,8	1487	35,1	23,6
		6	25,3	47,2	1495	34,5	23,1
		8	25,2	45,6	1460	32,7	22,4
	12–14 °С	2	25,4	47,2	1521	40,5	26,6
		4	25,9	49,0	1536	43,3	28,2
		6	26,1	50,3	1568	46,9	29,9
		8	26,0	49,1	1560	42,1	27,0
	16–18 °С	2	22,5	42,1	1518	40,2	26,5
		4	22,9	42,8	1557	41,9	26,9
		6	23,4	43,1	1559	42,1	27,0
		8	23,1	42,6	1539	41,1	26,7
Вінець	5–6 °С	2	24,0	42,1	1428	34,7	24,3
		4	24,6	42,8	1445	36,0	24,9
		6	24,9	43,2	1468	37,6	25,6
		8	24,3	43,4	1430	35,8	25,0
	12–14 °С	2	25,2	45,9	1495	40,2	26,9
		4	25,8	46,6	1552	42,4	27,3
		6	26,1	47,1	1563	44,2	28,3
		8	25,4	46,2	1560	42,3	27,1
	16–18 °С	2	22,1	42,0	1510	38,1	25,2
		4	22,4	44,3	1548	40,4	26,1
		6	22,3	45,6	1556	41,9	26,9
		8	21,8	44,3	1550	39,8	25,7
НІР _{0,05}			0,9	1,2	13	2,0	0,7

Таблиця 5.14

**Середні значення показників елементів структури врожаю сорго
звичайного залежно від досліджуваних факторів, середнє за 2016–2020 рр.,
БЦДСС**

Показники		Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Середнє за фактором А	Дніпровський 39	24,6	45,8	1519	39,4	25,9
	Вінець	24,1	44,5	1509	39,5	26,1
Середнє за фактором В	5–6 °С	24,8	44,3	1455	34,8	23,9
	12–14 °С	25,7	47,7	1544	42,7	27,7
	16–18 °С	22,6	43,4	1542	40,7	26,4
Середнє за фактором С	2	24,0	43,9	1483	37,6	25,3
	4	24,5	45,2	1521	39,9	26,2
	6	24,7	46,1	1535	41,2	26,8
	8	24,3	45,2	1517	39,0	25,7
НІР _{0,05}		0,9	1,2	13	2,0	0,7

Таким чином, в умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України сівбу сорго варто здійснювати за температури 16–18 °С – II декада травня, а у зоні недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України за температури 12–14 °С – I декада травня, так як за таких умов сівби отримані найвищі показники урожайності досліджуваних сортів сорго звичайного двокольорового.

Висока продуктивність сільськогосподарських культур здобувається різними способами сівби, при цьому враховується напрям рядків та кількість рослин на площі посіву. Широкого значення набула селекція сортів, листки рослин яких мають гарно розвинену провідну систему та високоактивні ферменти асиміляції вуглекислого газу.

Одним з факторів, що регулює поглинання рослинами поживних речовин, використання вологи, світла та інтенсивність асиміляційного процесу, формування врожаю є кількість рослин на одиниці площі. Тому вагомим елементом технології вирощування сільськогосподарських культур є густота стояння рослин. Максимальної врожайності зі збереженням високих якісних показників, як зерна, так і біомаси, можна досягти за оптимального розміщення рослин на площі [7].

За різної густоти стояння сорго звичайного двокольорового в посівах створюються неоднакові умови живлення й освітлення рослин, що впливає на інтенсивність процесів фотосинтезу, в результаті й на продуктивність зерна та надземної маси. У загущених посівах спостерігається підвищення відносної і абсолютної вологості повітря й зменшення концентрації вуглекислого газу, що пов'язано з погіршенням повітряного обміну [8].

Отримані результати свідчать, що за досліджуваних способів сівби, а саме за певної ширини міжрядь і норми висіву насіння змінювались урожайність зерна та надземної маси, вихід біоетанолу з зерна, вихід твердого палива з надземної маси і вихід енергії.

В середньому за досліджувані роки найбільша урожайність зерна сорго у обох сортів спостерігається за сівби насіння з шириною міжрядь 45 см та нормою висіву – 200 тис. шт./га. У сорту Дніпровський 39 урожайність зерна становила 7,4 т/га, у сорту Вінець 5,1 т/га. За норм висіву – 150 та 250 тис. шт./га урожайність зерна у сорту Дніпровський 39 становила 6,9 та 7,4 т/га; у сорту Вінець – 4,2 та 4,5 т/га (табл. 5.15).

Таблиця 5.15

Урожайність зерна сорго звичайного двокольорового залежно від способів сівби і норми висіву насіння, т/га, 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Ширина міжрядь, см	Норма висіву насіння, тис. шт./га	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	15	150	6,0	6,8	6,3	6,2	5,7	6,2
		200	6,7	7,0	6,8	6,9	6,1	6,7
		250	6,8	7,3	6,8	6,6	7,0	6,9
	45	150	6,9	6,8	6,5	6,4	6,9	6,7
		200	7,5	7,4	7,5	7,6	7,0	7,4
		250	7,0	7,3	7,3	7,4	7,0	7,2
	70	150	5,4	5,8	5,9	5,7	5,7	5,7
		200	6,3	6	6,3	6,4	6,5	6,3
		250	6,2	6,4	6,1	5,8	6,0	6,1
Вінець	15	150	3,6	4,0	3,8	3,7	3,9	3,8
		200	4,4	4,2	4,1	4,3	4,0	4,2
		250	4,6	4,4	4,3	4,5	4,2	4,4
	45	150	4,5	4,1	4,3	3,9	4,2	4,2
		200	5,6	4,7	5,1	5,1	5,0	5,1
		250	4,5	4,4	4,6	4,5	4,5	4,5
	70	150	3,5	3,4	3,7	3,8	3,6	3,6
		200	4,3	4,0	4,2	4,3	4,2	4,2
		250	4,0	4,2	4,3	4,2	4,3	4,2
НІР _{0,05} : А – 0,79, В – 0,68, С – 0,68, АВС – 1,23 (середнє)								

Зменшення ширини міжрядь (до 15 см) і її збільшення (до 70 см) призводило до зниження урожайності зерна сорго в середньому: у сорту Дніпровський 39 на 1,5

– 3,3 т/га, у сорту Вінець на 1,4 – 1,0 т/га. Відхилення від оптимальної норми висіву також призводило до зниження урожайності сорго.

Визначимо також частки впливу факторів на урожайність зерна різних сортів сорго звичайного двокольорового залежно від ширини міжрядь та норм висіву (рис. 5.5).

Серед головних чинників що визначали високий рівень продуктивності можна відмітити фактор сорту – 32 %, а також ширини міжрядь – 18 % та норми висіву насіння – 15 %. Окремий вплив погодних умов років досліджень становив 13 %, хоча його частка була також присутня і в контексті взаємодії усіх інших факторів досліджу.

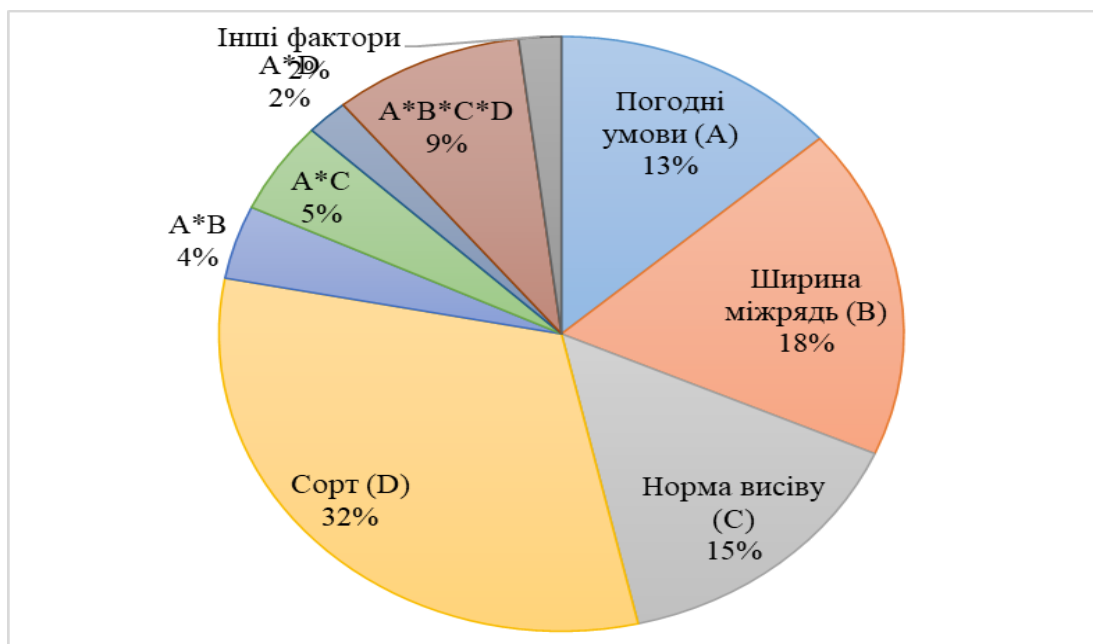


Рис. 5.5. Частка впливу факторів на урожайність зерна сорго звичайного двокольорового, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Максимальна врожайність надземної маси сорго звичайного двокольорового спостерігалась за ширини міжрядь 45 см і норми висіву насіння 200 тис. шт./га (табл. 5.16). У сорту Дніпровський 39 та Вінець за норми висіву 150 тис. шт./га врожайність біомаси, залежно від ширини міжрядь, була в межах від 34,2 до 40,1 т/га та від 28,6 до 33,7 т/га відповідно. За норми – 200 тис. шт./га вона була значно більшою і становила від 36,7 до 44,6 т/га у сорту Дніпровський 39 та від 31,5

до 36,9 т/га у сорту Вінець. За норми 250 тис. шт./га врожайність біомаси становила 38,4 – 43,1 т/га у Дніпровський 39 та 30,2 – 35,4 т/га у Вінець.

Таблиця 5.16

Урожайність біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від способів сівби і норми висіву насіння, 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Ширина міжрядь, см	Норма висіву насіння, тис. шт./га	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	15	150	34,8	34,2	34,6	34,6	32,8	34,2
		200	37,0	36,9	38,0	35,6	36,0	36,7
		250	39,0	37,5	39,0	38,0	38,5	38,4
	45	150	40,6	40,5	39,1	40,3	40,0	40,1
		200	45,0	44,5	45,3	44,0	44,2	44,6
		250	43,6	42,5	43,0	43,4	43,0	43,1
	70	150	39,0	38,6	39,6	39,5	39,3	39,2
		200	41,5	41,0	42,0	40,0	41,0	41,1
		250	41,0	40,9	40,6	40,0	40,5	40,6
Вінець	15	150	29,0	28,1	28,3	28,4	29,2	28,6
		200	31,1	32,5	31,4	31,5	31,0	31,5
		250	33,0	32,0	32,8	33,0	33,2	32,8
	45	150	34,0	33,8	33,5	34,0	33,2	33,7
		200	37,0	36,5	38,0	36,0	37,0	36,9
		250	36,0	35,4	35,0	34,8	35,8	35,4
	70	150	30,0	32,0	31,4	31,6	32,5	31,5
		200	33,0	32,8	32,9	30,3	33,0	32,4
		250	31,0	30,2	30,2	31,0	28,6	30,2
НІР _{0,05} : А – 0,89, В – 0,76, С – 0,76, АВС – 3,64 (середнє)								

Отже, найвища урожайність зерна сорго звичайного двокольорового спостерігається за сівби насіння з шириною міжрядь 45 см та нормою висіву

насіння 200 та 250 тис. шт./га, яка становила 7,2 та 7,4 т/га. Збільшення або зменшення ширини міжрядь і норми висіву призводило до зниження урожайності зерна обох сортів.

Вміст сухої речовини у зерні найвищим у досліді був у за сівби сорго з шириною міжрядь 45 см та за норми висіву 200 тис. шт./га (табл. 5.17).

Таблиця 5.17

Вміст сухої речовини сорго звичайного двокольорового залежно від ширини міжрядь та норм висіву насіння, %, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Ширина міжрядь	Норма висіву насіння, тис. шт./га	У фазі повної стиглості	
			у зерні	у рослині
Дніпровський 39	15	150	85,2	29,4
		200	85,6	29,9
		250	85,1	31,2
	45	150	86,4	31,8
		200	86,8	32,3
		250	86,7	32,9
	70	150	86,0	32,0
		200	86,2	32,2
		250	86,4	32,4
Вінець	15	150	85,3	29,1
		200	85,4	29,5
		250	85,6	26,9
	45	150	86,1	32,0
		200	86,3	32,3
		250	86,2	32,8
	70	150	85,4	31,8
		200	85,1	32,2
		250	85,0	32,0
НІР _{0,05}			0,43	0,31

Достовірно нижчий вміст сухої речовини спостерігається за ширини міжрядь 15 і 70 см та норми висіву 150 і 250 тис. шт./га.

За результатами досліджень проведених у зоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України – Іванівська ДСС, встановлено, що із зміною норм висіву змінювалась урожайність сорго. Максимальна урожайність зерна та біомаси отримана за норми висіву насіння 200 тис. шт./га. й становила, відповідно – 6,8 та 39,2 т/га у сорту Дніпровський 39 і 5,9 та 36,1 т/га у сорту Самаран 6 (табл. 5.18).

Значно меншою була урожайність за сівби насіння з нормою висіву 150 та 250 тис. шт./га. Так, за норми висіву 150 тис. шт./га урожайність зерна у сорту Дніпровський 39 становила 6,1 т/га, у сорту Самаран 6 – 5,3 т/га, біомаси, відповідно, 33,1 т/га та 31,4 т/га. За норми висіву 250 тис. шт./га урожайність зерна дорівнювала 5,7 т/га у сорту Дніпровський 39 та 4,8 т/га у сорту Самаран 6; урожайність біомаси, відповідно – 34,6 та 32,8 т/га.

Таблиця 5.18

Урожайність зерна і біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від норми висіву насіння, т/га, 2016–2020 рр., ІДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	150	$\frac{5,7^*}{36,9^{**}}$	$\frac{6,2}{36,0}$	$\frac{6,1}{24,6}$	$\frac{6,3}{33,0}$	$\frac{6,2}{35,0}$	$\frac{6,1}{33,1}$
	200	$\frac{7,0}{45,0}$	$\frac{6,7}{43,2}$	$\frac{5,8}{36,0}$	$\frac{6,6}{35,5}$	$\frac{7,9}{37,8}$	$\frac{6,8}{39,2}$
	250	$\frac{6,0}{32,7}$	$\frac{6,0}{35,7}$	$\frac{5,4}{29,7}$	$\frac{5,3}{37,1}$	$\frac{5,8}{37,8}$	$\frac{5,7}{34,6}$
Самаран 6	150	$\frac{5,0}{32,0}$	$\frac{6,3}{30,0}$	$\frac{3,4}{26,1}$	$\frac{6,8}{34,6}$	$\frac{5,0}{34,3}$	$\frac{5,3}{31,4}$
	200	$\frac{6,9}{34,5}$	$\frac{7,8}{46,4}$	$\frac{3,6}{29,4}$	$\frac{5,0}{36,2}$	$\frac{6,2}{34,0}$	$\frac{5,9}{36,1}$
	250	$\frac{6,0}{33,0}$	$\frac{5,4}{31,4}$	$\frac{4,0}{30,0}$	$\frac{4,0}{34,6}$	$\frac{4,6}{35,0}$	$\frac{4,8}{32,8}$
НІР _{0,05} – 0,79 (зерно); 1,18 (біомаса) – (середнє)							

*чисельник – урожайність зерна, **знаменник – урожайність біомаси

На урожайність значний вплив формувала норма висіву насіння (27 %), сортові особливості (20 %), а також умови року (13 %). Також можна відмітити суттєві впливи взаємодії факторів (рис. 5.6).

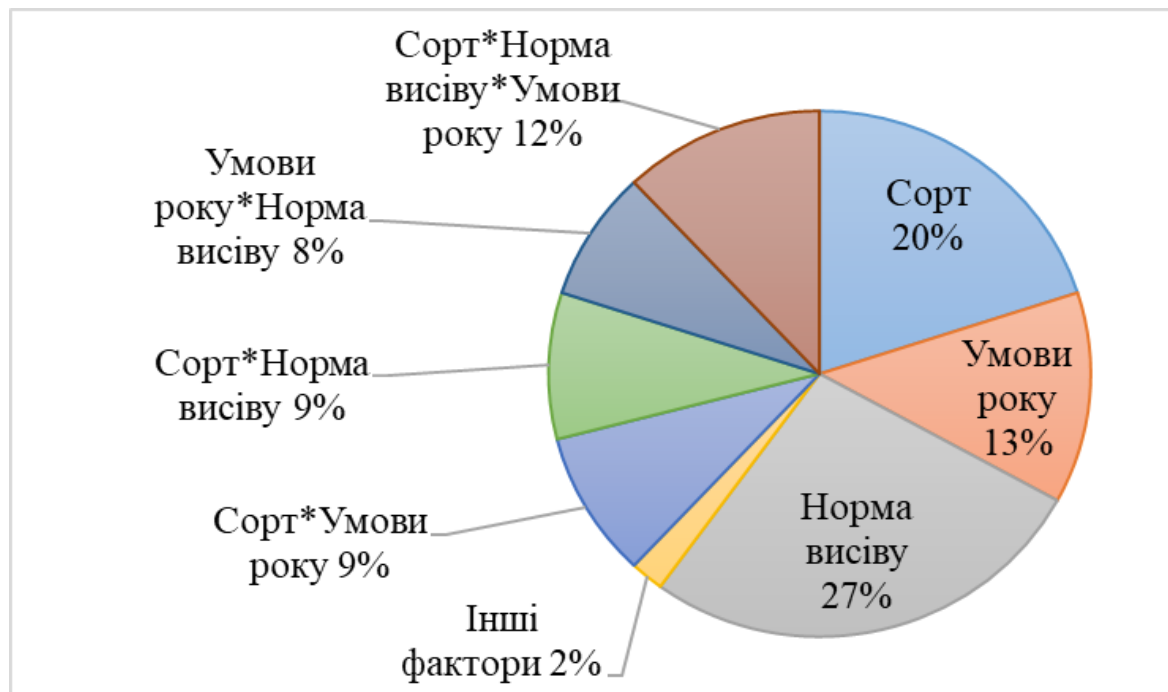


Рис. 5.6. Частка впливу факторів на урожайність сорго звичайного двокольорового, 2016–2020 рр., ІДСС

Результати досліджень, проведених на малопродуктивних землях у зоні нестійкого зволоження – Ялтушківська ДСС, свідчать, що висока урожайність зерна й біомаси отримана за сівби насіння з нормою висіву 200 тис. шт./га і становила 4,17 та 40,63 т/га у сорту Дніпровський 39 й 4,33 та 41,63 т/га у сорту Самаран 6. За зменшення до 150 тис. шт./га та збільшення до 250 тис. шт./га призводить до зменшення продуктивності сорго як для зерна, так і біомаси в обох сортів (табл. 5.19).

Проаналізуємо також частки впливу факторів на урожайність сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння (рис. 5.7). За нашими даними визначено, що в умовах ЯДСС на урожайність значний вплив мали норма висіву (35 %), умови року (11 %), а також сортові особливості (9 %)

і можна відмітити суттєві впливи взаємодії факторів особливо Сорт*Норма висіву*Умови року (15 %).

Таблиця 5.19

Урожайність зерна і біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від норми висіву насіння, т/га, 2016–2020 рр., ЯДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	150	<u>3,1</u> * 22,0**	<u>2,5</u> 21,0	<u>2,6</u> 23,5	<u>2,7</u> 22,0	<u>2,8</u> 23,4	<u>2,7</u> 22,2
	200	<u>4,8</u> 45,0	<u>3,8</u> 37,2	<u>3,4</u> 39,7	<u>4,1</u> 41,0	<u>4,2</u> 40,3	<u>4,2</u> 40,6
	250	<u>3,4</u> 32,0	<u>2,6</u> 30,4	<u>2,8</u> 32,9	<u>2,8</u> 32,0	<u>3,1</u> 31,6	<u>5,7</u> 31,8
Самаран 6	150	<u>3,1</u> 24,0	<u>2,7</u> 22,1	<u>2,9</u> 24,6	<u>2,7</u> 23,5	<u>3,1</u> 23,6	<u>2,9</u> 23,6
	200	<u>4,9</u> 46,0	<u>4,0</u> 38,2	<u>4,1</u> 40,7	<u>4,4</u> 41,6	<u>4,25</u> 41,7	<u>4,3</u> 41,6
	250	<u>3,6</u> 30,0	<u>3,0</u> 28,5	<u>3,1</u> 31,0	<u>3,3</u> 29,8	<u>3,2</u> 29,9	<u>3,3</u> 29,8
НІР _{0,05} – 0,72 (зерно); 1,09 (біомаса) – (середнє)							

*чисельник – урожайність зерна, **знаменник – урожайність біомаси

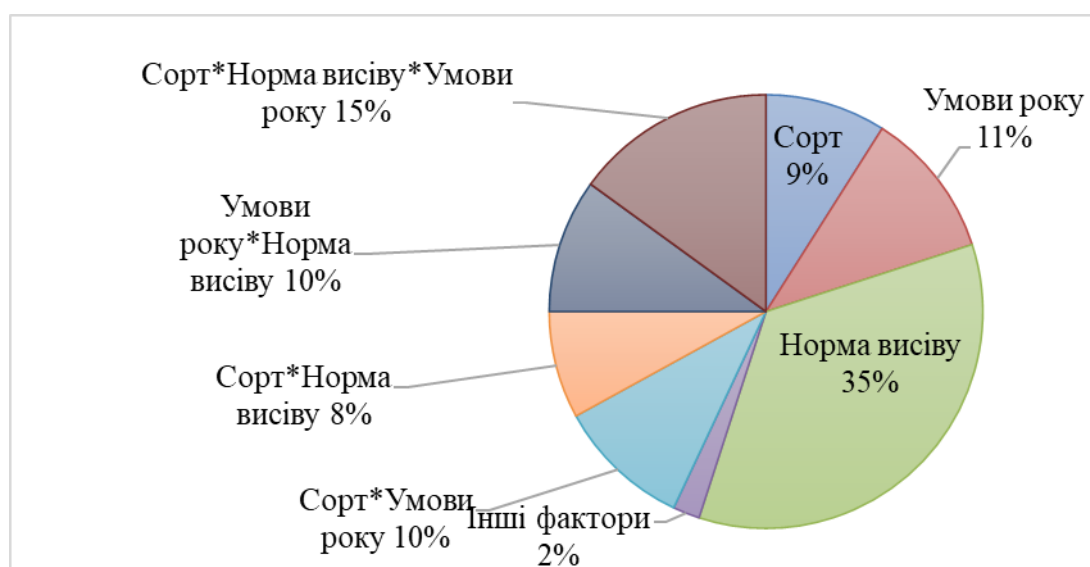


Рис. 5.7. Частка впливу факторів на урожайність сорго звичайного двокольорового, середнє за 2016–2020 рр., ЯДСС

Дослідження, проведені у зоні недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України – Веселоподільська ДСС, показують, що урожайність сорго залежно від норм висіву насіння становила у сорту Дніпровський 39 від 6,5 до 8,13 т/га зерна і у сорту Самаран 6 від 4,88 до 6,38 т/га. Урожайність збільшується відповідно із збільшенням норми висіву насіння від 150 до 250 тис. шт./га обох сортів (табл. 5.20).

Така ж тенденція спостерігається і з урожайністю надземної маси яка знаходилась в межах від 38,7 до 52,37 т/га у сорту Дніпровський 39 та від 31,50 до 42,4 т/га у сорту Самаран 6.

Таблиця 5.20

Урожайність зерна і біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від норми висіву насіння, т/га, 2016–2020 рр., ВПДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	150	$\frac{5,7^*}{36,1^{**}}$	$\frac{6,2}{40,0}$	$\frac{7,5}{39,9}$	$\frac{6,4}{39,0}$	$\frac{6,5}{38,0}$	$\frac{6,5}{38,6}$
	200	$\frac{6,0}{40,5}$	$\frac{7,1}{48,3}$	$\frac{8,8}{48,6}$	$\frac{8,0}{46,0}$	$\frac{7,0}{45,6}$	$\frac{7,5}{45,8}$
	250	$\frac{6,4}{42,6}$	$\frac{8,8}{59,4}$	$\frac{9,4}{55,1}$	$\frac{8,1}{53,1}$	$\frac{8,2}{51,8}$	$\frac{8,1}{52,4}$
Самаран 6	150	$\frac{4,3}{28,2}$	$\frac{5,1}{32,4}$	$\frac{5,2}{33,9}$	$\frac{4,8}{30,0}$	$\frac{5,0}{33,0}$	$\frac{4,9}{31,5}$
	200	$\frac{5,0}{30,6}$	$\frac{6,2}{38,3}$	$\frac{6,1}{44,2}$	$\frac{5,8}{38,0}$	$\frac{5,7}{37,7}$	$\frac{5,8}{37,7}$
	250	$\frac{5,1}{36,8}$	$\frac{7,1}{42,4}$	$\frac{7,0}{48,0}$	$\frac{6,5}{43,0}$	$\frac{6,3}{41,6}$	$\frac{6,4}{42,4}$
НІР _{0,05} – 0,80 (зерно); 1,23 (біомаса)– (середнє)							

*чисельник – урожайність зерна, **знаменник – урожайність біомаси

Також визначимо частки впливу факторів на урожайність сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння (рис. 5.8). За нашими даними визначено, що в умовах ВПДСС на урожайність значний вплив мали норма висіву (26 %), сортові особливості (24 %), а також умови року (19 %).

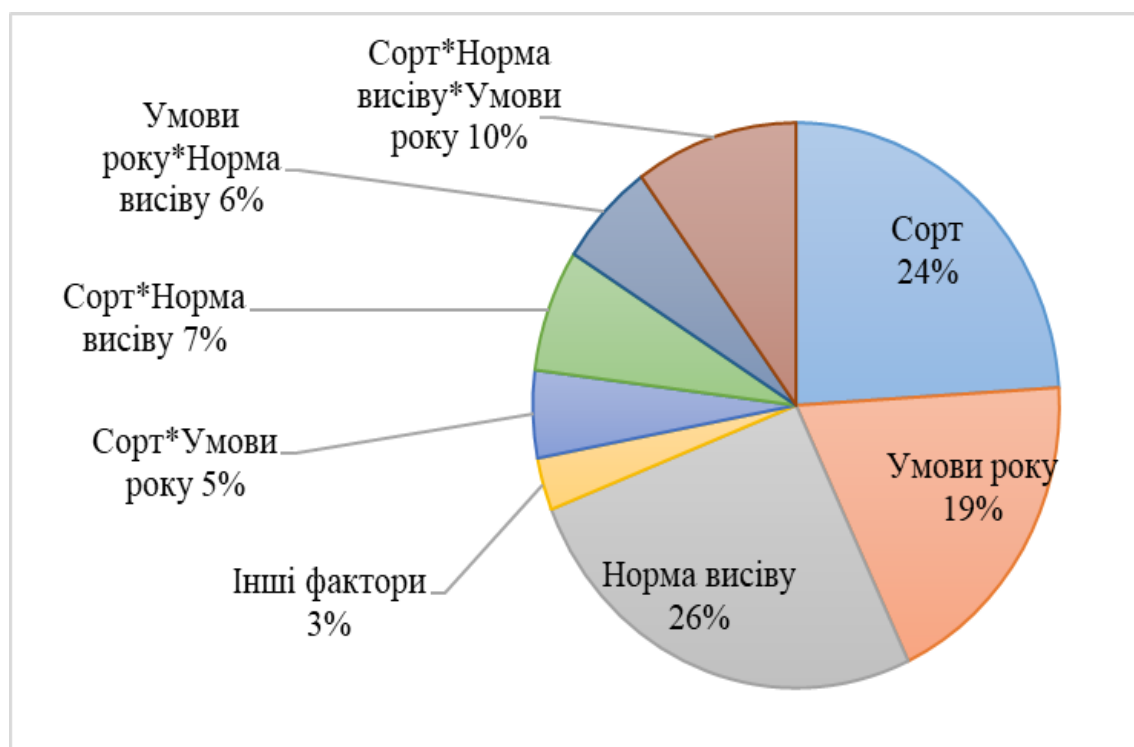


Рис. 5.8. Частка впливу факторів на урожайність сорго, 2016–2020 рр., ВПДСС

Вміст сухої речовини у зерні та листково–стебельній масі також змінювався залежно від норм висіву насіння сорго. Високі показники отримано за оптимальної норми висіву (додаток В.1–В.6).

Досліджуючи вплив ширини міжрядь та норми висіву насіння сорго на елементи структури урожайності, встановлено, що найвищі значення показників елементів структури врожайності сорго звичайного двокольорового спостерігаються за сівби насіння з шириною міжрядь 45 см і нормою висіву насіння 150–200 тис. шт./га. Довжина волоті при цьому становить у сорту Дніпровський 39 – 28,5–9,9 см та у сорту Вінець 28,3– 8,2 см, маса волоті у сорту Дніпровський 39 становила 51,5–55,1 г та у сорту Вінець 54,8–55,4 г (табл. 5.21).

Важливими показниками елементів структури врожаю є кількість і маса зерен з волоті, яка залежала від ширини міжрядь та норм висіву насіння. За оптимального способу сівби – ширини міжряддя 45 см та норми висіву насіння 150–200 тис. шт./га ці показники були максимальними, значно були більшими, ніж за

міжряддя 15 і 70 см і більшій нормі висіву і становили 1619–1623 шт./волоті та 46,3–47,1 г сорту Дніпровський 39.

Таблиця 5.21

Елементи структури врожаю сорго звичайного двокольорового залежно від способу сівби насіння та норми висіву насіння, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Ширина міжрядь, см	Норма висіву, тис. шт./га	Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Дніпровський 39	15	150	25,6	49,8	1548	44,3	27,1
		200	25,5	49,7	1539	44,3	26,8
		250	24,1	46,8	1521	41,3	25,7
	45	150	28,5	51,5	1623	46,3	30,3
		200	29,9	55,1	1619	47,1	31,2
		250	27,3	49,8	1592	44,3	28,4
	70	150	24,7	48,7	1487	43,2	25,1
		200	24,1	45,7	1481	40,2	24,8
		250	23,4	42,1	1470	36,6	23,2
Вінець	15	150	25,2	48,5	1498	43,0	25,3
		200	25,3	48,1	1486	42,6	24,8
		250	24,1	47,3	1453	41,8	23,7
	45	150	28,3	54,8	1536	49,3	27,3
		200	28,2	55,4	1530	49,1	27,8
		250	26,6	53,2	1512	47,7	26,1
	70	150	23,6	46,2	1453	40,7	23,2
		200	22,9	44,3	1449	38,8	22,8
		250	21,2	40,5	1398	35,0	22,1
НІР ₀₅			0,82	0,71	1,11	0,60	0,36

У сорго сорту Вінець 1530–1536 шт./волоті та 49,1–49,3 г, відповідно. Аналогічні результати отримано з маси 1000 насінин сорго звичайного двокольорового, яка найвищою була за також способу сівби і сорту Дніпровський 39 становила 31,2 г та сорту Вінець 27,8 г.

Аналізуючи елементи структури урожайності сорго звичайного двокольорового, а саме середні значення, варто відмітити, що у сорту Дніпровський 39 ці показники дещо вищі, ніж у сорту Вінець, що пояснюється біологічними особливостями сорту (табл. 5.22).

Таблиця 5.22

**Середні значення показників елементів структури врожаю сорго
звичайного двокольорового залежно від способу сівби насіння та норми
висіву насіння, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС**

Показники		Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Середнє за фактором А	Дніпровський 39	25,9	48,8	1542	43,1	27,0
	Вінець	25,0	48,7	1479	43,2	24,8
Середнє за фактором В	15	25,0	48,4	1507	42,9	25,6
	45	28,1	53,3	1568	47,2	28,5
	70	23,3	44,6	1456	39,1	23,5
Середнє за фактором С	150	26,0	49,9	1524	44,5	26,4
	200	26,0	49,7	1517	43,7	26,3
	250	24,5	46,6	1491	41,1	24,9
НІР _{0,05}		0,82	0,71	1,11	0,60	0,36

За інших способів сівби насіння показники елементів структури врожайності були дещо менші, що пояснюється деформацією площі живлення рослин. Як зазначалося раніше, за оптимального способу сівби насіння та норми висіву відбувається краще поглинання рослинами поживних речовин, краще

використовується світло, волога, покращується протікання інтенсивності асиміляційного процесу і як наслідок, відбувається формування високої урожайності зерна.

Аналогічна залежність елементів структури врожаю від норм висіву насіння спостерігається і за проведення дослідів в інших ґрунтово-кліматичних умовах вирощування Ялтушківській, Іванівській та Веселоподільській дослідно селекційних станціях (додаток В.7–В.21).

Отже, оптимальною є ширина міжрядь 45 см, так як при цьому показники елементів структури врожаю в обох досліджуваних сортів найвищі. Різна норма висіву призводила до створення в посівах сорго неоднакових умов живлення та освітлення, що впливало на ріст і розвиток, фотосинтетичну продуктивність та відповідно на продуктивність культури.

5.3. Вплив доз мінеральних добрив та способів контролювання чисельності бур'янів на формування врожаю сорго звичайного двокольорового

Сорго звичайне двокольорове своєю кореневою системою активно засвоює елементи живлення і вологу із ґрунту, позитивно реагує на внесення мінеральних добрив та здатне формувати високу біологічну врожайність. Мінеральні добрива впливають як на підвищення продуктивності культури, так і на основні параметри родючості ґрунту [9].

Визначення оптимальних доз мінеральних добрив залежить від біологічних особливостей сортів, рівня родючості ґрунту та вологозабезпечення посівів.

У зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України, встановлено, що внесення добрив збільшило урожайності зерна і надземної маси сорго звичайного двокольорового порівняно з контролем – без добрив, при цьому інтенсивність впливу добрив на врожай залежала від дози їх внесення та особливостей сорту (табл. 5.23).

Таблиця 5.23.

**Урожайність зерна сорго звичайного двокольорового за різних доз
добрив, т/га, 2016–2020 рр., БЦДСС**

Сорт	Варіант	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	4,9	5,2	5,2	5,4	5,3	5,2
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,8	5,6	5,7	5,5	5,4	5,6
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,5	6,4	6,3	6,2	6,6	6,4
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,9	7,1	7,3	7,2	7,0	7,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	8,1	7,9	7,8	7,9	7,8	7,9
	Розрахункова доза	7,2	7,3	7,5	7,2	7,3	7,3
Вінець	Без добрив – контроль	4,1	4,3	4,4	4,2	4,5	4,3
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,3	5,2	5,5	5,0	5,0	5,2
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,2	6,5	6,6	6,8	6,4	6,5
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	7,1	7,2	7,3	7,4	7,0	7,2
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	8,0	7,8	7,6	7,7	7,9	7,8
	Розрахункова доза	6,0	7,0	8,0	6,0	8,0	7,0
НР _{0,05} – А – 0,71, В – 0,73, АВ – 1,40 (середнє)							

У сорту Дніпровський 39 за доз добрив N₉₀P₉₀K₉₀, N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ та розрахункової дози (N₅₀P₄₀K₇₀) урожайність зерна достовірно збільшилася порівняно з контролем і становила, відповідно – 7,1, 7,9 т/га та 7,3 т/га. У сорту Вінець отримано аналогічну залежність збільшення урожайності зерна, яка становила, відповідно 7,2, 7,8 та 7,0 т/га. Врожайність біомаси сортів Дніпровський 39 – 36,7 та 36,1 т/га та Вінець – 33,9 та 34,9 т/га достовірно підвищувалася лише за найвищої та розрахункової доз добрив (табл. 5.24).

Таблиця 5.24

**Урожайність біомаси сорго звичайного двокольорового за різних доз
добрив, т/га, 2016–2020 рр., БЦДСС**

Сорт	Варіант	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	32,4	31,2	30,0	31,9	30,5	31,2
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	34,0	33,8	32,1	35,6	33,5	33,8
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	32,4	34,5	35,0	36,6	34,0	34,5
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	35,8	36,1	37,0	35,2	36,4	36,0
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	38,0	36,7	37,0	35,8	36,0	36,7
	Розрахункова доза	34,0	36,0	38,0	35,0	37,0	36,1
Вінець	Без добрив – контроль	29,4	29,4	28,4	29,8	30,0	29,4
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	31,5	31,5	30,4	32,1	32,0	31,5
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	34,0	32,9	31,9	33,1	32,6	32,9
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	32,7	33,7	34,4	34,0	33,7	33,7
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	35,0	34,9	36,0	34,8	33,8	34,9
	Розрахункова доза	35,0	33,8	33,0	35,2	32,0	33,9
NIP _{0,05} – А – 1,22, В – 1,24, АВ – 3,51 (середнє)							

Істотне збільшення урожайності, як зерна, так і біомаси, відмічено за внесення різних доз добрив у зоні нестійкого зволоження Західного Лісостепу України, у зоні нестійкого зволоження та недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України. Так, на контролі без добрив урожайність зерна у сорту Дніпровський 39 становила 2,58; 4,80 та 5,42 т/га, у сорту Самаран 6 – 2,51; 4,32 та 4,10 т/га (табл. 5.25).

Застосування доз мінеральних добрив від $N_{60}P_{60}K_{60}$ до $N_{120}P_{120}K_{120}$ забезпечило збільшення урожайності зерна у сорту Дніпровський 39 від 2,85 т/га до 3,45 т/га (ЯДСС), від 5,40 до 6,11 т/га (ІДСС) та від 6,10 до 6,5 т/га (ВПДСС). У сорту Самаран 6, відповідно, від 2,74 т/га до 3,30 т/га (ЯДСС), від 4,86 до 5,94 т/га (ІДСС) та від 4,50 до 5,42 т/га (ВПДСС).

Таблиця 5.25

**Урожайність сорго за різних доз добрив, т/га, середнє за 2018–2020 рр.,
ЯДСС, ВПДСС; середнє за 2019–2022 рр., ІДСС**

Сорт	Варіант	ЯДСС		ІДСС		ВПДСС	
		зерна	біомаси	зерна	біомаси	зерна	біомаси
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	2,58	30,4	4,80	26,0	5,42	20,20
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,20	40,8	5,90	31,5	6,40	21,10
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	3,45	45,6	6,11	34,5	6,50	23,50
Самаран 6	Без добрив – контроль	2,51	28,4	4,23	24,5	4,10	19,80
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,99	38,9	5,64	26,4	4,90	22,90
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	3,30	44,6	5,94	29,9	5,40	24,74
$HP_{0,05}$		0,48	2,7	0,69	3,5	1,00	2,9

Внесення різних доз мінеральних добрив впливало також і на урожайність надземної маси, а дані частки впливу факторів відображені на рисунку 5.9.

Отже, серед вагомості впливу факторів зона проведення досліджень визначала 29 % урожайності культур, з огляду на контрастність умов для росту і розвитку сорго. З інших факторів досліду можна відзначити вплив мінерального удобрення (21 %) а також сортових взаємодій (18 %). При цьому погодні умови визначали до 16 % урожайності, а також спостерігались вагомі хоча й незначні за впливом взаємодії факторів досліду.

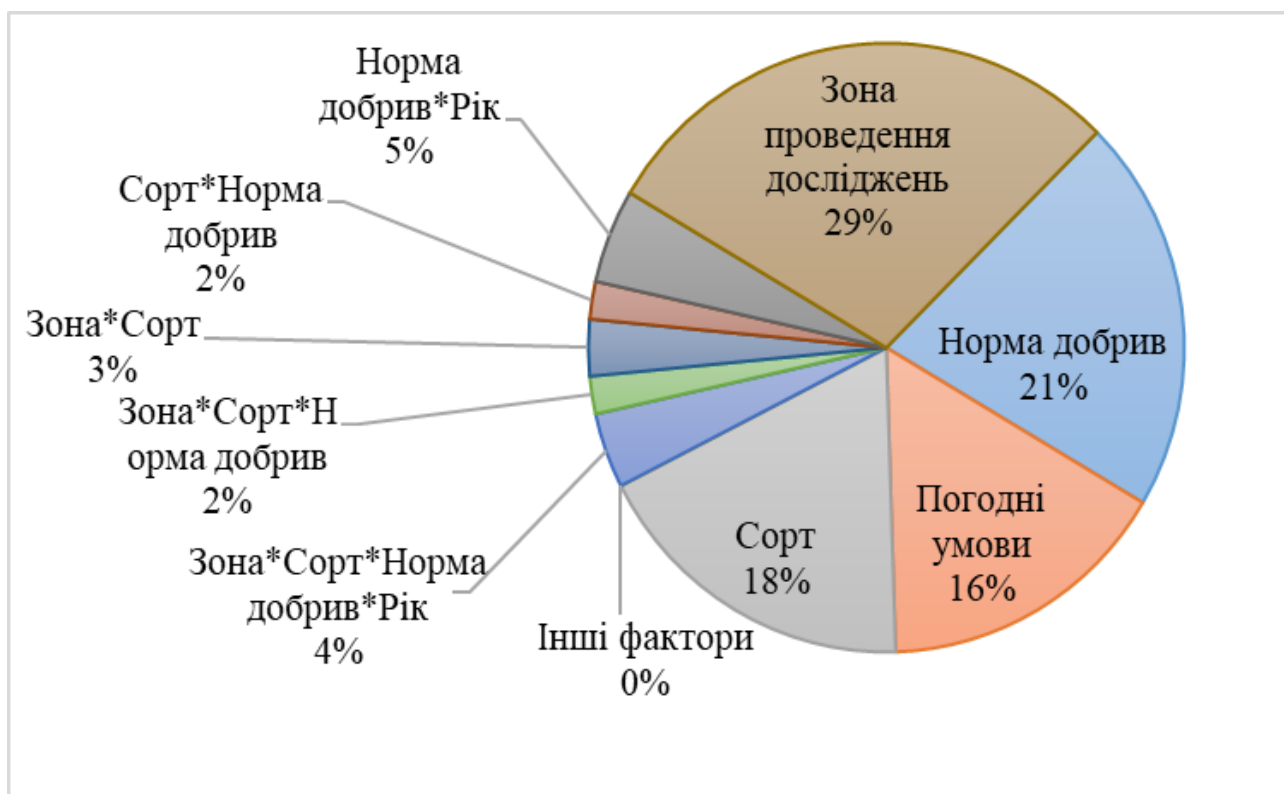


Рис. 5.9. Частка впливу факторів на урожайність сорго, 2016–2020 рр.

Вмісту сухої речовини в зерні та біомасі істотного підвищення не мав (табл. 5.26). При застосуванні мінеральних добрив у дозі від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{120}P_{120}K_{120}$ вміст сухої речовини у зерні в середньому зростав на 0,8 %, 0,6 та 1,1 % залежно від ґрунтово–кліматичних умов (Дніпровський 39); та на 1,0; 0,9 та 0,6 % (Самаран 6).

Показники вмісту сухої речовини в біомасі також мали неістотні підвищення за збільшення доз внесення мінеральних добрив.

Сорго звичайне двокольорове позитивно реагує на внесення мінеральних добрив завдяки своїм біологічним особливостям. За достатнього забезпечення рослин поживними речовинами впродовж вегетації сорго здатне формувати високу урожайність зерна.

Таблиця 5.26

Вміст сухої речовини в зерні і біомасі сорго за різних доз добрив, %, середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС, ВПДСС; середнє за 2019–2022 рр., ІДСС

Сорт	Варіант	ЯДСС		ІДСС		ВПДСС	
		зерна	біомаси	зерна	біомаси	зерна	біомаси
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	84,2	22,8	86,1	24,4	84,3	26,0
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	85,0	24,4	87,2	25,3	86,2	27,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	85,4	25,1	87,5	26,2	85,6	26,0
Самаран 6	Без добрив – контроль	84,3	21,3	85,6	23,5	84,0	25,0
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	85,6	24,6	86,4	24,8	84,6	26,2
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	85,0	24,9	86,9	25,0	84,1	25,1
НІР _{0,05}		0,6	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5

За результатами досліджень проведених в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України (БЦДСС), спостерігаємо значний вплив мінеральних добрив на формування елементів структури врожаю сорго (табл. 5.27). Так, у контролі без внесення добрив показники елементів структури врожайності мали найнижчі показники, зокрема довжина і маса волоті становила 26,9 см та 48,2 г у сорту Дніпровський 39 і 26,1 см та 47,5 г у сорту Вінець, кількість зерен у волоті і їх маса становили відповідно – 1482 шт. та 39,7 г і 1451 шт. та 41,4 г, а також змінювалась маса 1000 насінин і становила у сорту Дніпровський 39 – 23,1 г і у сорту Вінець 23,9 г.

Таблиця 5.27

Елементи структури врожаю сорго звичайного двокольорового залежно від доз мінеральних добрив, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Доза добрив	Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	26,9	48,2	1482	39,7	23,1
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	27,4	49,9	1590	43,2	25,2
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	28,2	51,9	1618	46,4	26,9
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	28,6	52,6	1629	47,3	27,5
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	29,1	53,8	1634	48,1	27,9
	Розрахункова доза	28,9	52,7	1627	47,8	27,8
Вінець	Без добрив (контроль)	26,1	47,5	1451	41,4	23,9
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	26,7	48,1	1468	42,9	24,7
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	27,8	49,2	1524	44,3	25,6
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	28,3	50,3	1567	45,7	26,3
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	28,6	51,6	1604	45,9	26,5
	Розрахункова доза	28,1	51,2	1596	45,8	26,4
НІР _{0,05}		0,63	0,91	8,12	0,87	1,02

Довжина та маса волоті у сорту сорго звичайного двокольорового Дніпровський 39 з найменшою дозою добрив N₃₀P₃₀K₃₀ збільшувалась на 0,5 см та на 1,7 г, а за найбільшої дози N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ – на 2,2 см та на 5,6 г, або на 8,2 та

3,5 %. Розрахункова доза добрив забезпечила збільшення довжини та маси волоті на 7,4 та 9,3 %.

Одними з важливих показників елементів структури врожаю є кількість та маса зерен у волоті, яка залежала від рівня удобрення. Кількість зерен у волоті та їх маса за найменшої дози добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$, в порівнянні з контролем – без добрив, були вищими на 7,3 % та 8,8 % у сорту Дніпровський 39 або на 108 шт. та на 3,5 г.

У сорту Вінець, відповідно, на 1,2 та 3,6 % або на 17 шт. та 1,5 г. За максимальної дози добрив кількість зерен у волоті підвищилась до 1634 шт. у сорту Дніпровський 39 та до 1604 шт. у сорту Вінець; маса зерна з волоті при цьому становила 48,1 та 45,9 г.

За розрахункової дози добрив досліджено збільшення кількості зерен у волоті та маса зерна з волоті у сорту Дніпровський 39 на 9,8 та 20,4 %, у сорту Вінець на 9,9 та 10,6 %.

Маса 1000 насінин залежно від внесення різних доз добрив збільшувалась від 23,1 до 27,9 г у сорту Дніпровський 39 та від 23,9 до 26,5 г у сорту Вінець.

Аналіз середніх значень показників елементів структури врожаю сорго звичайного двокольорового свідчить про те, що у сорту Дніпровський 39 ці показники вищі ніж у сорту Вінець, що обумовлено біологічними особливостями сортів (табл. 5.28).

Щодо удобрення, то із збільшенням рівня доз добрив показники елементів структури урожайності збільшуються, але найбільш оптимальною є розрахункова доза під заплановану врожайність, яка знизить собівартість продукції.

Кореляційно-регресійний аналіз показав сильну поліноміальну кореляцію між урожайністю зерна і кількістю зерен у волоті з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,9553$ у сорту Дніпровський 39 та $R^2=0,9604$ у сорту Вінець. Коефіцієнт кореляції при цьому відповідно становив $R=0,8190$ та $R=0,9606$ (рис. 5.10).

Таблиця 5.28

**Середні значення показників елементів структури врожаю сорго
звичайного двокольорового залежно від досліджуваних факторів, середнє
за 2016–2020 рр., БЦДСС**

Показник		Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Середнє за фактором А	Дніпровський 39	28,2	51,5	1596,7	45,4	26,4
	Вінець	27,6	49,7	1535,0	44,3	25,6
Середнє за фактором В	Без добрив (контроль)	26,5	47,9	1466,5	40,6	23,5
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	27,1	49,0	1529,0	43,1	24,9
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	28,0	50,6	1571,0	45,4	26,3
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	28,4	51,5	1598,0	46,5	26,9
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	28,8	52,7	1619,0	47,0	27,2
	Розрахункова доза	28,5	51,9	1611,5	46,8	27,1
NIP _{0,05}		0,63	0,91	8,12	0,87	1,02

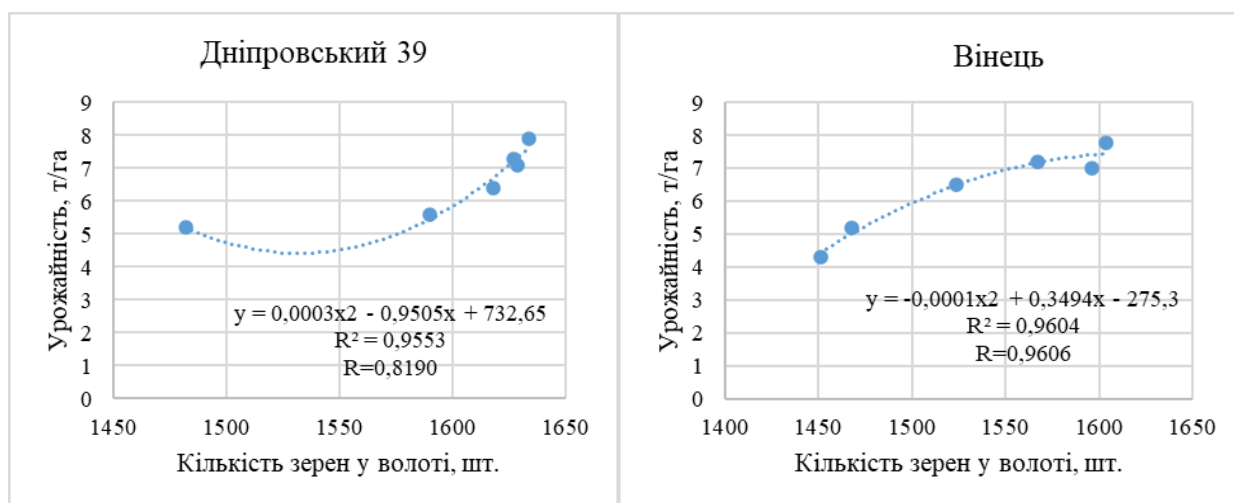


Рис. 5.10. Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю та кількістю зерен у волоті, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Результати наших досліджень показали значне збільшення урожайності зерна залежно від збільшення маси зерна з волоті. Ці дані підтверджені кореляційно-регресійним аналізом, який показав достовірну залежність між урожайністю зерна і масою зерна з волоті, коефіцієнт детермінації та кореляції становив $R^2=0,9696$ та $R=0,999$ у сорту Дніпровський 39, і $R^2=0,9627$ та $R=0,9811$ у сорту Вінець (рис. 5.11).

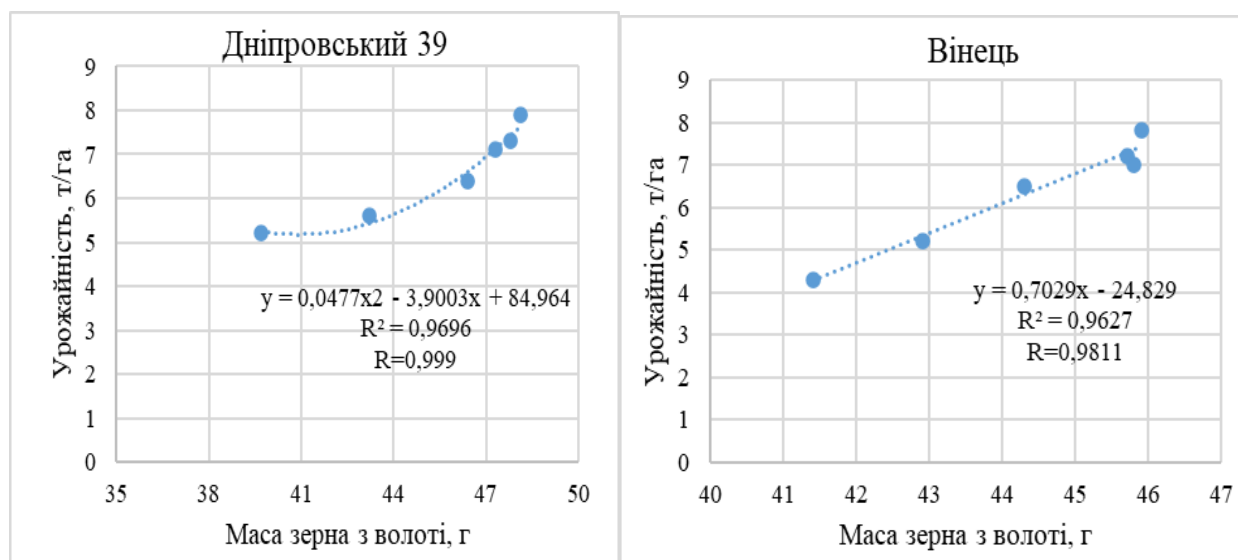


Рис. 5.11. Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю та масою зерна з волоті, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Досліджуючи елементи структури врожаю сорго у різних ґрунтово-кліматичних умовах встановлено, що параметри урожайності із збільшенням доз добрив підвищувалися, у контролі ці показники були найменшими (табл. 5.29). Так, в умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України на сірих опідзолених слабо-змитих, грубопилувато середньо-суглинкових ґрунтах (ЯДСС) у контролі без внесення добрив довжина та маса волоті у Сорту Дніпровський та Самаран 6 становила 21,8 см та 44,2 г і 22,1 см та 42,4 г, кількість зерен у волоті, відповідно, 1209 і 1159 штук, маса зерна з волоті та маса 1000 насінин дорівнювала 33,7 та 22,1 г і 34,3 та 21,9 г. З внесенням дози добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ показники елементів структури врожаю в середньому підвищувалися на 1,83–13,9 %, а з внесенням $N_{120}P_{120}K_{120}$ на 2,3–24,5 %.

Таблиця 5.29

Елементи структури врожаю сорго звичайного двокольорового залежно від доз добрив, середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС

Сорт	Доза добрив	Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	21,8	44,2	1209	33,7	22,1
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	22,2	47,6	1316	38,4	24,9
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	22,3	49,5	1410	42,1	25,8
Самаран 6	Без добрив (контроль)	22,1	42,4	1159	34,3	21,9
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	23,8	44,1	1218	35,3	23,5
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	24,6	47,3	1304	37,9	24,6
НІР _{0,05}		1,3	2,0	11	0,9	0,7

Аналогічна тенденція спостерігається і за вирощування сорго в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України на чорноземі типовому слабкосолюнцюватому важкосуглинковому – ІДСС та недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України на чорноземах типових слабкосолюнцюватих малогумусних середньосуглинкових – ВПДСС (додаток В.22, В.23).

Значним обмежувальним фактором в технології вирощування сільськогосподарських культур є забур'яненість посівів, відповідно, ефективність заходів, що спрямовані на підвищення урожайності культури, значно знижується. Бур'яни, незважаючи на впровадження високоефективних систем захисту, залишаються шкідливими об'єктами і можуть знижувати продуктивність культури на третину і більше [10, 11].

Взаємозв'язки культурної і сегетальної рослинності дуже тісні, що пояснюється умовами та особливостями їх розвитку. Вони є рівнозначними компонентами посівів і їх чисельність та склад зумовлюється змінами екології, технологією вирощування, а саме доглядом за посівами [12–14].

Тому розробка та удосконалення елементів технології вирощування є одним з головних чинників збільшення урожайності сорго звичайного двокольорового.

Контролювання чисельності небажаної рослинності має значну роль в системі землеробства і впливає на урожайність сільськогосподарських культур. Результативне контролювання кількості бур'янів дає можливість по господарськи використовувати запаси родючості ґрунту, вологи, підвищувати ефективність мінерального живлення у формуванні продуктивності сільськогосподарських культур та сприяє досягненню значного біокліматичного потенціалу цих культур [19].

Продуктивність сорго звичайного двокольорового – це головний фактор, який визначає доцільність і ефективність застосування агрозаходів. Найвища урожайність зерна та біомаси сорго отримана на ділянках де проводили ручне прополювання, яка в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України становила 6,40 та 29,7 т/га у сорту Дніпровський 39 і 6,20 та 29,3 т/га у сорту Вінець, що перевищувало показник контролю 1 на 3,6 та 6,7 у першому випадку та 3,8 та 6,5 т/га у другому випадку (табл. 5.30).

Таблиця 5.30

Урожайність сорго звичайного двокольорового залежно від способів контролювання чисельності бур'янів, т/га, середнє за 2016–2019 рр., БЦДСС, 2018–2020 ЯДСС, ВПДСС

Сорт	Способи контролювання чисельності бур'янів	БЦДСС	ЯДСС	ВПДСС
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	<u>2,80*</u> 22,30	<u>2,35</u> 22,23	<u>2,90</u> 24,80
	Механічний спосіб	<u>4,40</u> 25,10	<u>2,90</u> 27,60	<u>3,40</u> 26,33
	Хімічний спосіб	<u>5,30</u> 26,50	<u>3,40</u> 29,07	<u>4,60</u> 28,00
	Ручне прополювання (контроль 2)	<u>6,40</u> 29,0	<u>3,90</u> 31,23	<u>5,70</u> 32,13
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	<u>2,40</u> 22,50	<u>2,50**</u> 22,70	<u>2,10**</u> 23,07
	Механічний спосіб	<u>3,70</u> 24,75	<u>2,80**</u> 25,70	<u>3,10**</u> 26,47
	Хімічний спосіб	<u>4,60</u> 25,53	<u>2,80**</u> 27,7	<u>4,90**</u> 27,73
	Ручне прополювання (контроль 2)	<u>6,20</u> 29,10	<u>3,50**</u> 30,63	<u>5,30**</u> 30,93
НІР _{0,05}		<u>0,40</u> 1,21	<u>0,38</u> 1,23	<u>0,37</u> 1,11

*у чисельнику – урожайність зерна, у знаменнику – урожайність біомаси

** – дані для сорту Самаран 6

За механічного та хімічного способів контролювання чисельності бур'янів урожайність була достовірно нижчою порівняно з ручним прополюванням та значно вищою за варіант контроль 2 без прополювання.

У дослідженнях, проведених у зоні нестійкого зволоження Західного Лісостепу України спостерігається аналогічна послідовність щодо урожайності сорго залежно від забур'яненості посіву та способів контролювання чисельності бур'янів.

Так, у сорту Дніпровський 39 отримали найнижчу урожайність зерна та біомаси – 2,35 та 22,23 т/га на варіанті без прополювання – контроль 1. За механічного способу контролювання бур'янів урожайність була значно вищою на 0,55 т/га зерна та на 5,4 т/га біомаси. За хімічного способу та ручного прополювання урожайність значно вища і становила 3,40 та 3,90 т/га зерна і 29,07 та 31,23 т/га біомаси.

Аналогічні результати отримані і по сорту Самаран 6, урожайність зерна та біомаси була найнижчою за біологічної забур'яненості і становила 2,50 та 22,70 т/га, за механічного, відповідно, 2,80 та 25,70 т/га, та хімічного способу – 2,80 та 27,70 т/га. За ручного прополювання показники урожайності були найвищі, це пояснюється тим, що рослини сорго мали більший доступ до поживних елементів з ґрунту та вологи.

У дослідженнях, проведених у зоні недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України, спостерігається така ж послідовність щодо продуктивності сортів сорго залежно від забур'яненості посіву та способів контролювання бур'янів. Так, у контролі 1 – без прополювання сорту Дніпровський 39 отримали найнижчу урожайність зерна та біомаси – 2,90 та 24,80 т/га. За механічного способу контролювання бур'янів урожайність зерна та біомаси становила 3,40 та 26,33. За хімічного способу та ручного прополювання урожайність значно вища і становила 4,60 та 5,70 т/га зерна і 28,0 та 32,13 т/га біомаси.

Аналогічна залежність з урожайності культури та способів контролювання чисельності бур'янів спостерігалася і по сорту Самаран 6 урожайність зерна та біомаси була найнижчою на варіанті без прополювання і становила 2,10 та 23,07 т/га, за механічного, відповідно, 3,10 та 26,5 т/га, та хімічного способу – 4,90 та 27,73 т/га.

Проаналізуємо також частки впливу факторів на урожайність зерна та біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від способів контролювання чисельності бур'янів (рис. 5.12).

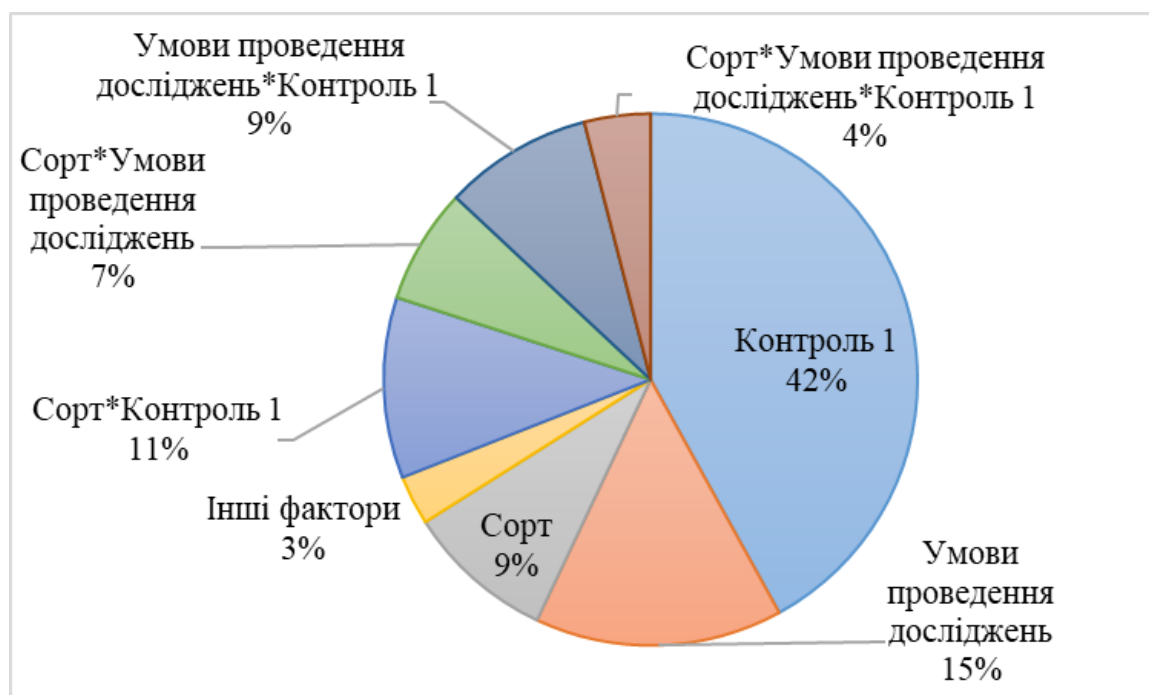


Рис. 5.12. Частка впливу факторів на урожайність зерна та біомаси сорго звичайного двокольорового залежно від способів захисту посівів

Згідно отриманих даних найбільш вагомий вплив має система контролювання забур'яненості посівів сорго (42 %), решта ж факторів дослідження суттєво відрізнялись в меншу сторону і лише на частку впливу умов проведення досліджень припадало 15 %, а на сортові особливості лише 9 %, тобто на рівні взаємодій комплексних впливів факторів дослідження.

Залежно від контролювання чисельності бур'янів змінювалася не лише урожайність зерна та біомаси, а й вміст сухої речовини в зерні та в біомасі (листя, стебла) (табл. 5.31).

В середньому по дослідженню в контролі 1 – без прополювання, вміст сухої речовини у зерні залежно від досліджуваних сортів та умов вирощування коливався у межах від 83,8 до 84,5 %. За механічного способу контролювання чисельності бур'янів – від 84,5 до 85,9 %, за хімічного способу – від 85,0 до 86,0 %, а за ручного прополювання вміст сухої речовини був у межах від 85,9 до 86,1 %.

Таблиця 5.31

Вміст сухої речовини у зерні сорго звичайного двокольорового залежно від способів контролювання чисельності бур'янів, %, середнє за 2016–2019 рр., БЦДСС; середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС, ВПДСС

Сорт	Способи контролювання чисельності бур'янів	БЦДСС	ЯДСС	ВПДСС
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	84,4	84,3	83,8
	Механічний спосіб	85,2	85,4	85,0
	Хімічний спосіб	86,0	85,9	85,9
	Ручне прополювання (контроль 2)	86,1	86,3	85,9
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	84,0	84,0*	84,2*
	Механічний спосіб	84,5	85,9*	85,5*
	Хімічний спосіб	85,0	86,0*	85,9*
	Ручне прополювання (контроль 2)	86,0	86,1*	86,1*
НІР _{0,05}		0,18	0,11	0,15

* – дані для сорту Самаран 6

Вміст сухої речовини у біомасі – листях та стеблах також різнився від способів контролювання чисельності бур'янів (табл. 5.32).

У контролі 1 без прополювання у сорту Дніпровський 39 вміст сухої речовини був в межах від 22,9 до 23,0 %, за механічного та хімічного способів – від 24,1 до 24,4 % та від 24,9 до 25,9 %, за ручного прополювання (контроль 2) від 26,7 до 27,3 %. У сорту Вінець вміст сухої речовини в середньому по досліді становив 21,5 % у контролі 1, 24,8 % за механічного обробітку ґрунту, 25,5 % за

застосування на посівах гербіциду та 26,5 % за ручного прополювання – контроль 2.

Таблиця 5.32

Вміст сухої речовини у біомасі сорго звичайного двокольорового залежно від способів контролювання чисельності бур'янів, середнє за 2016–2019 рр., БЦДСС; середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС, ВПДСС

Сорт	Способи контролювання бур'янів	БЦДСС	ЯДСС	ВПДСС
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	22,99	23,8	23,0
	Механічний спосіб	24,1	24,4	24,0
	Хімічний спосіб	25,4	25,9	24,9
	Ручне прополювання (контроль 2)	26,7	26,7	27,3
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	21,5	23,9*	24,4*
	Механічний спосіб	24,8	25,7*	24,9*
	Хімічний спосіб	25,5	25,8*	26,1*
	Ручне прополювання (контроль 2)	26,5	27,0*	27,1*
НІР _{0,05}		0,12	0,09	0,10

* – дані для сорту Самаран 6

Аналогічні результати отримані по сорту Самаран 6, в контролі 1 вміст сухої речовини був в межах від 23,9 до 24,4 %, за механічного та хімічного способу – від 24,9 до 25,7 % та від 25,8 до 26,1 %, за ручного прополювання від 26,9 до 27,1 %.

Аналізуючи отримані результати досліджень, варто зазначити, що кількість небажаної вегетуючої рослинності у посівах сорго, що виявляли за перших підрахунків, у проходженні поступових етапів органогенезу сорго

знижувалася – це досягалося шляхом проведення агротехнічних заходів та природнього відмирання. Однак певна кількість бур'янів продовжувала вегетацію і накопичувала сиру масу аж до моменту збирання сорго звичайного двокольорового.

Не дивлячись на те, що через місяць після сівби сорго рослини практично контролювали потік світла і мали б пригнічувати появу нових сходів та вже існуючих бур'янів. Проте, спостерігалось, що за проведення механічних та хімічних обробок посівів, частина бур'янів зберігала свою життєдіяльність. І вже у період виходу в трубку рослин сорго почала з'являтися друга хвиля забур'яненості сорго.

Встановлено, що найменшу сиру масу бур'яни нагромаджували за ручного прополювання – 186 г/м² в умовах недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України, 217 г/м² в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України та 234 г/м² в умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України (табл. 5.33).

Дещо вища вегетативна маса бур'янів спостерігається у варіанті з хімічним обприскуванням посівів і становить, відповідно, 565, 636 та 674 г/м² і за механічного способу контролювання.

Розрізняючи різновидності бур'янів варто зазначити, що кількість однорічних злакових переважала дводольні малорічні та коренепаросткові у всіх умовах проведення досліджень.

Визначаючи елементи структури урожайності можна більш повно виявити особливості впливу способів контролювання чисельності небажаної рослинності на зернову продуктивність сорго.

Так, ці показники найвищі результати мали у варіанті де проводилося ручне прополювання і становили у сорту Дніпровський 39: довжина та маса волоті – 22,8 см та 36,9 г, кількість зерен у волоті та маса зерна з волоті при цьому становила 1236 штук та 27,1 г. Маса 1000 насінин 21,7 г (табл. 5.34).

Таблиця 5.33

**Сира маса бур'янів у посівах сорго звичайного двокольорового, г/м²,
середнє за 2016–2019 рр., БЦДСС; середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС, ВПДСС**

Місце проведення досліджень	Способи контролювання чисельності бур'янів	Злакових однорічних	Дводольних малорічних	Коренепа-росткових	Всіх
БЦДСС	Без прополювання (контроль 1)	1215	1021	31	2267
	Механічний спосіб	498	431	27	956
	Хімічний спосіб	412	208	16	636
	Ручне прополювання (контроль 2)	121	96	–	217
ЯДСС	Без прополювання (контроль 1)	1183	892	57	2132
	Механічний спосіб	520	380	36	936
	Хімічний спосіб	420	237	17	674
	Ручне прополювання (контроль 2)	125	97	12	234
ВПДСС	Без прополювання (контроль 1)	1336	824	23	2183
	Механічний спосіб	475	357	43	875
	Хімічний спосіб	314	231	20	565
	Ручне прополювання (контроль 2)	103	76	7	186
НІР _{0,05}		23	14	2	46

Таблиця 5.34

**Елементи структури врожаю сорго звичайного двокольорового залежно від
забур'яненості посівів та способів контролювання чисельності бур'янів
середнє за 2016–2019 рр., БЦДСС**

Сорт	Способи контролювання бур'янів	Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	22,8	39,6	1236	27,1	21,7
	Механічний спосіб	23,6	42,5	1345	34,7	25,7
	Хімічний спосіб	24,0	43,4	1369	35,3	25,8
	Ручне прополювання (контроль 2)	24,9	53,1	1483	40,6	27,4
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	21,3	36,1	1206	26,6	22,1
	Механічний спосіб	22,5	37,2	1312	31,2	23,7
	Хімічний спосіб	22,9	37,8	1344	32,4	23,2
	Ручне прополювання (контроль 2)	25,2	48,3	1415	38,2	26,3
НІР _{0,05}		1,3	1,6	9	1,7	1,4

При застосовуванні механічного та хімічного способів контролювання показники елементів структури урожайності, а саме довжина й маса волоті були вищими за контроль 1 – без прополювання на 5,31 та 5,26 % і на 7,3 та 9,59 %, кількість зерен на 8,81 та 10,76 %, маса зерна на 28,0 та 30,2 % і маса 1000 насінин на 18,4 та 18,9 %.

У сорту Вінець за ручного прополювання показники елементів структури урожайності також були найвищими і довжина волоті дорівнювала 21,3 см, маса волоті – 36,1 г; кількість зерен у волоті – 1206 штук маса зерна з волоті – 26,6 г та маса 1000 насінин 22,1 г. За механічного та хімічного способу ці показники були вищими за контроль на 5,6 та 7,5; 3,04 та 4,7; 8,78 та 11,4; 17,3 та 21,8 та 7,23 4,97 %, відповідно.

У контролі 1 показники елементів структури урожайності були значно нижчими і становили у сорту Дніпровський 39 та Вінець – 22,8 та 21,33 см – довжина волоті; 39,6 та 36,1 г – маса волоті; 1236 та 1206 штук зерен у волоті; 27,1 та 26,6 г – маса зерна з волоті і маса 1000 насінин становила 21,7 та 22,1 відповідно.

Досліджуючи елементи структури урожайності в умовах нестійкого зволоження західної та недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України спостерігається аналогічна тенденція: найвищі показники отримали за ручного прополювання і хімічного способу контролювання чисельності бур'янів (табл. 5.35). Так, в умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України показники продуктивності були нижчими, що пояснюється різноманіттям ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Залежно від способів контролювання забур'яненості в посівах сорго, показники довжини та маси волоті перевищували варіант без прополювання в середньому по досліді на 4,5–34,1 та на 6,2–31,04 %, відповідно. Кількість зерен у волоті була вищою за контроль на 27,88–61,84 %, маса зерна з волоті в середньому перевищувала на 24,1–49,7 %, маса 1000 насінин на 4,7–16,88 %.

В умовах недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України показники довжини та маси волоті перевищували контроль в середньому по досліді на 1,6–43,3 та на 5,3–50,2 %, відповідно. Кількість зерен у волоті була вищою за контроль на 31,81–71,20 %, маса зерна з волоті в середньому перевищувала на 11,73–70,5 %, маса 1000 насінин на 2,77–12,02 %.

Варто зазначити, що найвищі показники отримані за ручного прополювання сорго звичайного двокольорового.

Таблиця 5.35

**Елементи структури врожаю сорго звичайного двокольорового залежно від
забур'яненості посівів та способів контролювання чисельності бур'янів
середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС**

Сорт	Способи контролювання бур'янів	Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	<u>17,8</u> 18,3	<u>30,6</u> 32,1	<u>739</u> 742	<u>19,1</u> 21,2	<u>23,6</u> 25,8
	Механічний спосіб	<u>18,6</u> 19,2	<u>32,5</u> 33,8	<u>945</u> 978	<u>23,7</u> 25,6	<u>24,7</u> 26,6
	Хімічний спосіб	<u>19,1</u> 20,1	<u>33,4</u> 34,6	<u>1069</u> 1189	<u>24,5</u> 28,3	<u>25,9</u> 27,2
	Ручне прополювання (контроль 2)	<u>20,9</u> 22,6	<u>40,1</u> 48,2	<u>1196</u> 1270	<u>28,6</u> 36,2	<u>27,4</u> 28,9
Самаран 6	Без прополювання (контроль 1)	<u>17,3</u> 18,7	<u>29,1</u> 28,0	<u>706</u> 715	<u>18,1</u> 19,6	<u>23,1</u> 25,3
	Механічний спосіб	<u>18,5</u> 19,0	<u>31,3</u> 31,1	<u>928</u> 963	<u>20,2</u> 21,9	<u>24,7</u> 26,0
	Хімічний спосіб	<u>21,9</u> 19,2	<u>34,8</u> 34,7	<u>969</u> 960	<u>22,4</u> 25,5	<u>25,3</u> 27,6
	Ручне прополювання (контроль 2)	<u>23,2</u> 26,8	<u>36,3</u> 40,6	<u>1115</u> 1207	<u>26,8</u> 29,4	<u>27,0</u> 28,0
НІР _{0,05}		<u>0,7</u> 0,8	<u>1,0</u> 1,0	<u>7</u> 9	<u>1,5</u> 1,4	<u>1,1</u> 1,3

* - у чисельнику – дані ЯДСС, у знаменнику – дані ВПДСС

5.4. Формування продуктивності та елементів структури врожаю сорго звичайного двокольорового залежно від умов вирощування та групи стиглості сортів

Сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, а саме достатня кількість тепла та опадів у період вегетації рослин сорго звичайного двокольорового сприяло отриманню більшої кількості зерна та надземної маси з одиниці площі посіву, яка в свою чергу різнилась залежно від досліджуваних сортів та умов вирощування. В зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України високу урожайність зерна та біомаси спостерігали у ранньо– та середньостиглих сортів (табл. 5.36). Встановлено, що у період проведення досліджень урожайність зерна гібрида Сват та сорту Смотрич становила 4,0 та 4,6 т/га, що на 0,5 та на 1,1 т/га вище за урожайність пізньостиглого сорту Ярона, яка становила 3,5 т/га.

За урожайністю біомаси – 36,2 т/га, пізньостиглий сорт Ярона поступався ранньостиглому гібриду Сват та середньостиглому сорту Смотрич. У гібрида Сват урожайність біомаси була на 4,0 т/га вищою і становила 40,2 т/га, у сорту Смотрич становила 41,2 т/га, відповідно, була вищою на 5,0 т/га.

Таблиця 5.36

Продуктивність сорго звичайного двокольорового різних груп стиглості, середнє за 2020–2022 р., БЦДСС

Гібрид, сорт	Урожайність, т/га		Вміст сухої речовини, %	
	зерна	біомаси	зерна	біомаси
Сват	4,0	40,2	85,8	26,5
Смотрич	4,6	41,2	85,3	26,3
Ярона	3,5	36,2	85,4	23,3
НІР _{0,05}	0,25	0,81	0,5	1,2

Вміст сухої речовини в рослинах також різнився залежно від сортових особливостей. У гібрида Сват вміст сухої речовини у зерні в середньому

становив 85,8 %, біомаси – 26,5 %. У сорту Смотрич, відповідно, 85,3 та 26,3 % і у пізньостиглого сорту Ярона – 85,4 та 23,3 %.

Аналізуючи отримані результати досліджень щодо елементів структури врожаю сорго звичайного двокольорового, встановлено, що вони значною мірою залежать від сортових особливостей (табл. 5.37). Довжина волоті у гібрида Сват становила 24 см, у сорту Смотрич та Ярона – 22 та 26 см. Маса волоті, відповідно, була 64,0; 69,9 та 66,2 г. Кількість зерен у волоті залежно від сорту також різнилася і становила у гібрида Сват – 1652 шт., у сорту Смотрич – 1716 шт., у сорту Ярона – 1613 шт.

Таблиця 5.37

Елементи структури врожаю сорго звичайного двокольорового залежно від сортових особливостей та ґрунтово-кліматичних умов, середнє за 2020–2022 р., БЦДСС

Сорт/гібрид	Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Сват	24	64,0	1652	48,0	28,4
Смотрич	22	69,9	1716	51,3	30,1
Ярона	26	66,2	1613	44,2	25,9
НІР _{0,05}	2,0	2,1	21,3	1,82	1,20

Залежно від кількості у волоті зерен та їх величини різною була і загальна маса зерна з волоті та маса 1000 насінин. У гібрида Сват – ранньостиглий, становили, відповідно, 48,0 та 28,4 г, у середньостиглого сорту Смотрич 51,3 та 30,1 г і найменші ці показники у пізньостиглого сорту – 44,2 та 25,9 г.

Кореляційно-регресійний аналіз отриманих даних показав сильну лінійну кореляцію між урожайністю зерна та масою зерна з волоті (рис. 5.13). Коефіцієнт кореляції при цьому склав $R=0,9957$ коефіцієнт детермінації становив $R^2=0,9914$.

Кореляційно-регресійний аналіз даних між урожайністю зерна та кількістю зерен у волоті представлений поліномом другого порядку і рівняння має такий

вигляд: $y = -0,0002x^2 + 0,6304x - 528,96$. Встановлено сильну кореляцію, при цьому коефіцієнт склав $R=0,9562$, а коефіцієнт детермінації $R^2=1$.

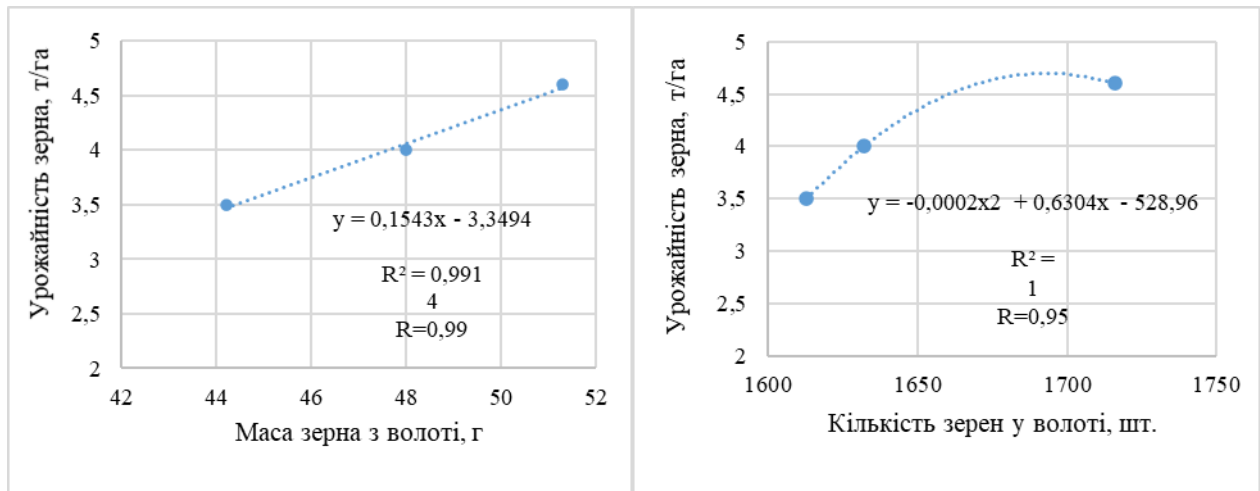


Рис. 5.13. Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю і масою зерна з волоті та кількістю зерен у волоті, середнє за 2020–2022 рр., БЦДСС

Кореляційно-регресійний аналіз даних між урожайністю зерна та масою волоті, й урожайністю зерна та масою 1000 насінин представлений поліномом другого порядку і рівняння регресії має такий вигляд: $y = 0,0889x^2 - 11,803x + 395,24$ й $y = 0,0364x^2 - 1,7773x + 25,105$. Встановлено сильний кореляційний зв'язок, коефіцієнт при цьому склав $R=0,6607$ й $R=0,9869$, а коефіцієнт детермінації $R^2=1$ (рис. 5.14).

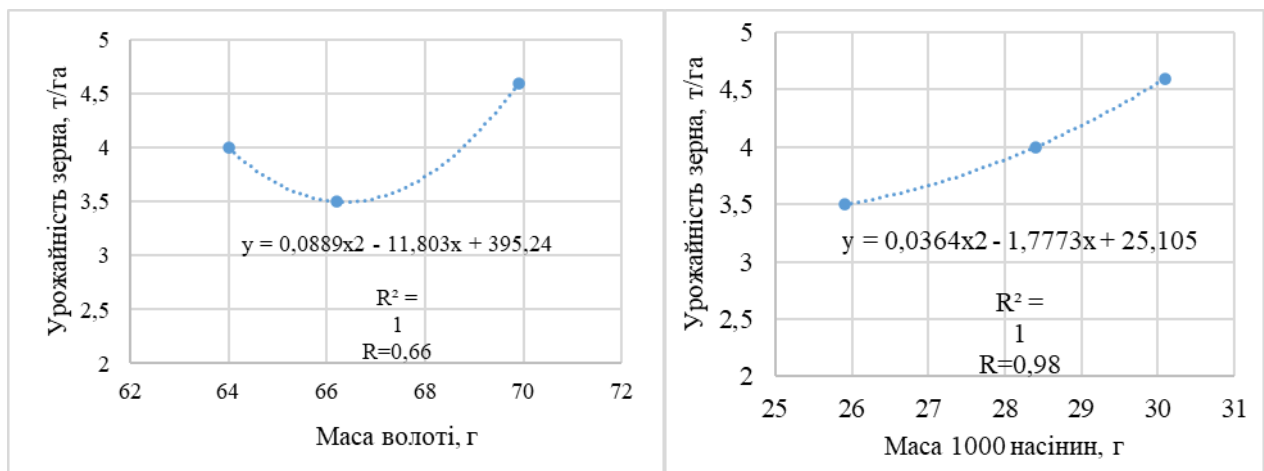


Рис. 5.14. Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю і масою волоті та масою 1000 насінин, середнє 2020–2022 рр., БЦДСС

В зоні нестійкого зволоження Західного Лісостепу України високу урожайність зерна та біомаси спостерігали у ранньо– та середньостиглих сортів (табл. 5.38). У гібрида Сват та Смотрич, при цьому урожайність зерна становила 3,3 т/га та 3,5 т/га; біомаси: 40,2 т/га у гібрида Сват і 42,0 т/га у сорту Смотрич. У пізньостиглого сорту Ярона урожайність зерна була достовірно нижчою і становила 3,2 т/га, біомаси – 38,0 т/га.

Вміст сухої речовини в зерні досліджуваних сортів був 84,2 – 86,8 %. Вміст сухої речовини біомаси (стебла і листя) був у межах від 31,2 до 38,2 %.

Таблиця 5.38

Урожайність та вміст сухої речовини сорго звичайного двокольорового сортів різних груп стиглості залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування середнє за 2020–2022 рр., ЯДСС

Сорт	Урожайність, т/га		Вміст сухої речовини, %	
	зерна	біомаси (сира)	зерні	листя і стебла
Сват (ранньостиг.)	3,3	40,2	85,1	38,2
Смотрич (середньостиг.)	3,5	42,0	86,8	36,4
Ярона (пізньостиг.)	3,2	38,0	84,2	31,2
НІР _{0,05}	0,1	0,8	0,9	0,6

В зоні нестійкого зволоження Західного Лісостепу України урожайність та елементи структури врожаю були дещо меншими (табл. 5.39). Довжина волоті становила у гібрида Сват, сорту Смотрич та сорту Ярона відповідно, 22, 20 та 23 см, маса волоті: 58,0, 56,9 та 60,2 г, кількість зерен у волоті – 1452, 1516 та 1513 штук, маса зерна з волоті та маса 1000 насінин – 34,6, 41,3, 42,8 г та 23,4, 28,1 і 24,9 г.

Таблиця 5.39

Елементи структури врожаю сорго звичайного двокольорового залежно від стиглості сортів та умов вирощування, середнє за 2020–2022 р., ЯДСС

Сорт/гібрид	Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Сват	22	58,0	1452	34,6	23,4
Смотрич	20	56,9	1516	41,3	28,1
Ярона	23	60,2	1513	42,8	24,9
НІР _{0,05}	1	0,7	11	1,4	0,9

Отже, в умовах нестійкого зволоження Правобережного та Західного Лісостепу України сорго звичайне двокольорове формувало різну продуктивність та показники елементів структури врожаю залежно від різних груп стиглості досліджуваних гібрида і сортів. Найбільш рекомендованими для впровадження є ранньостиглий гібрид Сват та середньостиглий сорт Смотрич.

5.5. Якість зерна сорго звичайного двокольорового залежно від сортових особливостей та елементів технології вирощування

Найважливішим завданням у виробництві сільськогосподарської продукції є не лише її збільшення, а й підвищення якості. Так як культивування зернових без бажання істотно покращити їх якість є недосконалим заходом.

Для визначення якісних показників отриманої сировини використовують різні методи. Якісні показники зерна поділяються на фізичні (кількість зерен та маса зерна з волоті, маса 1000 насінин тощо) та біохімічні (визначення жирів, білків, вуглеводів тощо). Використовувані методи доволі специфічні і виявляють їх лише для окремої партії зерна певних культур, що використовують на

визначені потреби. Однак розрізняють і універсальні ознаки, за допомогою яких можна мати уявлення щодо харчової та технічної цінності різної партії зерна.

Варто зазначити, що якість отриманої рослинної сировини вирощуваної культури залежить від багатьох чинників. Харчова та технологічна цінність насіння та зерна певних культур знаходиться в прямій залежності від досліджуваних сортів, та елементів технології вирощування (попередників, доз добрив, застосування регуляторів росту тощо), ґрунтово-кліматичних факторів (ґрунти, погодні умови), збирання урожаю та післязбиральний обробіток, транспортування та зберігання [15].

Проводячи дослідження з вивчення строків сівби, глибини загортання насіння, норми висіву та ширини міжрядь, встановлено, що вміст основних поживних речовин у зерні не мав значних коливань. Вміст крохмалю спостерігався в середньому 60–70 %, білка 12–14 %, жиру 2,5–4,5 %, клітковини 2,3–4,8 % золи 1,2–3,2 %. В цих дослідках велике значення мали особливості сортів та гібридів сорго звичайного двокольорового.

Сорго звичайне двокольорове завдяки своїй добре розвиненій кореневій системі, добре засвоює ґрунтову вологу, поживні речовини, а також позитивно реагує на оброблення насіння стимулятором росту та посівів.

Аналізуючи отримані результати досліджень доведено, що стимулятор росту рослин впливав на якісні показники зерна. Так, в зерні сорго найвищий вміст білка –11,9 %, жиру – 3,47%, золи – 1,79 %, клітковини – 2,31 % і крохмалю –68,7 % отримали за оброблення насіння та посівів стимулятором росту (табл. 5.40). У контролі без оброблення насіння і посівів стимулятором росту показники якості зерна були найнижчими. За оброблення лише насіння і посівів вміст білка становив 10,1–10,3 %, жиру 3,19–3,31, золи –1,56–1,62, клітковини 2,23–2,24 та крохмалю 65,8–66,4 %.

Також визначенням показників якості зерна сорго звичайного двокольорового залежно від мінеральних добрив займалось багато вчених. Вони відмічали, що застосування мінеральних добрив не лише підвищувало урожайність культури, але й підвищувало якість зерна [16–19].

Таблиця 5.40

Якісні показники насіння сорго звичайного двокольорового залежно від стимулятора росту рослин, % на суху речовину, середнє за 2016 – 2019 рр., БЦДСС

Варіант		Вміст:				
		білка	жиру	золи	клітковини	крохмалю
Оброблення насіння (фактор А)	Оброблення водою (контроль)	9,5	2,93	1,48	2,17	64,2
	Оброблення насіння стимулятором росту рослин	10,1	3,19	1,56	2,24	65,8
Обприскування посівів (фактор В)	Без оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	10,3	3,31	1,62	2,23	66,4
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	11,9	3,47	1,79	2,31	68,7
НІР _{0,05}			0,03	0,02	0,04	1,43

Аналізуючи отримані результати досліджень встановлено, що застосування добрив значно покращило якість зерна сорго, при цьому вміст білка

в зерні збільшився від 9,7 до 12,4 % у сорту Дніпровський 39, та від 9,1 до 12,2 % у сорту Вінець (табл. 5.41).

Таблиця 5.41

Якісні показники насіння сорго звичайного двокольорового залежно від мінеральних добрив, % на суху речовину, середнє за 2016 – 2019 рр., БЦДСС

Сорт	Варіант	Вміст:				
		білка	жиру	золи	клітковини	крохмалю
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	9,7	3,12	1,68	2,16	65,4
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	10,1	3,37	1,79	2,24	67,1
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,2	3,41	1,82	2,39	68,2
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	11,8	3,57	1,86	2,47	68,6
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	12,4	3,62	1,91	2,50	70,1
	Розрахункова доза добрив	12,1	3,56	1,84	2,48	69,8
Вінець	Без добрив – контроль	9,1	3,10	1,71	2,15	63,7
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	9,6	3,34	1,78	2,22	65,8
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,8	3,38	1,83	2,37	66,7
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	11,8	3,45	1,87	2,46	67,4
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	12,2	3,51	1,90	2,49	68,6
	Розрахункова доза добрив	11,9	3,52	1,89	2,47	68,3
НІР _{0,05}		0,66	0,16	0,09	0,03	3,67

Збільшення доз мінеральних добрив забезпечило істотне підвищення вмісту жиру у сортів Дніпровський 39 та Вінець: за найменшої дози N₃₀P₃₀K₃₀ вміст жиру становив, відповідно – 3,37 та 3,34 %, а за найбільшої дози –

відповідно, 3,62 та 3,52%. За розрахункової дози вміст жиру був таким же як і за найвищої дози добрив. Аналогічна залежність отримана з вмісту золи та клітковини по сортах зі збільшенням доз добрив.

Сорго звичайне двокольорове має значну енергетичну цінність завдяки високому вмісту крохмалю в зерні. Встановлено, що добрива позитивно впливали на накопичення крохмалю в зерні сорго. Так, із збільшенням дози добрив від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{120}P_{120}K_{120}$ вміст крохмалю у сорту Дніпровський 39 підвищувався від 67,1 до 70,1 %, у сорту Вінець від 65,8 до 68,8 %. Найменший його вміст спостерігався у варіанті без внесення добрив. А вирощування в інших ґрунтово-кліматичних умовах, показало аналогічні показники якості насіння залежно від мінеральних добрив. Також різнилися якісні показники залежно від способів контролювання чисельності бур'янів (табл. 5.42).

Таблиця 5.42

Якісні показники насіння сорго звичайного двокольорового залежно від способу контролювання чисельності бур'янів, % на суху речовину, середнє за 2016–2019 рр., БЦДСС

Сорт	Способи контролювання бур'янів	Вміст				
		білка	жиру	золи	клітковини	крохмалю
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	9,8	3,14	1,70	2,11	64,2
	Механічний спосіб	10,4	3,37	1,79	2,24	66,4
	Хімічний спосіб	10,6	3,38	1,82	2,25	66,9
	Ручне прополювання (контроль 2)	11,1	3,45	1,88	2,34	71,0
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	9,7	3,15	1,68	2,14	65,0
	Механічний спосіб	10,5	3,34	1,84	2,25	65,9
	Хімічний спосіб	10,7	3,36	1,84	2,26	66,4
	Ручне прополювання (контроль 2)	11,6	3,42	1,89	2,31	69,3
НІР _{0,05}		0,3	0,12	0,05	0,10	1,5

Вивчаючи способи контролювання чисельності бур'янів та їх вплив на якісні показники зерна спостерігається наступне: як продуктивність, так і якість найнижчими були у варіанті без прополювання. За хімічного та механічного способів вміст білка в середньому по досліді був вищим на 6,1–10,3 %, вміст жиру на 6,03–7,6 %, вміст золи на 5,3–9,5 %, вміст клітковини і крохмалю на 5,1–6,6 та 1,4–4,2 %.

Найвищі показники основних поживних речовин у зерні спостерігалися у варіанті де проводилось ручне прополювання.

5.6. Вплив строків та способів збирання на якість насіння сорго звичайного двокольорового

Важливим чинником, що стримує поширення площ посіву сорго звичайного двокольорового в Україні, є низька якість насіння. Тому, що процес збирання зерна потребує швидкого транспортування з подальшим очищенням та сушінням.

Спосіб та строки збирання урожаю сорго звичайного двокольорового визначаються їх призначенням (на біопаливо, зерно, на харчові та технічні цілі, тощо) і, відповідно, наявністю збиральної техніки.

У вологих умовах вирощування сорго дозріває дещо пізніше і відповідно під впливом ранніх осінніх приморозків дуже часто втрачає схожість.

За літературними джерелами [20], до збирання сорго приступають коли вологість зерна не більше 20 %. Для зниження вологості зерна ефективним заходом є десикація посівів, яка виконується у фазі повної стиглості зерна, однак не пізніше ніж за 4–6 діб до збирання, а на насінницьких посівах у фазі воскової стиглості, знижуючи вологу в зерні на 8–10 %, і на початку повної стиглості на 5–7 %.

Застосовувати десиканти варто в посушливі погодні умови, які протримаються аж до збирання культури. Якщо здійснити обробку посівів сорго десикантом, і перед збиранням випали опади, то така обробка є недоцільною.

Одним із способів збирання сорго звичайного двокольорового є роздільний, його застосовують за стійкої теплої погоди. Рослини у фазі повної стиглості зерна скошують у валки і через 5–8 днів обмолочують, що дає можливість знизити вологість зерна до 12–13 % [21].

Аналізуючи отримані результати досліджень встановлено, що за побуріння волоті на 50 та 75 % (воскова – початок повної стиглості) спостерігається висока вологість зерна сорту Дніпровський 39 – 47–32 % та сорту Вінець – 42–28,4 %, низька енергія проростання насіння 22,4–56,4 % та 23,2–58,6 % та лабораторна схожість – 28,1–71,0 % та 29,3–74,6 %, відповідно (табл. 5.43).

Таблиця 5.43

Якість насіння сорго звичайного двокольорового залежно від строків збирання, 2016–2019 рр., БЦДСС

Сорт	Побуріння волоті, %	Вологість зерна, %	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Маса 1000 насінин, г
Дніпровський 39	50	47,0	22,4	28,1	38,2
	75	32,0	56,4	71,0	34,6
	100	14,0	87,9	92,3	28,1
Вінець	50	42,0	23,2	29,3	36,4
	75	28,4	58,6	74,6	32,1
	100	13,0	88,2	95,2	26,8
НІР _{0,05}	3,7	2,2	1,8	2,3	3,7

Коли волоть побуріла на 100 % вологість зерна зменшувалась до 14,0 % у сорту Дніпровський 39 та до 13 % у сорту Вінець. При цьому збільшувалась енергія проростання та лабораторна схожість насіння. Маса 1000 насінин із досяганням рослин зменшувалася від 38,2 до 28,1 г у сорту Дніпровський 39 та від 36,4 до 26,8 г у сорту Вінець.

Кореляційно-регресійний аналіз даних показав сильну залежність енергії проростання отриманого насіння від відсотку побуріння волоті (рис. 5.15 а). Коефіцієнт кореляції склав $R=0,89$, а коефіцієнт детермінації становив $R^2=0,89$. А також отриману залежність можна описати за допомогою рівняння: $y = 0,9244x - 16,385$. Залежність лабораторної схожості насіння від відсотку побуріння волоті (рис. 5.15 б) можна описати рівнянням типу: $y = 0,8818x - 4,545$, при цьому коефіцієнт кореляції склав $R=0,84$, а коефіцієнт детермінації $R^2=0,84$.

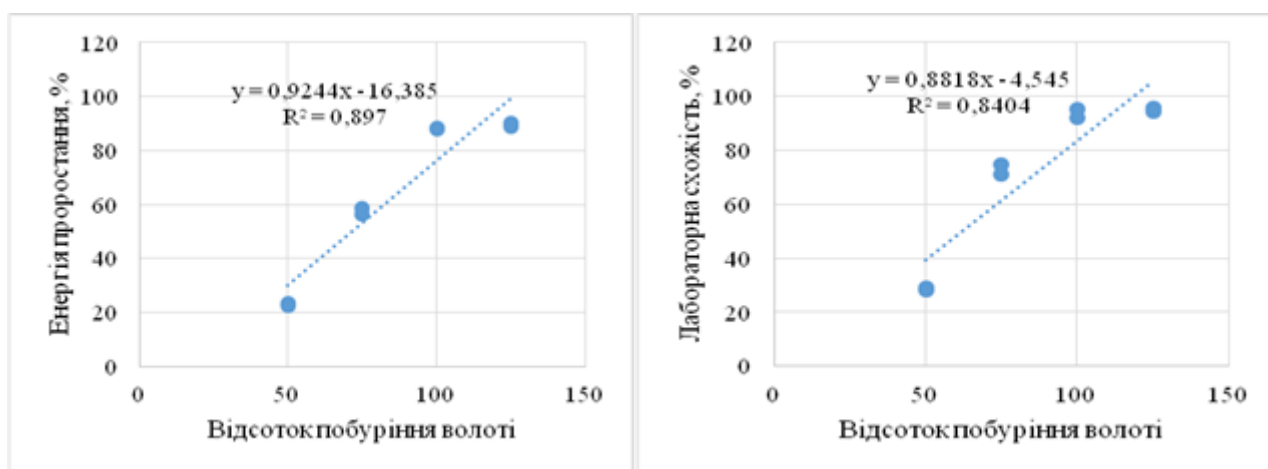


Рис. 5.15. Кореляційно-регресійний зв'язок між енергією проростання і відсотком побуріння волоті (а), та лабораторною схожістю і відсотком побуріння волоті (б), 2016 – 2019 рр., БЦДСС

Одним з важливих критеріїв, який потрібно враховувати при вирощуванні сорго звичайного двокольорового, а особливо збиранні урожаю, і який залежить більш від біологічних особливостей сортів і гібридів це вирівняність посівів. Якщо посіви вирівняні це значною мірою полегшує, перш за все, їх досягання, зерно на різних рослинах досягає рівномірно, а тому поліпшується якість збирання та зменшується травмування і пошкодження зерна та інші непродуктивні втрати зерна.

На рисунках 5.16–5.20, сорти сорго звичайного двокольорового, які використовували в досліді, їх вирівняність була такою: у ранньостиглого гібрида Сват – 72,0 %, у середньостиглого сорту Смотрич – 68,0 %, у пізньостиглого сорту Ярона – 97,0 %.



Рис. 5.16. Дослідна ділянка ранньостиглого гібрида Сват, БЦДСС



Рис. 5.17. Дослідна ділянка середньостиглого сорту Смотрич, БЦДСС



Рис. 5.18. Дослідна ділянка пізньостиглого сорту Ярона, БЦДСС

Сорт Дніпровський 39 на відміну від сорту Вінець відрізнявся високорослістю. Вирівняність становила сорту Дніпровський 39 – 94,0 %, у Вінець – 94,5 %.



Рис. 5.19. Дослідна ділянка сортів Дніпровський 39 та Вінець, БЦДСС

За вирощування сорго звичайного двокольорового на зерно та насіння, строки збирання визначаються насамперед ступенем вологості його у волоті. За вологості зерна – менше 20 % і рівномірному дозріванні волоті найбільш доцільно збирати звичайними зернозбиральними комбайнами прямим комбайнуванням, з зниженням обертів молотильного барабана до 500–600 на хвилину з метою меншого травмування зерна (рис. 5.20).



Рис. 5.20. Збирання сорго звичайного двокольорового, ЯДСС

Однак за прямого комбайнування зерно має підвищену вологість (18,9 – 20 %), тому подальша його обробка полягає в доочищенні від залишків волотей і стебел та сушіння, з тим, щоб на зберігання засипати зерно з вологістю не більше 13 %.

Висновки до розділу 5

1. Досліджено, що у зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України (БЦДСС), найвищу урожайність зерна отримано за сівби насіння при температурі ґрунту 12–14 °С (І декада травня) та за глибини загортання насіння 4 та 6 см. Встановлено, що найбільш вагомим чинником впливу на урожайність сорго був строк сівби, сорт та глибина загортання насіння. В умовах ІДСС, ЯДСС та ВПДСС висока продуктивність сорго звичайного двокольорового формується за сівби насіння при температурі 12–14 °С та 16–18 °С – І та II декада травня.

2. Встановлено, що найбільша урожайність зерна сорго звичайного двокольорового спостерігалася за сівби насіння з шириною міжрядь 45 см та норми висіву 200 та 250 тис. шт./га. Доведено, що зменшення ширини міжрядь (до 15 см) і її збільшення (до 70 см) та відхилення від оптимальної норми висіву зумовлювало зниження урожайності зерна сорго звичайного двокольорового (БЦДСС, ЯДСС, ІДСС, ВПДСС).

3. Встановлено, що за використання доз мінеральних добрив від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{120}P_{120}K_{120}$ урожайність зерна збільшувалась у сортів Дніпровський 39 та Вінець від 2,85 т/га до 3,45 т/га (ЯДСС), від 5,40 до 6,11 т/га (ІДСС) та від 6,10 до 6,5 т/га (ВПДСС). У сорту Самаран 6, відповідно, від 2,74 т/га до 3,30 т/га (ЯДСС), від 4,86 до 5,94 т/га (ІДСС) та від 4,50 до 5,42 т/га (ВПДСС). В умовах БЦДСС найвища урожайність спостерігається за рекомендованої та високих доз добрив.

4. Встановлено, що найвища урожайність зерна, біомаси сорго та елементів структури врожаю, отримано за проведення ручного прополювання, яка в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України становила 6,40 та 29,7 т/га у сорту Дніпровський 39 і 6,20 та 29,3 т/га у сорту Вінець, що перевищувало показник контролю на 3,6 та 6,7 у першому випадку та 3,8 та 6,5 т/га у другому випадку. За інших умов закладання дослідів спостерігається така ж послідовність щодо продуктивності сортів сорго.

5. Досліджено, що в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України (БЦДСС) високу урожайність зерна та біомаси спостерігали у ранньо– та середньостиглих сортів. Встановлено, що у період проведення досліджень урожайність зерна гібрида Сват та сорту Смотрич була 4,0 та 4,6 т/га, що на 0,5 та на 1,1 т/га вище за урожайність пізньостиглого сорту Ярона, яка становила 3,5 т/га.

6. В умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України (ЯДСС) високу урожайність зерна та біомаси спостерігали також у ранньо– та середньостиглих сортів. У гібрида Сват та Смотрич, при цьому урожайність зерна становила 3,3 т/га та 3,5 т/га; біомаси: 40,2 т/га у гібрида Сват і 42,0 т/га у сорту Смотрич. У пізньостиглого сорту Ярона урожайність зерна була нижчою і становила 3,2 т/га, біомаси – 38,0 т/га.

7. Досліджено, що стимулятор росту рослин впливав на якісні показники зерна. Так, в зерні сорго найвищий вміст білка –11,9 %, жиру – 3,47 %, золи – 1,79 %, клітковини – 2,31 % і крохмалю –68,7 % отримали за оброблення насіння та посівів стимулятором росту. Без оброблення насіння і посівів стимулятором росту показники якості зерна були найнижчими. За оброблення насіння, та за обприскування посівів вміст білка становив 10,1–10,3 %, жиру 3,19–3,31, золи – 1,56–1,62, клітковини 2,23–2,24 та крохмалю 65,8–66,4 %.

8. Встановлено, що застосування добрив значно покращило якість зерна сорго, при цьому вміст білка в зерні збільшився від 9,7 до 12,4 % у сорту Дніпровський 39, та від 9,1 до 12,2 % у сорту Вінець. Вмісту жиру у сортів Дніпровський 39 та Вінець: за найменшої дози $N_{30}P_{30}K_{30}$ вміст жиру становив, відповідно – 3,37 та 3,34 %, а за найбільшої дози – відповідно, 3,62 та 3,52%. За розрахункової дози вміст жиру був таким же ж як і за найвищої дози добрив. Добрива позитивно впливали на накопичення крохмалю в зерні сорго. Так, із збільшенням доз добрив від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{120}P_{120}K_{120}$ вміст крохмалю у сорту Дніпровський 39 підвищувався до 70,1 %, у сорту Вінець до 68,8 %. Найменший його вміст спостерігався без внесення добрив.

9. Досліджено, що якість рослин сорго була найнижчою у контролі без прополювання. За хімічного та механічного обробітку вміст білка в середньому по досліді був вищим на 6,1–10,3 %, вміст жиру на 6,03–7,6 %, вміст золи на 5,3–9,5 %, вміст клітковини і крохмалю на 5,1–6,6 та 1,4–4,2 %. Високі показники поживних речовин у зерні відмічено з ручним прополюванням.

10. Встановлено, що за побуріння волоті на 50 та 75 % знижувались якісні показники насіння. За побуріння на 100 % вологість зерна зменшувалась до 14,0 % у сорту Дніпровський 39 та до 13 % у сорту Вінець. При цьому збільшувалась енергія проростання та лабораторна схожість насіння. Відповідно збирання сорго рекомендуємо у фазі повної стиглості.

Література до розділу 5

1. Чернецький В. М. Агроекологічні аспекти вирощування овочів. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 2. С. 61–64.
2. Швайківський Б. Я., Лопушняк В. І., Киричук Р. Г. Регулятори росту рослин – ефективний засіб підвищення продукції сільськогосподарських культур. *Сільський господар*. 2000. № 5–6. С. 3–4.
3. Тітаренко О. С., Карпук Л. М. Урожайність та енергетична ефективність сорго звичайного двокольорового за різних заходів догляду за посівами. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 145–151. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151>
4. Авраменко Р. А., Кірсанова Г. В. Визначення біологічного врожаю основних сільськогосподарських культур. Дніпропетровськ, 2004. 84 с.
5. Добринін Г. М. Ріст та формування хлібних і кормових злаків. Львів : Колос, 1969. 275 с.
6. Коломієць Л. В. Продуктивність кукурудзи та сорго в сумісних посівах з іншими культурами в північному Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.12 – кормовиробництво і лукувництво / ННЦ «Інститут землеробства УААН». Київ, 2006. 18 с.

7. Каленська С. М., Найдено В. М. Урожайність сорго звичайного двокольорового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. Вип. 26. С. 67–75. <https://doi.org/10.47414/np.26.2018.211203>

8. Рожков А. О., Свиридова Л. А. Вплив норм висіву, способів сівби та погодних умов вегетації на врожайність зерна гібридів сорго звичайного двокольорового. *Селекція і насінництво*. 2017. Вип. 112. С. 193–204. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.120454>

9. Дремлюк Г. К., Червоніс М. В., Рибалка О. І., Гамандій В. Л. Теоретичні основи селекції синтетичних сортів соризу (*Sorghum oryzoidum*) на вихід біоетанолу. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення*. 2013. Вип. 21. С. 122–134.

110. Циков В. С., Матюха Л. П. Бур'яни: шкодочинність і система захисту. Дніпропетровськ : ЕНЕМ, 2006. 86 с.

11. Циліорик О. І. Наукове обґрунтування ефективності систем основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівоzmінах Північного Степу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.01 – загальне землеробство / Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. Дніпропетровськ, 2014. 400 с.

12. Грицаєнко З. М. Гербициди і продуктивність сільськогосподарських культур. Умань, 2005. 686 с.

13. Шевченко О. М., Шевченко С. М., Приходько В. І., Швець Н. В. Технологічні прийоми підвищення ефективності регулювання поживного режиму при вирощуванні кукурудзи. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2011. № 1. С. 46–50.

18. Циков В. С., Матюха Л. П., Ткаліч Ю. І. Захист зернових культур від бур'янів у Степу України. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2012. 211 с.

14. Примак І. Д., Манько Ю. П., Танчик С. П. та ін. Бур'яни в землеробстві України: прикладна гербологія / за ред. І. П. Примака, Ю. П. Манька. Біла Церква, 2005. 664 с.

15. Лесик Б. В., Трисвятський Л. О., Сабуров М. В., Сніжко В. Л. Зберігання і технологія сільськогосподарських продуктів. Київ : Вища школа, 1973. 404 с.
16. Курило В. Л., Яланський О. В., Гамандій В. Л. та ін. Біоенергетична оцінка соргових культур. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 554–558.
17. Pale S., Mason S. C., Taonda S. J. B. Water and fertilizer influence on yield of grain sorghum varieties produced in Burkina Faso. *South African Journal of Plant and Soil*. 2009. Vol. 26, Iss. 2. P. 91–97. <https://doi.org/10.1080/02571862.2009.10639939>
18. Mohammad W., Shah S. M., Shehzadi S., Shah S. A. Effect of tillage, rotation and crop residues on wheat crop productivity, fertilizer nitrogen and water use efficiency and soil organic carbon status in dry area (rainfed) of north-west Pakistan. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2012. Vol. 12, Iss. 4. P. 715–727. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012005000027>
19. Masebo N., Menamo M. The Effect of Application of Different Rate of N-P Fertilizers Rate on Yield and Yield Components of Sorghum (*Sorghum bicolor*): Case of Derashe Woreda, SNNPR, Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*. 2016. Vol. 6, Iss. 5. P. 2224–3186.
20. Дзюбецький Б. В., Яланський О. В., Кух М. В. Сорго. Практичні рекомендації. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я. І., 2014. 96 с.
21. Роїк М. В., Правдива Л. А., Ганженко О. М. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива. Київ : Компрінт, 2020. 21 с.

За даними розділу опубліковано сім друкованих праць:

1. Правдива Л. А. Урожайність сорго зернового залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник*

наукових праць «Агробіологія». 2021. № 1. С. 121–129. doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-121-129.

2. Правдива Л. А., Федорук Ю. В. Формування показників структури врожайності сорго зернового залежно від способу сівби насіння та густоти стояння рослин у Правобережному Лісостепу України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2021. Вип. 28 (42). С. 215-223. doi.org/ 10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-18

3. Правдива Л. А., Доронін В. А., Ганженко О. М. Формування продуктивності сорго зернового та соризу залежно від строків сівби в умовах східної частини Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9. doi.org/10.21498/na.9.2021.253364

4. Правдива Л. А., Яланський О. В. Продуктивність та елементи структури врожайності різних сортів сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.). *Новітні агротехнології*. 2022. Т.10, № 3. doi: 10.47414/na.10.3.2022.270497

5. Правдива Л. А. Гончарук Г. С. Особливості формування продуктивності сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) та соризу (*S. oryroidum*) залежно від строків сівби насіння в умовах західної частини Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2023. Т.11, № 2. doi: 10.47414/na.11.2.2023.285142

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

7. Pravdyva L., Prysiazhniuk O., Khakhula V., Kachan L. & Panchenko T. Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) growth and development features under the influence of growth regulator. *Scientific Horizons*, 26(9), 2023. P. 120–130. doi: 10.48077/scihor9.2023.120

РОЗДІЛ 6

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Сільське господарство України відіграє провідну роль у забезпеченні продовольчої й енергетичної безпеки держави за рахунок свого біоенергетичного потенціалу. Хоча, маючи значну біомасу, аграрний сектор країни демонструє повільний розвиток підприємств та виробництва кінцевої продукції – біопалива. Використання біоенергетичного потенціалу вбачається одним із складових елементів стратегії сталого розвитку.

Позитивними сторонами виробництва біопалива є розвиток агропромислового комплексу України, зменшення енергетичної залежності, збільшення експортного потенціалу, забезпечення сталого розвитку сільських населених пунктів, створення нових робочих місць, покращення екології тощо.

Однак використання сировини першого покоління для виробництва біопалива викликає супротив громадських організацій та державних інститутів ряду країн, вмотивований можливою конкуренцією між продовольством і паливом та негативним впливом на продовольчу безпеку країн. Пошук найбільш вигідних стратегій забезпечення і продовольчої, і енергетичної безпеки з використанням сільськогосподарської сировини є важливим завданням для будь-якої країни [1].

Одним з перших кроків у вирішенні проблеми виробництва і використання альтернативних палив є перелік усіх їх видів та аналіз перспективності їх використання в умовах України. Найважливішим джерелом для виробництва альтернативних видів енергії є біомаса, яка є біологічно розкладеними компонентами продуктів і відходів сільського господарства (як рослинного, так і тваринного походження), лісового господарства і пов'язаних з ними виробництв, а також біологічно розкладеними компонентами промислових і побутових відходів [2].

Виробництво біопалива можливе лише за належного рівня забезпечення людей продовольчими ресурсами. Посилення мотивації розвитку і підтримки виробників біопалива у світі, й Україні зокрема, зумовлене високими темпами зменшення викопних видів палива, дорожчанням його видобутку і доставки, збільшення населення та зростаюча потреба в енергоресурсах із розрахунку на одну людину, що зумовило зростаючі цінові тенденції на ринку нафти, вугілля тощо [3–5].

Перспективною енергетичною сільськогосподарською культурою, як зазначається в роботі, для отримання біоетанолу (етиловий спирт, як добавка до бензину) та твердого біопалива (виготовлення брикетів та пелетів) є сорго звичайне двокольорове. Вивчення технології вирощування сорго звичайного двокольорового в різних ґрунтово-кліматичних умовах України як сировини для виробництва біопалива є перспективним напрямком досліджень.

6.1. Оцінка енергетичного потенціалу сорго звичайного двокольорового залежно від стимулятора росту рослин

Вивчаючи застосування стимулятора росту рослин на насінні та обприскування посівів сорго звичайного двокольорового, встановлено, що їх застосування призводить не лише до збільшення параметрів росту і розвитку, та продуктивності, а й до виходу біопалива та енергії з нього.

Найбільший вихід біоетанолу отримано за обробляння насіння стимулятором росту сорго звичайного двокольорового та посівів й становить 2,37 т/га, а розрахунковий вихід енергії при цьому склав 59,13 ГДж/га (табл. 6.1). За обробляння лише насіння і лише посівів вихід біоетанолу зменшувався до 1,72 та 1,96 т/га, вихід енергії відповідно також знижувався і дорівнював 43,01 та 49,08 ГДж/га.

Вихід твердого палива також істотно різнився і сягав максимуму 11,14 т/га коли застосовували стимулятор росту на насінні та посівах. Вихід енергії був також найвищим і становив 181,52 ГДж/га. Застосування препарату

на насінні або лише на посівах призводило до зниження виходу твердого палива на 1,55–2,19 т/га, і енергії, відповідно, на 25,22–35,67 ГДж/га. У контролі, де не застосовували стимулятор росту, вихід біоетанолу, твердого палива та енергії з нього був найнижчим.

Таблиця 6.1

Розрахунковий вихід біопалива та енергії залежно від стимулятора росту рослин, середнє за 2016 – 2019 рр., БЦДСС

Варіант		Вихід біоетанолу, т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га:		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
Оброблення насіння	Оброблення водою (контроль)	1,44	7,52	35,93	122,51	158,44
	Оброблення насіння стимулятором росту рослин	1,72	8,95	43,01	145,85	188,86
Обприскування посівів	Без оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	1,96	9,59	49,08	156,30	205,38
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	2,37	11,14	59,13	181,52	240,65
НІР _{0,05}		0,26	1,45	5,26	14,2	17,0

Кореляційно-регресійний аналіз даних показав сильну залежність виходу біоетанолу від урожайності зерна (рис. 6.1 а). Коефіцієнт кореляції склав $R=0,99$, а коефіцієнт детермінації становив $R^2=0,98$. Залежність виходу твердого палива від урожайності біомаси (див. рис. 6.1 б) можна описати поліноміальним

рівнянням другого порядку: $y = 0,0338x^2 - 1,6556x + 27,035$, при цьому коефіцієнт кореляції склав $R = 0,9936$, а коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9869$.

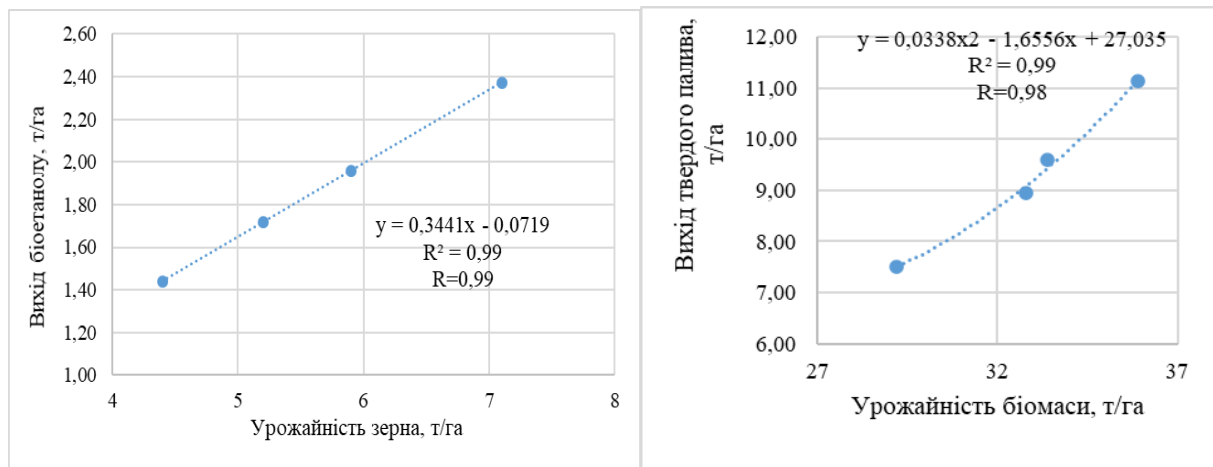


Рис. 6.1. Кореляційно-регресійний зв'язок між виходом біоетанолу і урожайністю зерна (а), та виходом твердого палива і урожайністю біомаси (б), 2016 – 2019 рр., БЦДСС

Між виходом енергії з біоетанолу та урожайністю зерна отримано також сильну лінійну кореляцію $R = 0,99$ і коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,99$ (рис. 6.2 а).

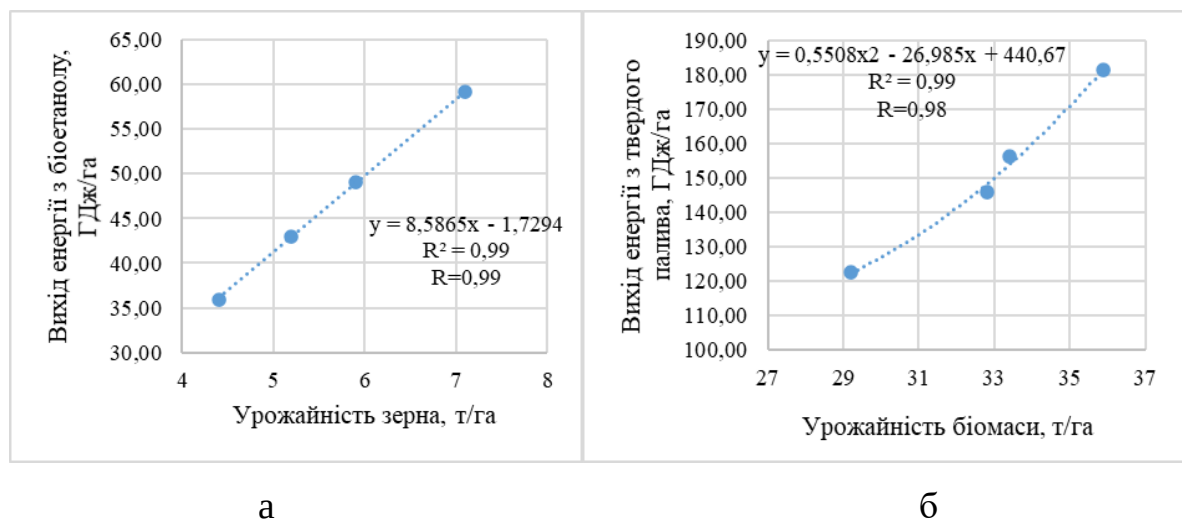


Рис. 6.2. Кореляційно-регресійний зв'язок між виходом енергії з біоетанолу і урожайністю зерна (а), та виходом енергії з твердого палива і урожайністю біомаси (б), 2016 – 2019 рр., БЦДСС

Залежність виходу енергії з твердого палива від урожайності біомаси можна описати також поліномом другого порядку: $y = 0,5508x^2 - 26,985x + 440,67$, при цьому отримано коефіцієнт кореляції $R=0,99$, а коефіцієнт детермінації $R^2=0,98$ (див. рис. 6.2 б).

Диверсифікація схем переробки сорго звичайного двокольорового суттєве питання, оскільки завдяки збільшенню чисельності населення неможливо виділити значні площі суто під вирощування біоенергетичних культур. Тому інші вчені відмічають потребу в пошуку універсальних культур, придатних як для переробки як на харчові, так і біоенергетичні цілі. Такі культури мають бути не лише стійкими до хвороб а й ефективно переносити глобальне потепління та протистояти посухам здатним знищити врожай [6].

Деякі вчені вказують, що використання культур з високою біомасою, які не тільки забезпечують зерновими продуктами і кормами, а також сировиною для виробництва біопалива, зокрема одержання крохмалю, цукру та лігноцелюлозних речовин є перспективним напрямком досліджень [7, 8].

Відповідно вивчення закономірностей формування врожаю біомаси та зерна сорго звичайного двокольорового в умовах зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України дозволяє рекомендувати виробництву кращі схеми впливу стимуляторів росту. Адже забезпечення необхідних нам ростових параметрів – чи то зростання врожаю зерна, чи збільшення врожаю вегетативної маси, або ж підвищення обох показників є актуальним при правильному плануванні посівів з чітко відомою стратегією їх подальшої переробки.

6.2. Енергетична продуктивність сорго звичайного двокольорового залежно від комплексної дії факторів інтенсифікації

Дослідження з вивчення строків сівби і глибини загортання насіння в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України (БЦДСС) показали, що найбільший вихід біоетанолу з гектара посіву отримано за сівби

насіння сорго звичайного двокольорового у I декаді травня при температурі ґрунту 12–14 °С та глибини загортання насіння 4 та 6 см (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від строків сівби та глибини загортання насіння сорго звичайного двокольорового, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Глибина загортання насіння, см	Вихід:				Загальний вихід енергії, ГДж/га
			біоетанолу, т/га	твердого палива, т/га	енергії з біоетанолу, ГДж/га	енергії з твердого палива, ГДж/га	
Дніпровський 39	5–6 °С	2	1,68	6,33	42,03	103,17	145,20
		4	1,88	7,44	46,98	121,24	168,22
		6	1,95	8,80	48,63	143,46	192,08
		8	1,78	6,58	44,50	107,31	151,82
	12–14 °С	2	2,10	8,25	52,61	134,42	187,04
		4	2,37	9,29	59,30	151,37	210,66
		6	2,47	10,26	61,80	167,18	228,98
		8	2,07	7,83	51,78	127,64	179,42
	16–18 °С	2	1,98	6,97	49,45	113,71	163,16
		4	2,04	7,95	51,10	129,53	180,62
		6	2,14	8,59	53,57	140,07	193,64
		8	1,85	6,72	46,15	109,57	155,72
Вінець	5–6 °С	2	1,38	6,19	34,61	100,91	135,52
		4	1,68	7,14	42,03	116,35	158,38
		6	1,81	8,04	45,33	131,03	176,36
		8	1,45	6,01	36,26	97,90	134,16
	12–14 °С	2	2,00	7,30	50,11	118,98	169,09
		4	2,08	8,62	51,92	140,45	192,37
		6	2,21	9,12	55,22	148,73	203,95
		8	1,88	7,16	46,98	116,72	163,70
	16–18 °С	2	1,71	6,33	42,86	103,17	146,03
		4	1,78	7,20	44,50	117,48	161,98
		6	1,98	7,73	49,45	126,14	175,59
		8	1,65	6,26	41,21	102,04	143,25
НІР _{0,05}			0,20	1,0	5,21	6,89	9,87

Вирощування сорту Дніпровський 39 дозволяє отримати 2,37 та 2,46 т/га біоетанолу, сорту Вінець – 2,08 та 2,21 т/га. Вихід твердого біопалива за цього способу вирощування був також найбільшим і становив 9,29 та 10,26 т/га у сорту Дніпровський 39 і 8,62 та 9,12 т/га у сорту Вінець. Загальний вихід енергії відповідно у сорту Дніпровський 39 був 210,66 та 228,98 ГДж/га, у сорту Вінець – 192,37 та 203,95 ГДж/га.

За глибини загортання насіння 2 та 8 см вихід біоетанолу, твердого палива та енергії з нього був дещо нижчим. За глибини 2 см вихід біоетанолу й енергії з нього у сорту Дніпровський 39 становив 2,10 т/га та 52,61 ГДж/га, у сорту Вінець 2,0 т/га та 50,11 ГДж/га. Вихід твердого біопалива та енергії з нього у сорту Дніпровський 39 становив 8,25 т/га та 134,42 ГДж/га і у сорту Вінець 7,29 т/га та 118,98 ГДж/га.

За глибини 8 см вихід біоетанолу й енергії з нього у сорту Дніпровський 39 дорівнював 2,07 т/га та 51,78 ГДж/га, у сорту Вінець 1,88 т/га та 46,98 ГДж/га. Вихід твердого палива й енергії з нього у сорту Дніпровський 39 становив 7,83 т/га та 127,64 ГДж/га, у сорту Вінець 7,16 т/га та 116,72 ГДж/га, відповідно.

Відхилення від оптимального строку сівби – I декада травня та глибини загортання насіння 4 та 6 см призводить до зменшення виходу біоетанолу, твердого палива й енергії.

Так, за сівби насіння у III декаді квітня (температура ґрунту 5–6 °C) у сорту Дніпровський 39 вихід біоетанолу становив від 1,68 до 1,95 т/га, твердого біопалива від 6,32 до 8,80 т/га, вихід енергії з них становить від 42,03 до 48,63 ГДж/га та від 103,17 до 143,46 ГДж/га. У сорту Вінець вихід біоетанолу становив від 1,38 до 1,81 т/га, твердого палива від 6,19 до 8,03 т/га. Вихід енергії з біоетанолу був в межах від 34,61 до 45,33 ГДж/га та з твердого палива від 97,9 до 131,03 ГДж/га.

Сівба насіння у II декаді травня при температурі ґрунту 16–18 °C також призводить до зниження енергетичної продуктивності сорго звичайного двокольорового. При цьому у сорту Дніпровський 39 вихід біоетанолу та твердого палива був межах від 1,82 до 2,14 т/га та від 6,72 до 8,59 т/га. Загальний

вихід енергії становив від 155,72 до 193,64 ГДж/га. У сорту Вінець вихід біоетанолу та твердого палива був межах від 1,65 до 1,98 т/га та від 6,26 до 7,73 т/га. Загальний вихід енергії був від 143,25 до 175,59 ГДж/га.

Дослідження проведені на малопродуктивних землях у зоні нестійкого зволоження Західного Лісостепу України (ЯДСС), показали, що розрахунковий вихід біоетанолу, в середньому по досліді, з одиниці посіву становив від 0,95 до 1,22 т/га біоетанолу, вихід енергії при цьому дорівнював від 23,6 до 30,5 ГДж/га (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від строків сівби насіння сорго звичайного двокольорового, середнє за 2016–2020 рр., ЯДСС

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Вихід біоетанолу, т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га:		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
Дніпровський 39	5–6 °С	1,02	5,74	25,55	93,49	119,04
	12–14 °С	1,13	7,35	28,27	119,85	148,12
	16–18 °С	1,21	7,80	30,25	127,15	157,40
Самаран 6	5–6 °С	0,95	5,97	23,65	97,26	120,91
	12–14 °С	1,14	6,81	28,60	111,08	139,67
	16–18 °С	1,22	8,74	30,49	142,44	172,94
НІР _{0,05}		0,10	1,20	2,01	5,69	8,74

Вихід твердого палива та енергії також різнився залежно від строків сівби. Так, за сівби насіння при температурі ґрунту 12–14°С вихід твердого

біопалива був найбільшим як у сорту Дніпровський 39, так і у сорту Самаран 6 і становив 7,80 і 8,74 т/га. Вихід енергії за цього строку сівби також був найбільшим.

Відхилення від оптимального строку сівби насіння сорго звичайного двокольорового призводило до зниження цих показників в обох сортів. Так, за сівби насіння у за температури ґрунту 5–6 °С вихід біоетанолу становив 1,02 т/га у сорту Дніпровський 39 та 0,95 т/га у сорту Самаран 6. Вихід енергії з біоетанолу відповідно становив 25,55 та 23,65 ГДж/га. Вихід твердого палива дорівнював 5,74 т/га у сорту Дніпровський 39 та 5,97 т/га у сорту Самаран 6. Вихід енергії за цих показників складав 93,49 та 97,26 ГДж/га. Відповідно і сумарний вихід енергії становив 119,04 та 120,91 ГДж/га.

Дослідження проведені в зоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України (ІДСС) показали, що розрахунковий вихід біопалива та енергії з гектара також залежали від досліджуваних факторів (табл. 6.4).

Найбільший вихід біоетанолу був отриманий за сівби насіння у першій декаді квітня, при цьому вирощування сорту Дніпровський 39 дозволяє отримати 2,3 т/га, сорту Самаран 6 – 2,1 т/га. За сівби у третій декаді квітня та II декаді травня вихід біоетанолу зменшувався і становив для сорту Дніпровський 39 – 2,0 та 2,2 т/га, для сорту Самаран 6 – 1,9 та 2,0 т/га.

Тверде паливо можна виготовляти з стебел і листя соргових культур. Так, з одиниці площі посівів сорго сорту Дніпровський 39 за сівби насіння у I декаді травня можна отримати 8,6 т/га твердого палива. Для сорту Самаран 6 найбільший вихід біопалива становив 8,3 т/га. За I та III строку сівби вихід твердого палива був меншим.

Загальний вихід енергії від спалювання біоетанолу та твердого палива, який отримали з одного гектара посівів сорго звичайного двокольорового Дніпровський 39, на всіх варіантах досліду перевищував загальний вихід енергії отриманої з сорту Самаран 6.

Таблиця 6.4

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від сортових особливостей та строків сівби, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Вихід				Загальний вихід енергії
		біоетанолу	твердого палива	енергії з біоетанолу	енергії з твердого палива	
		т/га		ГДж/га		
Дніпровський 39	5–6 °С	2,0	7,8	51,1	127,3	178,4
	12–14 °С	2,3	8,6	58,5	140,8	199,3
	16–18 °С	2,2	8,3	56,0	134,8	190,8
Самаран 6	5–6 °С	1,9	7,4	47,8	120,9	168,7
	12–14 °С	2,1	8,3	52,7	135,2	187,9
	16–18 °С	2,0	7,8	50,3	126,5	176,8
НІР _{0,05}		0,14	0,8	2,6	8,9	10,5

Найвищий вихід енергії отримали за сівби насіння при температурі 12–14 °С і дорівнював 199,3 ГДж/га у сорту Дніпровський 39 та 187,9 ГДж/га у сорту Самаран 6. У твердому паливі зосереджено близько 71,0 – 72,0 % (140,8 та 135,2 ГДж/га) цієї енергії і у біоетанолі лише 28 – 29 % (51,1 та 52,7 ГДж/га).

Спостерігається закономірність, що сівба насіння в дуже ранні або пізніші строки призводить до зниження продуктивності сорго, відповідно зменшення виходу біопалива та загальної енергії, що пояснюється несприятливими погодними умовами в період сівби і як наслідок впливає на подальший ріст і розвиток посівів.

Кореляційно–регресійний аналіз даних показав, що між урожайністю та виходом біопалива, а також між урожайністю і виходом енергії відмічена сильна

лінійна кореляція (рис. 6.3, 6.4). Коефіцієнт кореляції при цьому склав $R=1$, коефіцієнт детермінації відповідно становив $R^2=1$.

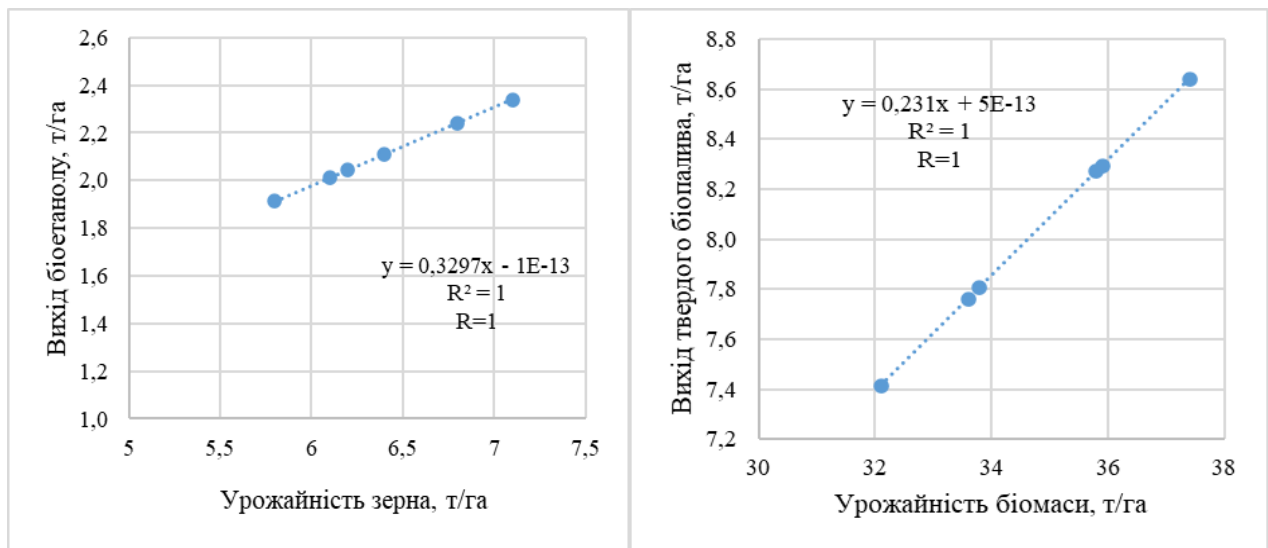


Рис. 6.3. Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю та виходом біопалива, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС

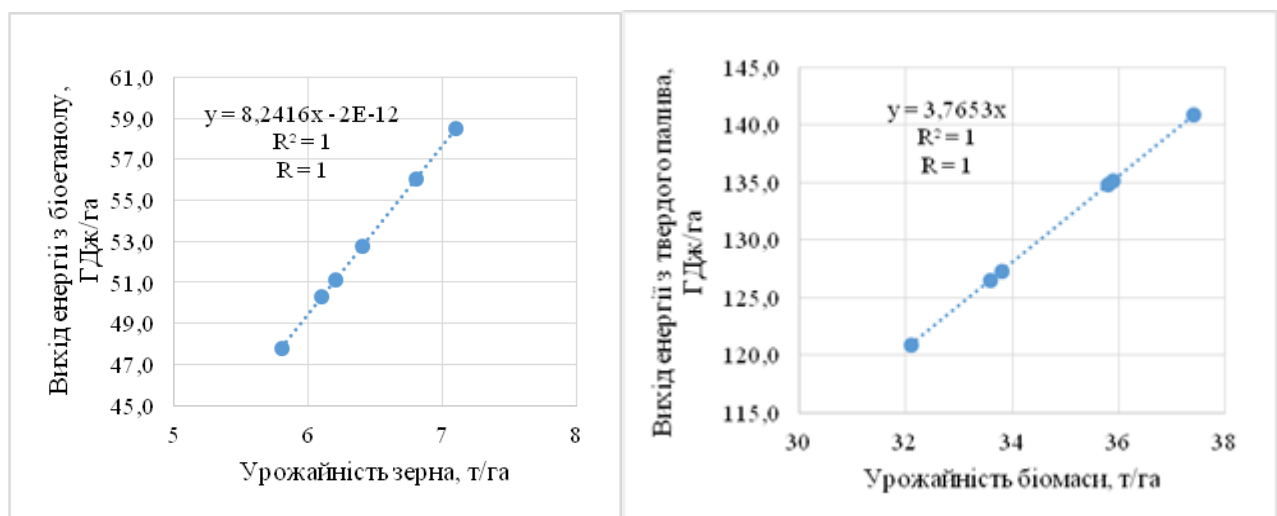


Рис. 6.4. Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю біомаси та виходом енергії, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС

Дослідження, проведені у зоні недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України показали, що найвищий вихід біопалива спостерігався за сівби насіння у I декаді травня і становив у сортів біоетанолу – 2,47 т/га та 1,78 т/га, твердого палива, відповідно, 10,79 та 8,52 т/га. При цьому вихід енергії був

також найвищим з біоетанолу – 61,81 та 44,50 ГДж/га, з твердого палива 175,84 та 138,94 ГДж/га, відповідно. Загальний вихід енергії становив 237,65 та 183,44 ГДж/га (табл. 6.5). Сівба насіння в III декаді квітня та II декаді травня призводила до зниження виходу біопалива та енергії з нього.

Таблиця 6.5

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від сортових особливостей та строків сівби, середнє за 2016–2020 рр., ВПДСС

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Вихід				Загальний вихід енергії
		біоетанолу	твердого палива	енергії з біоетанолу	енергії з твердого палива	
		т/га		ГДж/га		
Дніпровський 39	5–6 °С	2,31	10,44	57,69	170,19	227,88
	12–14 °С	2,47	10,79	61,81	175,84	237,65
	16–18 °С	2,24	10,19	56,04	166,05	222,09
Самаран 6	5–6 °С	1,68	8,13	42,03	132,54	174,57
	12–14 °С	1,78	8,52	44,50	138,94	183,44
	16–18 °С	1,62	7,85	40,38	128,02	168,40
НІР _{0,05}		0,34	1,56	4,11	8,59	12,36

Варто зазначити, що увесь світ перебуває в умовах очікування серйозної енергетичної кризи. В основі наукових пріоритетів більшості розвинутих країн є пошук шляхів використання енергоресурсів відновлювальної енергії, котра накопичується рослинами завдяки фотосинтезу. Особлива увага приділяється сільськогосподарським культурам, які здатні накопичувати сонячну енергію, та біомасі відходів рослинництва, тваринництва, переробної промисловості. Тому дослідження ширини міжрядь та норми висіву також є основним елементом технології вирощування сорго та їх впливу не лише на продуктивність, а й на вихід біопалива.

Найбільший вихід біоетанолу з одиниці площі отримано за сівби насіння сорго звичайного двокольорового з шириною міжрядь 45 см та нормою висіву насіння 200 тис. шт./га., при цьому вирощування сорту Дніпровський 39 дозволяє отримати 2,44 т/га, сорту Вінець – 1,68 т/га. За норм висіву 150 та 250 тис. шт./га вихід біоетанолу зменшувався і дорівнював 2,21 та 2,37 т/га для сорту Дніпровський 39, й 1,38 та 1,48 для сорту Вінець (табл. 6.6). Зменшувався вихід біоетанолу також за вирощування сорго звичайного двокольорового з шириною міжрядь 15 та 70 см.

З стебел і листя сорго звичайного двокольорового можна виготовляти тверде біопаливо (паливні гранули, брикети). Так, з одного гектара сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 за норми висіву 200 тис. шт./га та ширини міжрядь 45 см можна отримати 10,3 т/га твердого палива. Для сорту Вінець максимальний вихід твердого біопалива становив 8,52 т/га. Зменшення норми висіву насіння сорго звичайного двокольорового до 150 тис. шт./га або збільшення до 250 тис. шт./га призводило до зменшення кількості твердого біопалива, яке можна отримати з одиниці площі.

Вирощування сорго звичайного двокольорового з шириною міжрядь 15 та 70 см також призводило до зменшення виходу твердого біопалива порівняно з оптимальною (45 см) шириною міжрядь. Так, за норми висіву 200 тис. шт./га вихід твердого біопалива з сировини із зменшенням ширини міжрядь до 15 см зменшувався до 8,48 т/га у сорту Дніпровський 39 та до 7,28 т/га у сорту Вінець. Із збільшенням ширини міжрядь до 70 см вихід твердого біопалива також зменшувався до 9,49 т/га та 7,48 т/га відповідно.

Загальний вихід енергії від спалювання твердого палива і біоетанолу, який отримали з одиниці площі посівів сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39, на всіх варіантах досліду дещо перевищував вихід енергії, отриманої з сорту Вінець.

Таблиця 6.6

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього, залежно від способу сівби насіння сорго звичайного двокольорового, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Ширина міжрядь, см	Норма висіву, тис. шт./га	Вихід:				Загальний вихід енергії, ГДж/га
			біоетанолу, т/га	твердого палива, т/га	енергії з біоетанолу, ГДж/га	енергії з твердого палива, ГДж/га	
Дніпровський 39	15	150	2,04	7,90	51,1	128,8	179,9
		200	2,21	8,48	55,2	138,2	193,4
		250	2,27	8,87	56,9	144,6	201,5
	45	150	2,21	9,26	55,2	150,9	206,1
		200	2,44	10,30	60,9	167,9	228,8
		250	2,37	9,96	59,3	162,3	221,6
	70	150	1,88	9,06	46,9	147,6	194,5
		200	2,08	9,49	51,9	154,7	206,6
		250	2,01	9,38	50,3	152,9	203,2
Вінець	15	150	1,25	6,61	31,3	107,7	139,0
		200	1,38	7,28	34,6	118,6	153,2
		250	1,45	7,58	36,3	123,5	159,8
	45	150	1,38	7,78	34,6	126,9	161,5
		200	1,68	8,52	42,0	138,9	180,9
		250	1,48	8,18	37,1	133,3	170,4
	70	150	1,19	7,28	29,7	118,6	148,3
		200	1,38	7,48	35,0	122,0	157,0
		250	1,38	6,98	34,6	113,7	148,3
НІР _{0,05}			0,10	1,75	3,46	8,9	10,7

Найбільший вихід енергії за вирощування сорту Дніпровський 39 становив 228,8 ГДж/га за ширини міжрядь 45 см та норми висіву 200 тис. шт./га. Понад

73 % цієї енергії зосереджено у твердому біопаливі (167,9 ГДж/га) і лише 27 % – у біоетанолі (60,9 ГДж/га). У сорту Вінець найвищий вихід енергії отримано за цього ж способу вирощування і становив – 180,9 ГДж/га. У твердому біопаливі її 77 % (138,9 ГДж/га), у біоетанолі – 23 % (42,0 ГДж/га).

В досліді спостерігається закономірність, що відхилення від оптимальної ширини міжрядь та норми висіву насіння призводить до зниження урожайності сорго звичайного двокольорового, і як наслідок зменшення виходу біопалива та загальної енергії з нього, що пояснюється зміною площі живлення рослин.

Дослідження проведені в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України, свідчать, що найбільший розрахунковий вихід біопалива з одиниці площі отримано за сівби насіння сорго звичайного двокольорового з нормою висіву 200 тис. шт./га (табл. 6.7). При цьому за вирощування сортів Дніпровський 39 можна отримати 2,24 т/га біоетанолу, Самаран 6 – 1,95 т/га. За норми висіву 150 та 200 тис. шт./га вихід біоетанолу зменшувався і дорівнював 2,01 і 1,88 т/га для сорту Дніпровський 39 та 1,75 і 1,58 для сорту Самаран 6.

Таблиця 6.7

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від норм висіву насіння сорго звичайного двокольорового, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС

Сорт	Норма висіву, тис. шт./га	Вихід біоетанолу, т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га:		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
Дніпровський 39	150	2,01	7,65	50,27	124,63	174,91
	200	2,24	9,06	56,04	147,60	203,64
	250	1,88	7,99	46,98	130,28	177,26
Самаран 6	150	1,75	7,25	43,68	118,23	161,91
	200	1,95	8,34	48,63	135,93	184,55
	250	1,58	7,58	39,56	123,50	163,06
НІР _{0,05}		0,12	2,32	5,89	7,96	8,78

Із надземної маси, а саме стебел і листя сорго, можна виготовляти тверде паливо – брикети, пелети. Так, з гектара сорго звичайного двокольорового сорту

Дніпровський 39 можна отримати 9,06 т/га твердого палива. Для сорту Самаран 6 максимальний вихід твердого палива 8,34 т/га.

Зі зменшенням норми висіву насіння до 150 тис. шт./га та із збільшенням до 250 тис. шт./га кількість твердого палива з одиниці площі зменшувалась у обох сортів.

Кореляційно–регресійний аналіз даних показав сильну лінійну кореляцію між урожайністю зерна та виходом енергії з біоетанолу, а також між урожайністю біомаси та виходом енергії з твердого біопалива. Коефіцієнт кореляції та детермінації при цьому становив 1 (рис. 6.5).

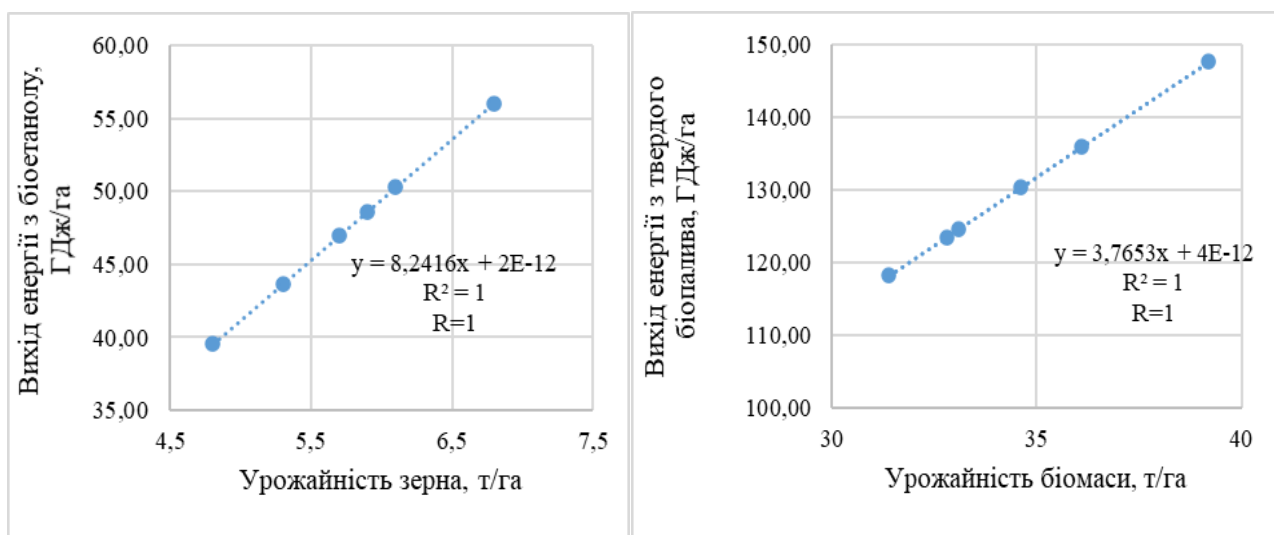


Рис. 6.5. Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю зерна і виходом енергії з біоетанолу, та урожайністю біомаси і виходом енергії з твердого палива, середнє за 2016–2020 рр., ІДСС

В умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України вихід біопалива та енергії з нього різнився залежно від норм висіву насіння (табл. 6.8). У сорту Дніпровський 39 вихід біоетанолу за найменшої норми висіву становив 0,90 т/га, у сорту Самаран 6 0,96 т/га, За норми висіву 200 та 250 вихід біоетанолу був вищий на 0,47 та на 0,07 т/га у сорту Дніпровський 39 та на 0,47 та на 0,07 т/га у сорту Самаран 6.

Вихід твердого палива залежно від норм висіву був в межах від 7,63 до 14,26 т/га у сорту Дніпровський 39 та від 7,99 до 14,15 т/га у сорту Самаран 6. Загальний вихід енергії був максимальним за норми висіву насіння 200 та 250 тис. шт./га і становив 266,76 та 201,30 ГДж/га у сорту Дніпровський 39 та 266,33 та 182,80 ГДж/га у сорту Самаран 6.

Таблиця 6.8

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від норм висіву насіння сорго звичайного двокольорового, середнє за 2016–2020 рр., ЯДСС

Сорт	Норма висіву, тис. шт./га	Вихід біоетанолу, т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га:		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
Дніпровський 39	150	0,90	7,63	22,50	124,42	146,92
	200	1,37	14,26	34,37	232,39	266,76
	250	0,97	10,87	24,15	177,16	201,30
Самаран 6	150	0,96	7,99	23,90	130,16	154,06
	200	1,43	14,15	35,69	230,65	266,33
	250	1,06	9,58	26,62	156,18	182,80
НІР _{0,05}		0,11	2,20	5,73	7,45	8,56

В умовах недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України найбільший вихід біопалива спостерігається за норми висіву 200 та 250 тис. шт./га при цьому у сортів вихід біоетанолу становив 2,46 та 2,65 т/га й 1,89 та 2,09 т/га відповідно. Вихід твердого палива за цих норм висіву становив 15,32 та 17,64 т/га у Дніпровський 39 й 12,40–13,48 т/га у Самаран 6. (табл. 6.9).

Таблиця 6.9

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від норм висіву насіння сорго звичайного двокольорового, середнє за 2016–2020 рр., ВПДСС

Сорт	Норма висіву, тис. шт./га	Вихід біоетанолу т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
Дніпровський 39	150	2,11	12,74	52,73	207,63	260,36
	200	2,46	15,32	61,52	249,64	311,17
	250	2,65	17,64	66,30	287,50	353,80
Самаран 6	150	1,59	10,15	39,75	165,48	205,24
	200	1,89	12,40	47,17	202,11	249,28
	250	2,09	13,48	52,15	219,71	271,86
НІР _{0,05}		0,14	2,40	5,92	7,93	8,74

Таким чином найнижча енергетична продуктивність сорго звичайного двокольорового відмічена за найменшої норми висіву насіння, при вирощуванні сорго у різних ґрунтово–кліматичних умовах.

6.3. Особливості формування енергетичної продуктивності сорго звичайного двокольорового залежно від сортових особливостей, доз мінеральних добрив, способів контролювання чисельності бур'янів

З'ясовано, що вихід біоетанолу залежить як від сортових особливостей, так і від доз застосування добрив. Найвищий вихід біоетанолу отримано за внесення дози добрив N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ та розрахункової дози сорту Дніпровський 39 – 1,98 та 1,82 т/га, сорту Вінець ці показники були дещо нижчими – 1,88 та 1,70 т/га. Найменшим вихід біоетанолу обох сортів був на контролі – без добрив та за дози добрив N₃₀P₃₀K₃₀ (рис. 6.10).

Суша маса сорго звичайного двокольорового є цінною сировиною для виробництва твердого біопалива: паливних гранул, брикетів. Так, з одного гектара сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 за збільшення дози добрив від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{120}P_{120}K_{120}$ можна отримати від 7,81 до 8,48 т/га твердого палива, сорту Вінець максимальний вихід твердого біопалива становив від 7,28 до 8,06 т/га.

Таблиця 6.10

Вихід біопалива та енергії з сорго звичайного двокольорового залежно від мінеральних добрив, середнє за 2016–2020 рр., БЦДСС

Сорт	Варіант	Вихід біоетанолу т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
Дніпровський 39	Без добрив (конт.)	1,14	7,21	28,4	117,5	145,9
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,29	7,81	32,2	127,3	159,5
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,52	7,97	38,0	129,9	167,9
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	1,71	8,32	42,7	135,9	178,6
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	1,98	8,48	49,6	138,2	187,8
	Розрахункова доза	1,82	8,35	45,4	135,6	181,0
Вінець	Без добрив (конт.)	0,89	6,79	22,3	110,7	133,0
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,15	7,28	28,8	118,6	147,4
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,48	7,60	37,0	123,9	160,9
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	1,67	7,78	41,8	126,9	168,7
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	1,88	8,06	46,9	131,4	178,3
	Розрахункова доза	1,70	7,81	42,5	127,3	169,8
$HN_{0,05}$		0,23	1,68	4,17	6,13	7,91

З врахуванням отриманого з 1 га посівів сортів сорго звичайного двокольорового біоетанолу та твердого біопалива розраховуємо вихід енергії

Найбільший загальний вихід енергії за вирощування сорту Дніпровський 39 становив 181,0 та 187,8 ГДж/га і відмічався за розрахункової дози добрив та $N_{120}P_{120}K_{120}$. Понад 80 % цієї енергії зосереджено у твердому біопаливі і лише близько 20 % – у біоетанолі.

Загальний вихід енергії від спалювання біоетанолу та твердого біопалива, отриманих з одного гектара посівів сорго звичайного двокольорового сорту Вінець був значно нижчим, порівняно з сортом Дніпровський 39.

За внесення добрив у розрахунковій дозі та у дозі $N_{120}P_{120}K_{120}$ загальний вихід енергії з одиниці площі для сорту Вінець становив 169,8 та 178,3 ГДж/га або меншим на 11,2 та 9,5 ГДж/га. Зменшення доз добрив призводило до зменшення енерговіддачі 1 га.

В умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України з вирощуваних культур найбільше отримано біоетанолу (1,05–1,14 т/га у сорту Дніпровський 39 та 0,99–1,09 т/га у Самаран 6) та твердого палива (10,95–12,59 т/га у сорту Дніпровський 39 та 10,53–12,22 т/га у Самаран 6) за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ (табл. 6.11). При цьому вихід енергії становив 26,37–28,43 ГДж/га та 24,64–27,20 ГДж/га з біоетанолу й 178,50–205,22 ГДж/га та 171,58–199,12 ГДж/га з твердого палива. А загальний вихід енергії також найвищим спостерігається за $N_{60}P_{60}K_{60}$ та подвійної дози добрив (204,87 та 233,65 ГДж/га у сорту Дніпровський 39, 196,22 та 226,32 у Самаран 6).

Дослідження проведені у зоні нестійкого та недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України показують, що із збільшенням доз добрив збільшується і вихід біопалива та енергії з нього (табл. 6.12).

Найменші показники енергетичної продуктивності спостерігаються у контролі. При цьому розрахунковий вихід біопалива знаходиться в межах від 1,58 до 1,75 у сорту Дніпровський 39 та від 1,32 до 1,39 т/га у сорту Самаран 6. Вихід твердого палива становив, відповідно – від 5,78 до 6,98 т/га та від 5,45 до 6,33 т/га. Загальний вихід енергії також був найнижчим і становив від 137,96 до 153,35 ГДж/га та від 121,76 до 137,93 ГДж/га.

Таблиця 6.11

**Розрахунковий вихід біопалива та енергії з сорго звичайного двокольорового
залежно від мінеральних добрив, середнє за 2018–2020 рр., ЯДСС**

Сорт	Доза добрив	Вихід біоетанолу т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	0,84	7,62	21,09	124,28	145,37
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,05	10,95	26,37	178,50	204,87
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,14	12,59	28,43	205,22	233,65
Самаран 6	Без добрив – контроль	0,83	6,65	20,69	108,46	129,15
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,99	10,53	24,64	171,58	196,22
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,09	12,22	27,20	199,12	226,32
НІР _{0,05}		0,12	1,33	2,35	7,59	8,22

Залежно від умов вирощування, внесення добрив у дозі N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ сприяло збільшенню виходу біопалива та енергії з нього – біоетанолу до 2,05–2,13 та 1,74–1,98 т/га, твердого палива до 6,72–9,94 т/га та 6,83–8,22 т/га. Загальний вихід енергії при цьому становив 162,87–213,30 ГДж/га та 154,86–183,49 ГДж/га, що вище за контроль на 18,05–39,09 % та 27,20–33,03 %.

Однією з найбільш важливих проблем землеробства є забур'яненість посівів сільськогосподарських культур. Бур'яни являються фактором, який призводить до зниження урожайності культурних рослин, погіршення якості продукції, є джерелом поширення шкідників і збудників хвороб, перешкоджають

впровадженню інтенсивних технологій, і як наслідок підвищують собівартість продукції, тощо [9, 10].

Таблиця 6.12

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з сорго звичайного двокольорового залежно від мінеральних добрив, середнє за 2018–2020 рр.

Сорт	Доза добрив	Вихід біостанолу, т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га		
				з біостанолу	з твердого палива	загальний
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	$\frac{1,58}{1,75}$	$\frac{6,98}{5,78}$	$\frac{39,61}{43,79}$	$\frac{113,75}{94,17}$	$\frac{153,35}{137,96}$
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	$\frac{1,97}{2,11}$	$\frac{8,77}{6,29}$	$\frac{49,30}{52,87}$	$\frac{142,89}{102,53}$	$\frac{192,20}{155,39}$
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	$\frac{2,05}{2,13}$	$\frac{9,94}{6,72}$	$\frac{51,23}{53,32}$	$\frac{162,07}{109,55}$	$\frac{213,30}{162,87}$
Самаран 6	Без добрив – контроль	$\frac{1,39}{1,32}$	$\frac{6,33}{5,45}$	$\frac{34,70}{33,0}$	$\frac{103,23}{88,75}$	$\frac{137,93}{121,76}$
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	$\frac{1,87}{1,59}$	$\frac{7,20}{6,60}$	$\frac{46,70}{39,73}$	$\frac{117,39}{107,58}$	$\frac{164,09}{147,30}$
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	$\frac{1,98}{1,74}$	$\frac{8,22}{6,83}$	$\frac{49,47}{43,52}$	$\frac{134,03}{111,34}$	$\frac{183,49}{154,86}$
NIP _{0,05}		$\frac{0,28}{0,31}$	$\frac{1,11}{1,18}$	$\frac{4,52}{4,60}$	$\frac{7,99}{8,12}$	$\frac{10,05}{11,20}$

У чисельнику – дані ІДСС, у знаменнику – дані ВПДСС

Бур'яни – це конкуренти сільськогосподарських культур за світло, воду й елементи живлення. Затримуючи ріст і розвиток культурних рослин, знижуючи їх урожайність більше ніж на 30–50%, вони негативно впливають не лише на продуктивність, а й якість отриманої рослинницької продукції, та на продукцію переробки сировини [11–13].

Дослідження з вивчення способів контролювання чисельності бур'янів в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України показали, що найбільш ефективним є хімічний спосіб обприскування посівів та ручне прополювання. На цих варіантах дослідів отриманий найвищий вихід біопалива та енергії (табл. 6.13).

Таблиця 6.13

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від способів контролювання чисельності бур'янів, 2016–2019 рр., БЦДСС

Сорт	Способи контролювання бур'янів	Вихід біоетанолу т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	0,91	5,62	22,65	91,56	114,21
	Механічний спосіб	1,44	6,65	35,93	108,46	144,39
	Хімічний спосіб	1,75	7,40	43,68	120,69	164,37
	Ручне прополювання (контроль 2)	2,11	8,52	52,81	138,83	191,64
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	0,77	5,32	19,32	86,74	106,06
	Механічний спосіб	1,20	6,77	29,96	110,28	140,24
	Хімічний спосіб	1,50	7,15	37,47	116,59	154,06
	Ручне прополювання (контроль 2)	2,04	8,48	51,10	138,27	189,37
НІР _{0,05}		0,29	1,14	5,63	9,86	10,23

Так, у сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 вихід біоетанолу становив 1,75 та 2,11 т/га, вихід твердого палива 7,40 та 8,52 т/га, вихід енергії при цьому був 43,68 та 52,81 ГДж/га з рідкого й 120,69 та 138,83 ГДж/га з твердого палива. Загальний вихід енергії становив 164,37 та 191,64 ГДж/га. У сорту Вінець ці показники були дещо нижчими ніж у сорту Дніпровський 38 і становили вихід біоетанолу – 1,50 та 2,04 т/га, вихід твердого палива – 7,15 та 8,48 т/га, вихід енергії, відповідно, 37,47 та 51,10 ГДж/га з рідкого й 116,59 та 138,27 ГДж/га з твердого палива. Загальний вихід енергії склав 154,06 та 189,37 ГДж/га.

За механічного способу спостерігається зменшення цих показників в обох сортів. У контролі 1 відмічено найнижчі показники виходу біопалива та енергії з нього.

Дослідження проведені на малопродуктивних землях Західного Лісостепу України показали, що найбільший розрахунковий вихід біоетанолу та твердого палива з одиниці площі отримано за вирощування сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 (1,29 т/га та 9,16 т/га) та Самаран 6 (1,16 т/га та 9,09 т/га) із застосуванням ручного прополювання, при цьому загальний вихід енергії становив 181,62 ГДж/га та 177,02 ГДж/га (табл. 6.14).

З застосуванням гербіциду вихід біоетанолу та твердого палива був нижчим на 13,2 та 9,6 % у сорту Дніпровський 39 та на 15,5 та 13,5 % у Самаран 6, а загальний вихід енергії менший на 10,2 та 14,1 %. За проведення механічного обробітку ґрунту, вихід біопалива також був нижчим, відповідно, на 24,8 та 19,1 % і на 18,1 – 20,0 %, загальний вихід енергії при цьому був нижчим на 20,4 та 19,6 %.

Найнижчі показники виходу біопалива та енергії отримано у контролі 1 без прополювання.

Кореляційно–регресійний аналіз отриманих даних показав сильну поліноміальну кореляцію між урожайністю зерна та виходом біоетанолу, яка виражена рівнянням: $Y = -0,0286x^2 + 0,4155x - 0,1579$ (Дніпровський 39) та $Y = 0,0114x^2 - 0,0076x + 0,8237$ (Самаран 6), де Y – вихід біоетанолу, x – урожайність

зерна (рис. 6.6). При цьому коефіцієнт кореляції та детермінації становив: $R^2=0,959$ та $R=0,979$ (Дніпровський 39) та $R^2=0,773$ та $R=0,879$ (Самаран 6).

Таблиця 6.14

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від способів контролювання чисельності бур'янів, 2018–2020 рр., ЯДСС

Сорт	Способи контролювання бур'янів	Вихід біоетанолу т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	0,78	5,81	19,39	94,73	114,12
	Механічний спосіб	0,95	7,41	23,73	120,75	144,48
	Хімічний спосіб	1,12	8,28	27,99	135,00	162,99
	Ручне прополювання (контроль 2)	1,29	9,16	32,25	149,36	181,62
Самаран 6	Без прополювання (контроль 1)	0,84	5,97	20,93	97,28	118,21
	Механічний спосіб	0,95	7,27	23,87	118,43	142,30
	Хімічний спосіб	0,95	7,86	23,87	128,14	152,01
	Ручне прополювання (контроль 2)	1,16	9,09	28,88	148,14	177,02
НІР _{0,05}		0,30	1,11	5,60	9,80	10,21

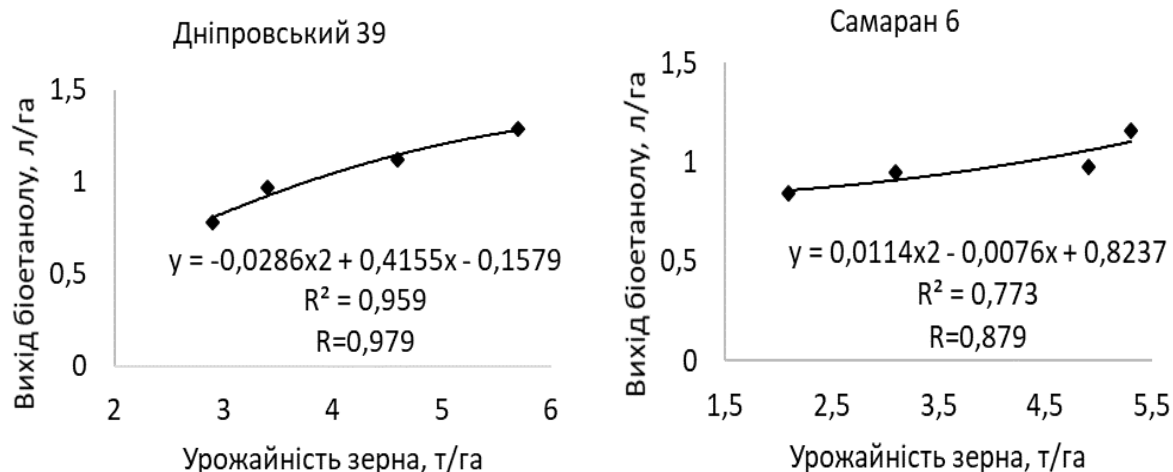


Рис. 6.6. Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю зерна та виходом біоетанолу, 2018–2020 рр., ЯДСС

Відмічена сильна кореляція між урожайністю біомаси та виходом твердого палива (рис. 6.7). Коефіцієнт детермінації та кореляції становив: $R^2=0,857$ та $R=0,926$ (Дніпровський 39) та $R^2=0,998$ та $R=0,999$ (Самаран 6).

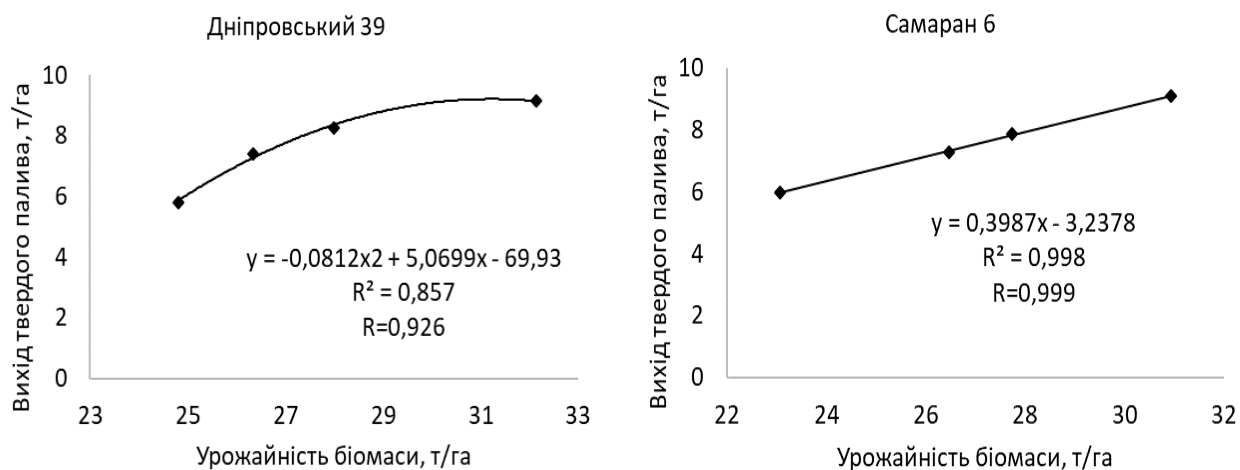


Рис. 6.7. Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю біомаси та виходом твердого палива, 2018–2020 рр., ЯДСС

Кореляційно-регресійний аналіз даних показав високу кореляцію між урожайністю зерна та виходом енергії з біоетанолу, при цьому Коефіцієнт

детермінації та кореляції становив: $R^2=0,757$ та $R=0,870$, і між урожайністю біомаси та виходом енергії з твердого палива відмічений сильний зв'язок, при цьому коефіцієнт детермінації та кореляції становив: $R^2=0,914$ та $R=0,956$ (рис. 6.8).

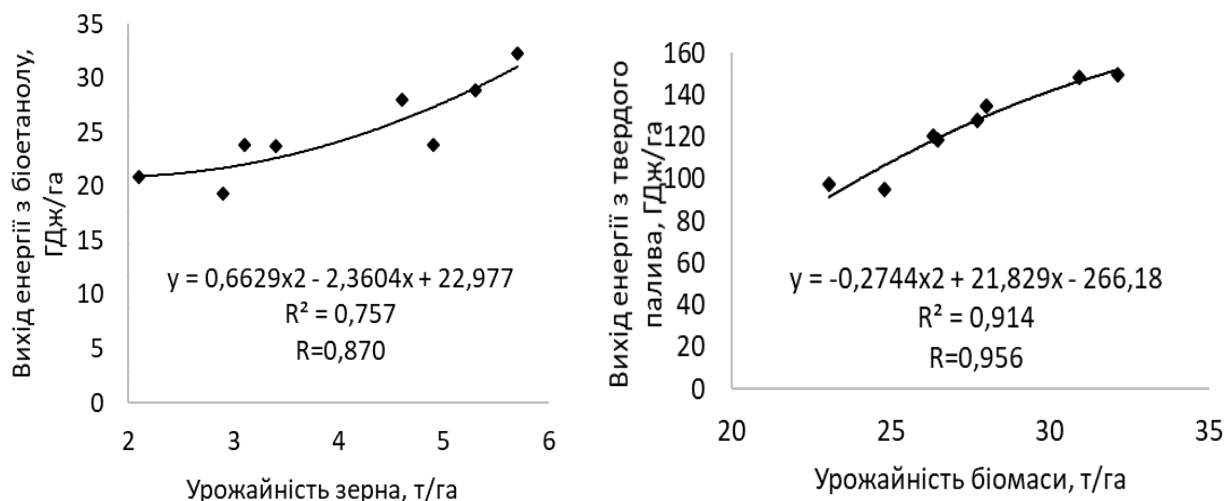


Рис. 6.8. Кореляційно-регресійний зв'язок між урожайністю зерна та виходом енергії з біоетанолу й між урожайністю біомаси та виходом енергії з твердого палива, 2018–2020 рр., ЯДСС

Аналогічна тенденція спостерігається і за вирощування сорго звичайного двокольорового в умовах недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України (табл. 6.15).

Високий розрахунковий вихід біопалива – біоетанолу 1,88 т/га у сорту Дніпровський та 1,75 т/га у сорту Самаран 6; твердого палива 9,64 т/га у сорту Дніпровський 39 та 9,21 у Самаран 6 та сумарний вихід енергії, відповідно – 204,05 та 198,88 ГДж/га отриманий у варіанті, де проводили ручне прополювання. Дещо менші показники отримані за механічного та хімічного способу. І найнижчий вихід біопалива та енергії спостерігається у варіанті контроль 1 – без прополювання. При цьому вихід біоетанолу становив у сортів 0,93 та 0,68 т/га, вихід твердого палива 6,27 та 6,20 т/га, загальний вихід енергії становив, відповідно, 125,56 та 118,0 ГДж/га.

Таблиця 6.15

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від способів контролювання чисельності бур'янів, 2018–2020 рр., ВПДСС

Сорт	Способи контролювання бур'янів	Вихід біоетанолу т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	0,93	6,27	23,29	102,27	125,56
	Механічний спосіб	1,11	6,94	27,70	113,17	140,87
	Хімічний спосіб	1,51	7,67	37,87	125,01	162,88
	Ручне прополювання (контроль 2)	1,88	9,64	46,92	157,13	204,05
Самаран 6	Без прополювання (контроль 1)	0,68	6,20	16,95	101,06	118,01
	Механічний спосіб	1,02	7,26	25,40	118,31	143,71
	Хімічний спосіб	1,61	7,95	40,34	129,63	169,97
	Ручне прополювання (контроль 2)	1,75	9,21	43,73	150,14	193,88
НІР _{0,05}		0,16	1,58	3,69	10,01	12,36

Таким чином, отримати високу енергетичну продуктивність сорго звичайного двокольорового можна забезпечивши захист посівів від бур'янів впродовж всього періоду вегетації. Високий рівень забур'яненості посівів

призводить не лише до зниження продуктивності та якості продукції, а й зниження виходу біопалива та енергії з нього. Тому вивчення способів контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго є одним з перспективних напрямків досліджень.

Вирощування сортів сорго різних груп стиглості і в різних ґрунтово-кліматичних умовах показало, що перевагу мали ранньо– та середньостиглі сорти (табл. 6.16). Так, в умовах Білоцерківської ДСС за вирощування ранньостиглого гібрида Сват та сорту Смотрич розрахунковий вихід біоетанолу становив 1,32 та 1,50 т/га, твердого палива 11,72 та 11,92 т/га. Сумарний вихід енергії становив 223,90 та 231,89 ГДж/га. У пізньостиглого сорту Ярона з одиниці площі можна отримати 1,15 т/га біоетанолу, 9,28 т/га твердого палива, і 179,88 ГДж/га сумарної енергії.

Таблиця 6.16

Розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього залежно від стиглості сортів та умов вирощування, (2020–2022 рр.)

Умови проведення досліджень	Сорт/гібрид	Вихід біоетанолу т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га		
				з біоетанолу	з твердого палива	загальний
БЦДСС	Сват	1,32	11,72	32,89	191,01	223,90
	Смотрич	1,50	11,92	37,60	194,28	231,89
	Ярона	1,15	9,28	28,64	151,23	179,88
ЯДСС	Сват	1,08	16,89	26,91	275,34	302,25
	Смотрич	1,16	16,82	29,11	274,11	303,23
	Ярона	1,03	13,04	25,82	212,58	238,40
НІР _{0,05}		0,07	0,26	1,14	7,89	8,23

В умовах Ялтушківської ДСС за вирощування ранньостиглого гібрида Сват вихід біоетанолу був меншим на 0,24 т/га, а твердого палива навпаки більше на 5,17 т/га, що пояснюється більшою урожайністю біомаси. І загальний вихід енергії був вищим на 78,35 ГДж/га. У середньостиглого сорту Смотрич та пізньостиглого Ярона спостерігається така ж тенденція: вихід біоетанолу менший, але твердого палива більше. І загальний вихід енергії був також вищим.

В Україні є всі об'єктивні передумови для організації виробництва біоетанолу у значних масштабах. Однак науковий прогрес у галузі можливостей, перспектив та ефективності використання біологічного палива є незначним, тому більшість ключових питань у цій галузі залишаються відкритими для дослідження

Доцільність цього визначатиметься наявністю доступної і дешевої рослинної сировини. Найбільш перспективними з цієї точки зору є посіви сорго звичайного двокольорового, які характеризуються високим потенціалом продуктивності, мають підвищені показники посухо-жаростійкості та солестійкості. Містять більшу частину своєї енергії в речовинах, які легко перетворюються на етанол. У зерні сорго вихід крохмалю значно вищий ніж, наприклад, вихід крохмалю з кукурудзи. У США сорго є основною культурою у виробництві біоетанолу – забезпечує вихід спирту на 25–30 % вищий, ніж у кукурудзи та пшениці [14].

Енергетичними культурами для виробництва етанолу в Європейській кліматичній зоні вважаються рослини з великим вмістом цукру та крохмалю – зернові, картопля, цукрові буряки, кукурудза на зерно.

При спалюванні таких енергоресурсів відбувається природний обмін речовин, а вуглекислий газ, який утворюється, знову поглинається рослинами. Отже, для збереження природних ресурсів і поліпшення стану екології наукою пропонується замкнутий цикл обміну споживання та відтворення енергії, яка є біопаливом.

Біопаливо – це накопичена на основі фотосинтезу сонячна енергія. Його перевагами є екологічна чистота та можливість виробництва енергоресурсів з

відновлювальної сировини. Біопалива у вигляді біоетанолу, твердого палива, біодизелю та біогаз [14].

Однією з важливих складових, для виробництва біопалива і одержання якісної сировини, є вміст хімічних елементів у рослинній сировині, яка в свою чергу залежить від умов та елементів технології вирощування, сортових особливостей, удобрення тощо [15, 16].

В Україні не розроблені чіткі стандарти щодо якості на деревні паливні гранули й сировину для їх виробництва, також відсутні вимоги на рівні законодавства обов'язкової сертифікації такої продукції, багато виробників в Україні націлені на стандарти західних країн. Проте, не існує на сьогодні єдиного Європейського стандарту на пелети, а ті, які є, охоплюють не тільки стандарти на пелети, а також стандарти на їх виробництво, транспортування і зберігання, тому в основному використовується німецький стандарт DINplus.

Не всі рештки рослин, що використовуються як паливо містять позитивну характеристику. А саме наявність хлору у сировині сприяє утворенню в процесі спалювання таких сполук, як хлорид калію і хлорид натрію. Ці сполуки, особливо за високих температур, призводять до корозії сталевих елементів енергетичного обладнання [17].

Дослідження з вмісту хімічних елементів у сировині сорго звичайного двокольорового проводили у досліді де вивчалися різні дози добрив, так як за вивчення інших елементів технологій значних коливань їх вмісту не спостерігалось.

Аналізуючи результати досліджень, встановлено, що вміст хлору в рослинній сировині досліджуваних культур був низьким ($<0,1\%$), ці результати підтверджують точку зору інших авторів [17, 18], які стверджують, що за спалювання біоенергетичної сировини не виникатиме проблем з корозією елементів енергетичного обладнання, так як вміст хлору в сировині є низьким (табл. 6.17).

Таблиця 6.17

Вміст сирової золи, сірки та хлору в сировині сорго звичайного двокольорового залежно від мінеральних добрив, середнє за 2016 – 2019 рр., БЦДСС

Сорт	Варіант	Зола	Сірка	Хлор
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	2,25	0,034	0,036
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,33	0,037	0,038
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,62	0,040	0,039
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,89	0,043	0,041
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,14	0,046	0,043
	Розрахункова доза	2,61	0,041	0,040
Вінець	Без добрив – контроль	2,27	0,040	0,037
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,36	0,043	0,038
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,65	0,045	0,041
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	2,87	0,048	0,042
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,10	0,049	0,043
	Розрахункова доза	2,64	0,046	0,040
НІР _{0,05}		0,09	0,002	0,003

Проте за спалювання сировини, яка містить в своєму складі сірку, утворюється діоксин сірки, який являється потужним забруднювачем атмосферного повітря.

Результати отриманих досліджень показали, що вміст сірки в рослинній сировині сорго значно менший ніж наприклад у сировині стебел соняшнику та соломи пшениці [17, 19].

Одним із параметрів, який регламентують європейські стандарти є зольність. Порівнюючи отримані результати досліджень із даними інших авторів [17, 19–21], варто зазначити, що у сировині сорго звичайного двокольорового

вміст сирої золи майже у два рази менший в порівнянні з сировиною кукурудзи та майже у чотири рази – з сировиною соняшника. За умов використання сировини сорго на біоенергетичні цілі це вказує на позитивний фактор.

Варто зазначити, що вміст сирої золи і сірки в стеблах сорго звичайного двокольорового менший ніж у соломі пшениці, стебел соняшнику і кукурудзи [17, 19–21].

Якщо порівняти із вмістом золи у вербі та тополі (24–26), то зольність сировини з сорго звичайного двокольорового, трохи вища і є на рівні як в соломі пшениці і міскантусу [22–25].

Всі енергетичні культури мають доволі високу температуру плавлення золи, що є позитивним в порівнянні із соломою. Підвищена зольність пов'язана з швидким зростанням метаболізму – здатністю швидкого накопичення поживних речовин [22].

Висновки до розділу 6

1. Встановлено, що застосування стимулятора росту впливало на вихід біопалива і максимуму сягав за оброблення насіння та обприскування посівів і становив: біоетанолу – 2,37 т/га, а розрахунковий вихід енергії при цьому був 59,13 ГДж/га; твердого палива – 11,14 т/га, вихід енергії при цьому становив 181,52 ГДж/га. На інших варіантах дослідів ці дані були дещо нижчими.

2. Кореляційно-регресійний аналіз даних показав сильну залежність виходу біоетанолу від урожайності зерна. Коефіцієнт кореляції був $R=0,99$, а коефіцієнт детермінації становив $R^2=0,99$. Залежність виходу твердого палива від урожайності біомаси можна описати поліноміальним рівнянням другого порядку: $y=0,0338x^2 - 1,6556x + 27,035$, при цьому коефіцієнт кореляції становив $R=0,9936$, а коефіцієнт детермінації $R^2=0,9869$.

3. Встановлено, що найбільший розрахунковий вихід біопалива та енергії з нього отримано за оптимальних строків сівби у всіх ґрунтово-кліматичних зонах вирощування. Кореляційно–регресійний аналіз даних показав, що між

урожайністю та виходом біопалива, а також між урожайністю і виходом енергії відмічена сильна лінійна кореляція. Коефіцієнт кореляції при цьому склав $R=1$, коефіцієнт детермінації відповідно становив $R^2=1$.

4. Досліджено, що максимальний вихід біопалива та енергії з нього отримано за широкорядної сівби 45 та 70 см і оптимальної норми висіву 200–250 тис. шт./га залежно від досліджуваних умов вирощування.

5. Найвищий вихід біопалива та загальної енергії з нього отримано за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60} - N_{120}P_{120}K_{120}$ (БЦДСС ЯДСС, ІДСС та ВПДСС) та розрахунковій (БЦДСС).

6. Встановлено, що найбільш ефективним є хімічний спосіб контролювання чисельності бур'янів гербіцидом та ручне прополювання, за яких отриманий найвищий вихід біопалива та енергії. Кореляційно–регресійний аналіз отриманих даних показав сильну поліномальну кореляцію між урожайністю зерна та виходом біоетанолу, яка виражена рівнянням: $y = -0,0286x^2 + 0,4155x - 0,1579$ (Дніпровський 39) та $y = 0,0114x^2 - 0,0076x + 0,8237$ (Самаран 6). При цьому коефіцієнт кореляції та детермінації становив: $R^2=0,974$ та $R=0,9794$ (Дніпровський 39) та $R^2=0,7815$ та $R=0,8794$ (Самаран 6). Відмічена сильна кореляція між урожайністю біомаси та виходом твердого палива. При цьому коефіцієнт детермінації та кореляції становив: $R^2=0,995$ та $R=0,9260$ (Дніпровський 39) та $R^2=0,9992$ та $R=0,9996$ (Самаран 6).

7. Досліджено, що в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України, за вирощування ранньостиглого гібрида Сват та Смотрич розрахунковий вихід біоетанолу становив 1,32 та 1,50 т/га, твердого палива 11,72 та 11,92 т/га. Сумарний вихід енергії становив 223,90 та 231,89 ГДж/га. У пізньостиглого сорту Ярона з одиниці площі можна отримати 1,15 т/га біоетанолу, 9,28 т/га твердого палива, і 179,88 ГДж/га сумарної енергії.

8. В умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України за вирощування ранньостиглого гібрида Сват вихід біоетанолу був меншим на 0,24 т/га, а твердого палива навпаки більше на 5,17 т/га, що пояснюється більшою урожайністю біомаси. І загальний вихід енергії був вищим на

78,35 ГДж/га. У середньостиглого сорту Смотрич та пізньостиглого Ярона спостерігається така ж тенденція: вихід біоетанолу менший, але твердого палива більше. І загальний вихід енергії був також вищим.

Література до розділу 6

1. Пришляк Н. В., Токарчук Д. М., Паламаренко Я. В. Забезпечення енергетичної та екологічної безпеки держави за рахунок біопалива з біоенергетичних культур і відходів. Вінниця : Консоль, 2019. 248 с.
2. Кюрчев В. М., Дідур В. А., Грачова Л. І. Альтернативне паливо для енергетики АПК / за ред. В. А. Дідура. Київ : Аграрна освіта, 2012. 416 с.
3. Калетнік Г. М., Токарчук Д. М., Скорук О. П. Організація і економіка використання біоресурсів. 2-ге вид., переробл. і доп. Вінниця : Друк, 2020. 372 с.
4. Калетник Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні. Київ : Аграрна наука, 2008. 464 с.
5. Корчемний М. О., Федорейко В. С., Щербань В. В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль : Підручник та посібник, 2001. 984 с.
6. Rivero R. M., Mittler R., Blumwald E., Zandalinas S. I. Developing climate-resilient crops: improving plant tolerance to stress combination. *Plant Journal*. 2022. Vol. 109, Iss. 2. P. 373–389. <https://doi.org/10.1111/tpj.15483>
7. Takanashi H. Genetic control of morphological traits useful for improving sorghum. *Breeding Science*. 2023. Vol. 73, Iss. 1. P. 57–69. <https://doi.org/10.1270%2Fjsbbs.22069>
8. Von Pinho R. G., Silva E. V. V., Oliveira T. L. et al. Breeding sorghum for grain, forage and bioenergy in Brazil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 2022. Vol. 21. Article ID e1275.
9. Курдюкова О. М., Тишук О. П. Забур'яненість ґрунту насінням бур'янів та заходи її зменшення. *Захист і карантин рослин*. 2019. Вип. 65. С. 100–110. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2019.65.100-110>

10. Гутянський Р. А., Попов С. І., Костромітін В. М. та ін. Вплив основного обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість посівів соняшнику. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. № 1. С. 60–68. [https://doi.org/10.31521/2313-092x/2021-1\(109\)-8](https://doi.org/10.31521/2313-092x/2021-1(109)-8)
11. Ткаченко М. А., Задубинна Є. В., Цюк О. А., Кондратюк І. М. Моніторинг забур'яненості посівів сої у короткоротаційній сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 7. С. 29–35. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202207-03>
12. Грицюк Н. В., Плотницька Н. М., Тимощук Т. М. та ін. Вплив обробітків ґрунту на забур'яненість посівів пшениці озимої в умовах Полісся України. *Scientific Horizons*. 2020. № 5. С. 15–21. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-90-5-15-21>
13. Кирилюк В. П., Тимощук Т. М., Шульга С. Ю. Формування бур'янового компоненту агрофітоценозу гірчиці білої залежно від агротехнічних заходів. *Scientific Horizons*. 2018. № 7–8. С. 116–124.
14. Калетнік Г. М., Пришляк В. М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України. Київ : Аграрна наука, 2010. 327 с.
15. Кляченко О. Л., Коломієць Ю. В. Цукрові буряки. Біологія. Фізіологія. Біотехнологія. Київ : НУБіП України, 2013. 350 с.
16. Крайсвітній П. А., Кулик М. І., Рій О. В. Світчграс як енергоємна сировина для виробництва біопалива. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2012. № 1. С. 41–47.
17. Гелету́ха Г. Г., Желєзна Т. А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. *Аналітична записка БАУ № 7*. Київ : Біоенергетична асоціація України, 2014. 32 с.
18. Karampisin E., Vamvuka D., Sfakiotakisetal S. Comparative Study of Combustion Properties of Five Energy Crops and Greek Lignite. *Energy & Fuels*. 2012. Vol. 26, Iss. 2. P. 869–878. <https://doi.org/10.1021/ef2014088>
19. База даних, створена в ході виконання завдання 32 Міжнародного Енергетичного Агентства. URL: <http://www.ieabcc.nl/>

20. Morey R. V., Hatfield D. L., Sears R. et al. Fuel properties of biomass feed streams at ethanol plants. *Applied Engineering in Agriculture*. 2009. Vol. 25, Iss. 1. P. 57–64. <https://doi.org/10.13031/2013.25421>

21. Wachendorf M. Thermal use of agricultural biomass. *BOVA course «Energy Crops and Biomass Production»* (Tartu, Estonia, March 3–7, 2018). Tartu, 2008. 212 p.

22. Гелету́ха Г. Г., Же́лєзна Т. А., Три́бой О. В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. *Аналітична записка БАУ № 10*. Київ : Біоенергетична асоціація України, 2014. 34 с.

23. Gudka B. A. Combustion characteristics of some imported feedstocks and short rotation coppice (SRC) willow for UK power station : PhD thesis, University of Leeds. Leeds, 2008. 271 p. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/9848269.pdf>

24. Energy from field energy crops: a handbook for energy procers / AEBIOM. 2009. URL: <http://www.aebiom.org/wpcontent/uploads/file/Publications/Handbook%20for%20energy%20producers.pdf>

25. New dedicated energy crops for solid biofuels. AEBIOM-FP6RESTMAC. 2008. URL: http://www.aebiom.org/IMG/pdf/Dedicated_energy_crops_for_solid_biofuels_2008_January.pdf

За даними розділу опубліковано шість друкованих праць:

1. Правдива Л. А. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сорго зернового та вихід біопалива. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 5 (818). С. 23–29. doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-03

2. Правдива Л. А. Енергетична продуктивність сорго зернового та соризу залежно від строків сівби насіння. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2022. Вип. 30 (44). С. 215–223. [doi.org/ 10.31473/2305-5987-2022-1-30\(44\)-22](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30(44)-22)

3. Правдива Л. А. Гончарук Г. С. Вплив строків сівби на біоенергетичну продуктивність сорго зернового та соризу. *Біоенергетика*. 2022. № 1-2 (19-20), С. 51–52

4. Правдива Л. А. Енергетична продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) moenh) та соризу (*Sorghum oryroidum*) залежно від норм висіву насіння. *Зернові культури*. 2023. Том 7. № 1. С. 106–112. doi.org/10.31867/2523-4544/0265

5. Правдива Л. А., Ганженко О. М., Гончарук Г. С. Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) та соризу (*S. oryroidum*) залежно від методів контролювання чисельності бур'янів. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Вип. 19. № 3. С. 176–184. doi.org/10.21498/2518-1017.19.3.2023.287641

6. Pravdyva L., Prysiazhniuk O., Khakhula V., Fedoruk Y., Shushkivska N. Seed Yield and the Possibility of Biofuel Production from Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24 (5), 2023. P. 94–99. DOI: 10.12912/27197050/163715

РОЗДІЛ 7

МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО

Оцінка врожайності сільськогосподарських культур має базуватися на точних методах вимірювань, а самі дані оцінювань важливі для вирішення питань вдосконалення агротехніки, та формування різнорівневих питань продовольчої політики [1, 2].

На даний час значного поширення набули супутникові методи дистанційного зондування, що використовуються для прогнозування врожайності. За рахунок того що супутники охоплюють великі території, то використання даних отриманих за допомогою супутникових зображень стає все більш широким явищем в моделюванні росту та розвитку сільськогосподарських культур та прогнозуванні урожайності [3, 4].

Однак, більшість досліджень пов'язаних з супутниковими моделями зосереджено на статистичному аналізі на основі лінійного аналізу зв'язків між урожайністю сільськогосподарських культур та індексами вегетації, отриманими з оптичних супутникових датчиків [1–7]. Окрім індексів рослинності, для оцінки врожайності сільськогосподарських культур також використовують дані елементів погоди, вологості ґрунту, внесення добрив, тощо. Однак, загалом цей тип моделювання лише набуває популярності та має ряд складностей і обмежень що стосуються передусім використання супутника та виду і якості інформації отриманої за допомогою його [8, 9].

Серед застосовуваних моделей прогнозування емпіричні моделі мають значне поширення та високу точність прогнозування завдяки відносній простоті користування, збирання та опрацювання даних [10, 11]. Однак, зв'язки між змінними та врожайністю сільськогосподарських культур не завжди можна з'ясувати за допомогою лінійних рівнянь [12]. Тому при виборі моделей слід комбінувати різні варіанти як отримання даних так і обробки їх з позицій всебічного аналізування експериментального матеріалу для формування

достовірних висновків [13, 21].

Серед показників що характеризують особливості формування врожаю сільськогосподарськими культурами, в тому числі й сорго звичайним двокольоровим можна виділити такі як стабільність та пластичність врожаю [14, 15].

Стабільність врожаю означає здатність сільськогосподарських культур продукувати приблизно однаковий врожай впродовж тривалого періоду, незалежно від змін у внутрішніх і зовнішніх факторах. Забезпечення стабільності врожаю важливо для забезпечення продовольством і зменшення ризиків для сільськогосподарських виробництв [15, 16].

Пластичність врожаю вказує на здатність культур адаптуватися до змінних умов середовища та враховувати різні агротехнічні вимоги. Сільськогосподарські культури з високою пластичністю можуть реагувати на зміни в кліматі, ґрунтових умовах, водопостачанні та інших факторах, що дозволяє максимально використовувати можливості свого регіону і мінімізувати втрати врожаю через негативні впливи навколишнього середовища [16, 17].

А тому збалансована комбінація стабільності і пластичності врожаю є ключовою для успішного сільського господарства, оскільки вона дозволяє справлятися з різними викликами і забезпечує стійкий розвиток галузі. Для досягнення цих характеристик сільськогосподарські господарства використовують різні методи, включаючи вибір відповідних сортів культур, застосування оптимальних агротехнічних методів і використання новітніх технологій [18–20].

Саме для визначення реакції досліджуваних сортів сорго на формування умов навколишнього середовища (регіональний аспект) та вплив елементів технології вирощування (локальні технологічні впливи) проведемо дослідження стабільності та пластичності формування врожаю.

Значення екологічної стабільності та пластичної урожайності сорго визначали в програмі PTC Mathcad Prime 3.1 згідно методики Eberhart S. A., Russel W. A [21].

Проаналізуємо особливості умов формування урожайності сорго звичайного двокольорового залежно від обробки посівів та насіння стимулятором росту (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

**Характеристика умов формування урожайності сорго звичайного
двокольорового залежно від застосування стимулятора росту**

Варіант		Позначення варіантів	Зерно	Біомаса
Оброблення насіння	Оброблення водою – контроль	C_1	-	висока пластичність
	Оброблення стимулятором росту	C_2	-	висока пластичність, інтенсивний
Обприскування посівів	Насіння без оброблення + обприскування посівів стимулятором росту рослин	C_3	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	C_4	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів

За урожайністю зерна сорго оброблене стимулятором на період активного розвитку мало високі показники пластичності та інтенсивності формування врожаю зерна, а от за урожайністю біомаси ми спостерігали низьку пластичність та ліміт факторів обумовлені скоріш за все дефіцитом елементів живлення на формування надмірної біомаси посівів сорго. Водночас за застосування оброблення насіння стимулятором росту рослини більш активно розвивались на початкових фазах а тому мали кращу доступність елементів живлення та як наслідок – інтенсивного формування біомаси. А тому при програмуванні типу розвитку – на накопичення біомаси або ж формування високого врожаю насіння слід враховувати час застосування стимулятора росту.

Формування умов до високої пластичності урожайності та інтенсивного типу розвитку сорго означає що за застосування додаткових елементів впливу ми можемо отримати більшу продуктивність культури. Тобто по суті метод

стабільності та пластичності формування врожаю сорго розглядається нами як спосіб оптимізації технології шляхом встановлення особливостей впливу окремих елементів її загалом на урожайність зерна та біомаси.

Проведемо групування варіантів вирощування сорго звичайного двокольорового за оброблення посівів та насіння стимулятором росту за комплексом факторів (рис. 7.1).

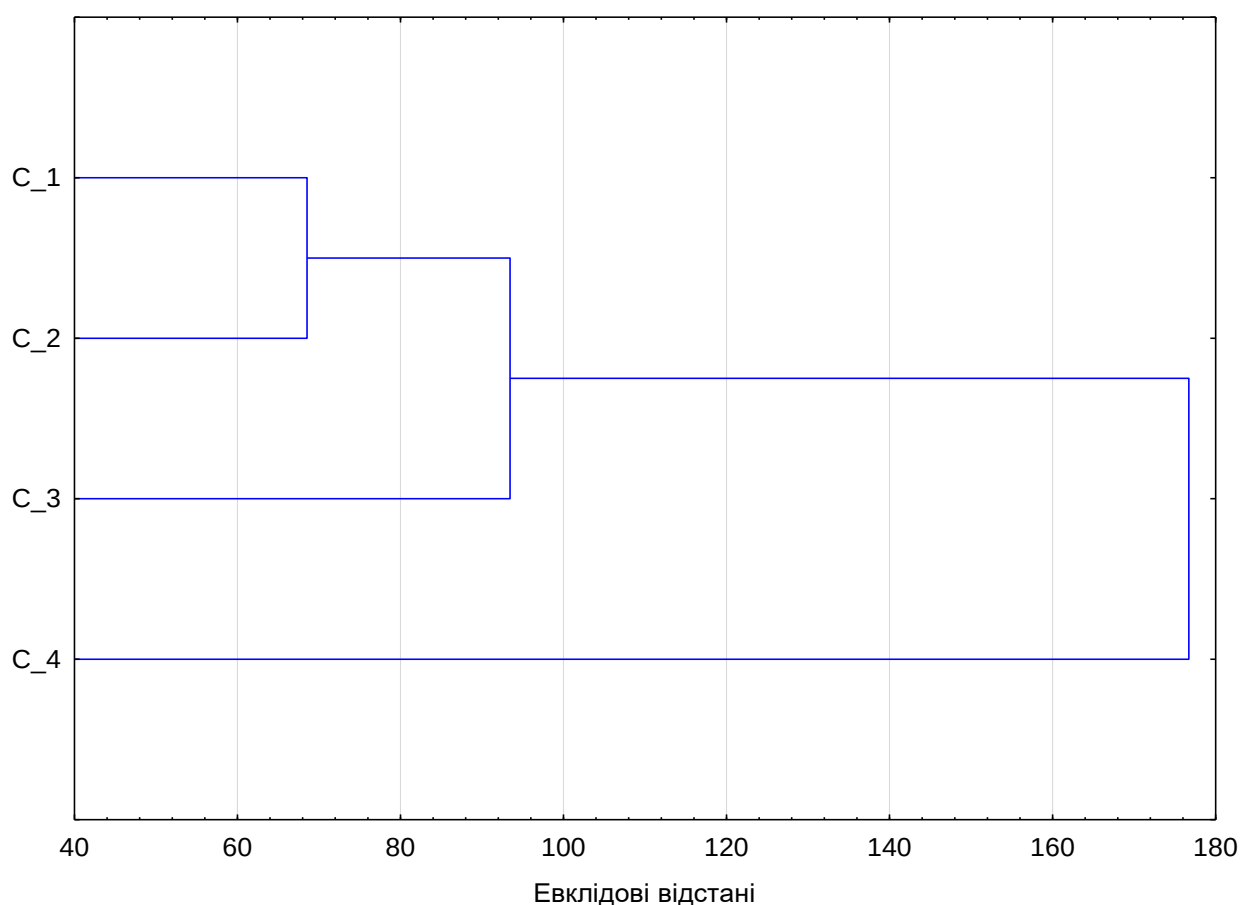


Рис. 7.1. Кластеризація варіантів вирощування сорго звичайного двокольорового за оброблення посівів та насіння стимулятором росту за комплексом факторів (урожайність зерна та біомаси, вміст сухої речовини, довжина та маса волоті, кількість зерен, маса зерен, маса 1000, вміст білка, жиру, золи, клітковини та крохмалю)

Комплексне формування показників якості та структури урожаю питання більш складне та залежне від усіх факторів технології вирощування. Як бачимо

з рисунку, оброблення насіння стимулятором росту недостатньо для формування істотних змін в показниках якості та структури урожаю сорго і тільки варіанти на яких застосовували обробку посівів по вегетації та комбінували її з обробленням насіння істотно відрізнялись за показниками від базових.

Оцінимо також умови формування урожайності сортів сорго залежно від строків сівби та глибини загортання насіння (таблиця 7.2).

Таблиця 7.2

Характеристика умов формування урожайності сортів сорго залежно від строків сівби та глибини загортання насіння

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Глибина загортання насіння, см	Позначення варіантів	Зерно	Біомаса
1	2	3	4	5	6
Дніпровський 39	5–6 °С	2	С_1	висока пластичність	-
		4	С_2	висока пластичність	-
		6	С_3	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
		8	С_4	висока пластичність	висока пластичність
	12–14 °С	2	С_5	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів
		4	С_6	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
		6	С_7	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність, інтенсивний
		8	С_8	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
	16–18 °С	2	С_9	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність
		4	С_10	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність, інтенсивний
		6	С_11	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
		8	С_12	-	висока пластичність

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6
Вінець	5–6 °C	2	C_13	-	-
		4	C_14	-	-
		6	C_15	-	низька пластичність, ліміт факторів
		8	C_16	-	висока пластичність
	12–14 °C	2	C_17	висока пластичність, інтенсивний	-
		4	C_18	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
		6	C_19	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
		8	C_20	висока пластичність	висока пластичність
	16–18 °C	2	C_21	-	-
		4	C_22	висока пластичність	висока пластичність
		6	C_23	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
		8	C_24	-	-

За агротехнічними факторами вирощування оптимальні умови для формування високої пластичності сорго сорту Дніпровський 39 з інтенсивним типом розвитку складались при висіванні насіння у III декаді квітня на глибину 6 см та за висівання в II декаді травня на глибину 6 см. При цьому такі строки та глибини висівання насіння сприяли отриманню високих показників стабільності та пластичності формування ознак сорго як за урожайністю зерна так і біомаси.

Також для цього сорту висока пластичність та інтенсивний тип розвитку спостерігались за урожайністю зерна при вирощуванні в II декаді травня з глибиною висіву 2 см та за урожайністю біомаси в цій же декаді з глибиною висіву 6 см та 4 см. В сорту Вінець гарна пластичність та інтенсивний тип розвитку формування урожайності зерна спостерігався за вирощування його з висіванням в II декаді травня та глибиною 2 см.

Отримана висока пластичність та інтенсивний тип розвитку не означає що це гарантовано найвища урожайність з року в рік. Однак, не варто забувати що однозначно за таких умов рослини формують стабільно високу урожайність з

року в рік, що перевищує середні значення та наближається до максимальної продуктивності в досліді.

Також слід не забувати що за інтенсивного типу розвитку посіви реагують позитивно на застосування додаткових факторів живлення і це є тим базисом за якого можна отримати гарні показники продуктивності [23].

Розглянемо також особливості кластеризації варіантів вирощування сортів сорго за різних строків сівби та глибини загортання насіння за комплексом факторів (рис. 7.2).

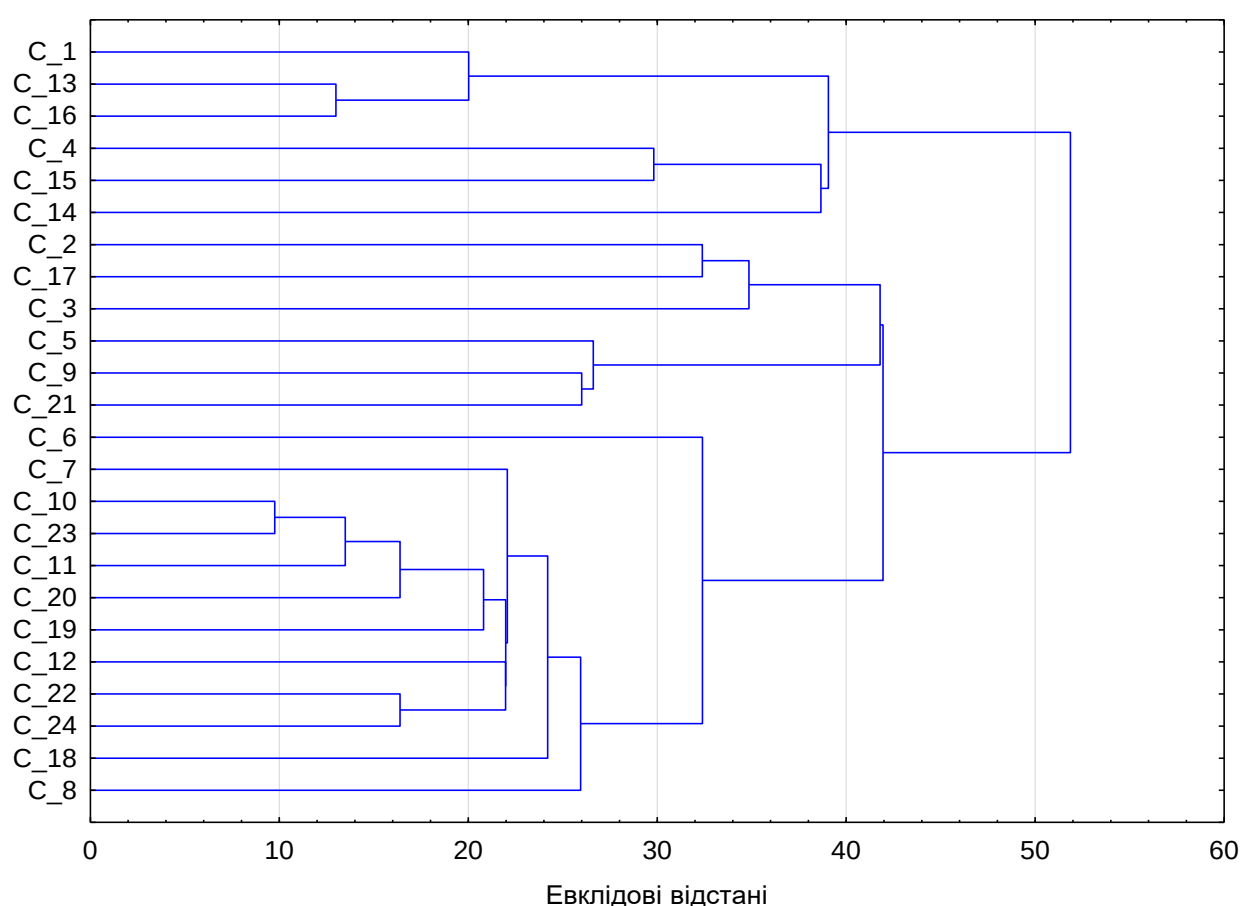


Рис. 7.2. Кластеризація варіантів вирощування сортів сорго за різних строків сівби та глибини загортання насіння за комплексом факторів (урожайність зерна та біомаси, вміст сухої речовини, довжина та маса волоті, кількість зерен, маса зерен, маса 1000, вміст білка, жиру, золи, клітковини та крохмалю)

За кластеризацією, серед найбільш близьких співпадінь варіантів дослідів можна виділити С 13 та С 16 і ще С 10 та С 23 розташовані в різних групах кластерів.

Проведемо оцінювання також умов формування урожайності сортів сорго залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння (таблиця 7.3).

Таблиця 7.3

Характеристика умов формування урожайності сортів сорго залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння

Сорт	Ширина міжрядь, см	Норма висіву, тис. шт./га	Позначення варіантів	Зерно	Біомаса
Дніпровський 39	15	150	С_1	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність
		200	С_2	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
		250	С_3	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність, інтенсивний
	45	150	С_4	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
		200	С_5	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
		250	С_6	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів
	70	150	С_7	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
		200	С_8	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність, інтенсивний
		250	С_9	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
Вінець	15	150	С_10	-	-
		200	С_11	висока пластичність	-
		250	С_12	висока пластичність	-
	45	150	С_13	-	-
		200	С_14	-	висока пластичність, інтенсивний
		250	С_15	-	-
	70	150	С_16	-	-
		200	С_17	-	висока пластичність
		250	С_18	-	-

Якщо детально аналізувати пластичність та інтенсивність типу розвитку, то в сорту Дніпровський 39 за ширини міжрядь 15 см отримано ці показники за вирощування з нормою 150 та 200 тис. шт./га, за ширини міжрядь 45 см з нормою в 200, а за ширини в 70 см з нормою в 250 тис. шт./га по урожайності як біомаси, так і зерна. Також окремо спостерігались гарні умови для формування урожайності зерна за ширини міжрядь в 45 см та норми висіву 250 тис. шт./га.

Сорт Вінець за своїми показниками норми реакції був близький в основному до середньогрупових показників і лише за ширини міжрядь 45 см та норми висіву 200 тис. шт./га отримано гарні умови формування посівами біомаси загалом.

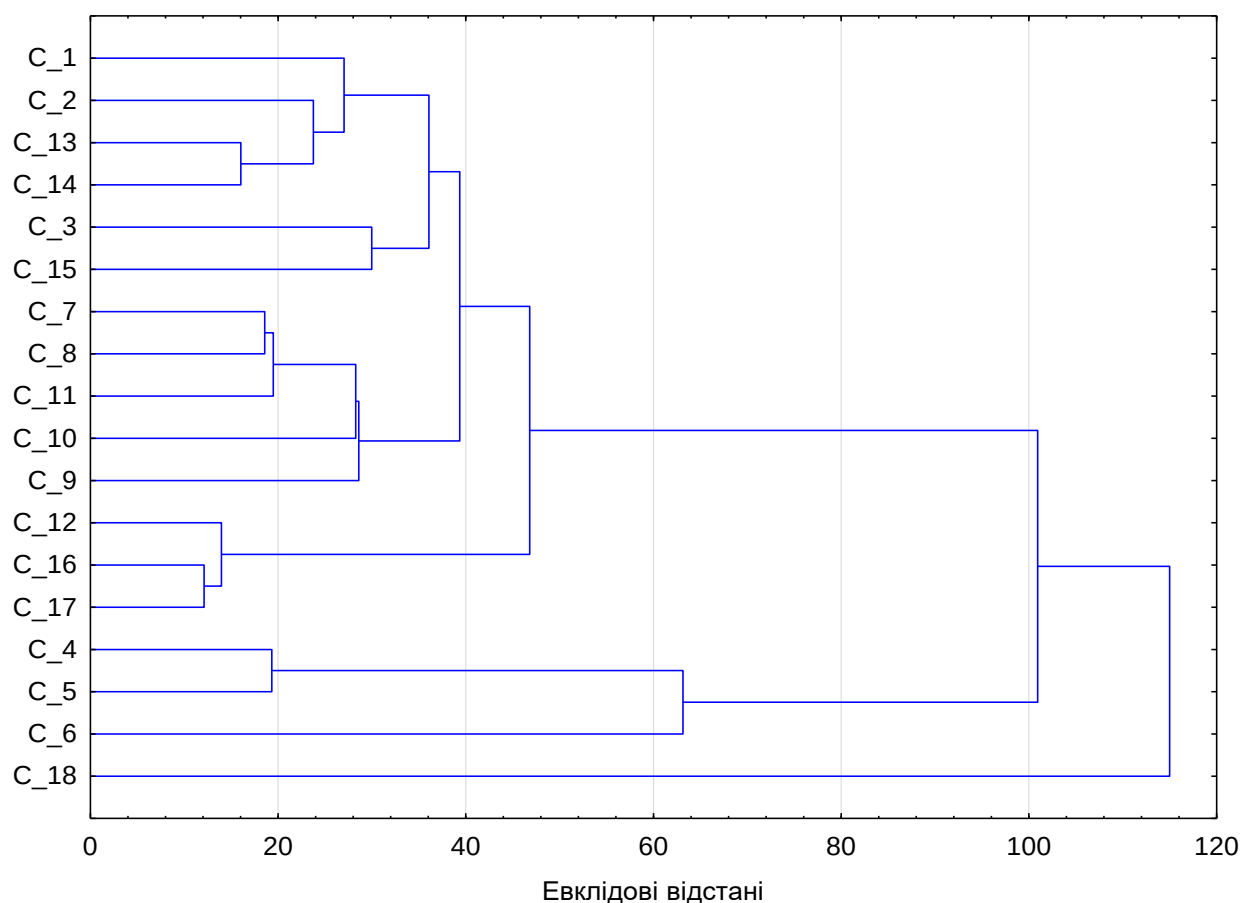


Рис. 7.3. Кластеризація варіантів вирощування сортів сорго залежно від ширини міжрядь та норми висіву за комплексом факторів (урожайність зерна та біомаси, вміст сухої речовини, довжина та маса волоті, кількість зерен, маса зерен, маса 1000, вміст білка, жиру, золи, клітковини та крохмалю)

За показниками кластеризації варіантів вирощування сортів сорго залежно від ширини міжрядь та норми висіву за комплексом факторів нами отримано більш контрастні взаємодії впливів (рис. 7.3). Встановлено, що подібними по формуванню ознак є варіанти вирощування сорту Дніпровський з шириною 15 см та нормою висіву 150 та 200 тис. шт./га та сорту Вінець з шириною 45 см та аналогічними нормами 150 та 200 тис. шт./га.

За вирощування рослин сорту Дніпровський 39 з шириною міжрядь в 70 см та нормою висіву 150 та 200 тис. шт./га отримано досить близькі показники як за вирощування сорту Вінець з шириною міжрядь 15 см та нормою 150 та 200 тис. шт./га.

Також доволі близькими за комплексом ознак структури врожаю виявились варіанти вирощування сорту Вінець з шириною міжрядь в 15 см та нормою 250 тис. шт./га і з шириною міжрядь в 70 см та нормою посівів 150 та 200 тис. шт./га.

Варіанти вирощування сорту Дніпровський 39 з шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 150 та 200 тис. шт./га є теж доволі подібні за нормою реакції прояву біометричних ознак. До них примикає варіант норма висіву 250 тис. шт./га, однак він є досить віддалений від перших двох. Віддаленість цього варіанту дозволяє підтвердити сортову подібність реакції на агротехнічні фактори однак Евклідові відстані засвідчують про значний розрив між отриманими показниками. Отже, норма реакції притаманна для досліджуваного сорту, а величина показників – кардинально інша.

Хочеться звернути увагу на показники сорту Вінець в плані як визначення його стабільності та пластичності формування врожаю так і в контексті кластеризації за комплексом параметрів структури врожаю. На нашу думку потрібно подальше оптимізувати агротехніку вирощування цього сорту, так як він потребує інших норм висіву і ширини міжрядь, оскільки на досліджуваних його потенціал продуктивності не був розкрити в повній мірі.

Проаналізуємо також умови формування урожайності сортів сорго залежно від доз мінерального удобрення (таблиця 7.4).

Таблиця 7.4

Характеристика умов формування урожайності сортів сорго залежно від мінеральних добрив

Сорт	Доза добрив	Позначення варіантів	Зерно	Біомаса
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	C_1	-	висока пластичність
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	C_2	-	висока пластичність, інтенсивний
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	C_3	-	висока пластичність, інтенсивний
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	C_4	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	C_5	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
	Розрахункова доза	C_6	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів
Вінець	Без добрив (контроль)	C_7	-	-
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	C_8	висока пластичність	висока пластичність
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	C_9	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	C_10	низька пластичність, ліміт факторів	-
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	C_11	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
	Розрахункова доза	C_12	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний

Фактор удобрення допоміг розкрити більш повно можливості досліджуваних сортів і за застосування N₉₀P₉₀K₉₀ а також розрахункової дози сорт Дніпровський 39 мав високі умови формування врожаю насіння, а за доз N₃₀P₃₀K₃₀ та N₆₀P₆₀K₆₀ – біомаси.

Щодо сорту Вінець, то кращою для формування як врожаю насіння так і врожаю біомаси була розрахункова доза добрив. Також висока ефективність формування зерна спостерігалась за вирощування його з удобренням N₆₀P₆₀K₆₀.

Слід також відмітити, що високі дози добрив в N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ обидва сорти не змогли ефективно використати і реалізувати на них свій генетичний потенціал. А для сорту Вінець надмірною була й доза добрив в N₉₀P₉₀K₉₀.

Аналіз кластерів отриманих від порівняння комплексу елементів

структури врожаю показує нам що найбільш близькими за реакцією були варіанти удобрення сорту Дніпровський 39 розрахунковою дозою та $N_{90}P_{90}K_{90}$ а також $N_{120}P_{120}K_{120}$ (рис. 7.4) а також удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ цього сорту та сорту Вінець з розрахунковою та дозою $N_{120}P_{120}K_{120}$.

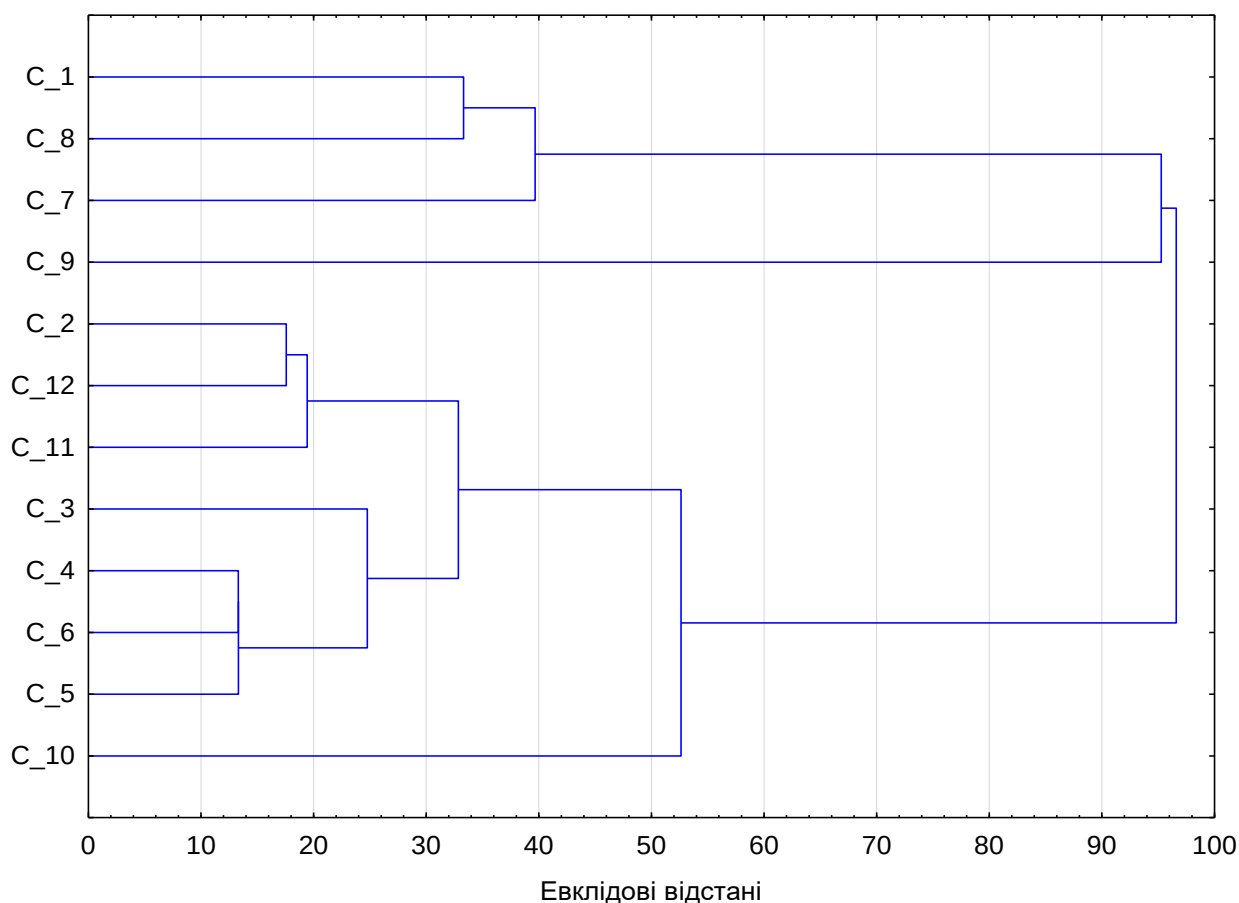


Рис. 7.4. Кластеризація варіантів вирощування сортів сорго залежно від доз мінеральних добрив за комплексом факторів (урожайність зерна та біомаси, вміст сухої речовини, довжина та маса волоті, кількість зерен, маса зерен, маса 1000, вміст білка, жиру, золи, клітковини та крохмалю)

Проаналізуємо також умови формування урожайності сортів сорго залежно від доз мінеральних добрив та місця вирощування (таблиця 7.5).

Таблиця 7.5

**Характеристика умов формування урожайності сортів сорго залежно від
мінеральних добрив та місця вирощування**

Сорт	Варіант	Позначення варіантів	Зерно	Біомаса
ЯДСС				
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	C_1	-	висока пластичність, інтенсивний
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	C_2	висока пластичність	висока пластичність, інтенсивний
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	C_3	висока пластичність	низька пластичність, ліміт факторів
Самаран 6	Без добрив – контроль	C_4	-	висока пластичність
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	C_5	висока пластичність	висока пластичність, інтенсивний
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	C_6	-	висока пластичність, інтенсивний
ІДСС				
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	C_7	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	C_8	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	C_9	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
Самаран 6	Без добрив – контроль	C_10	висока пластичність	висока пластичність
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	C_11	низька пластичність, ліміт факторів	-
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	C_12	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
ВПДСС				
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	C_13	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	C_14	висока пластичність, інтенсивний	-
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	C_15	низька пластичність, ліміт факторів	-
Самаран 6	Без добрив – контроль	C_16	висока пластичність	-
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	C_17	висока пластичність, інтенсивний	-
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	C_18	висока пластичність, інтенсивний	-

За показниками формування врожаю насіння сорго звичайного двокольорового в умовах ЯДСС нами не було виявлено інтенсивного типу

розвитку досліджуваних сортів. Натомість висока пластичність та інтенсивний тип розвитку був притаманний сорту Дніпровський 39 за вирощування без добрив та з дозою $N_{60}P_{60}K_{60}$ по формуванню врожаю біомаси. Аналогічно в сорту Самаран 6 за біомасою кращі показники були за удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$.

В умовах ІДСС гарний врожай зерна можна було отримати в сорту Дніпровський 39 за удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ а на ВПДСС за аналогічної дози добрив та в сорту Самаран 6 за удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$.

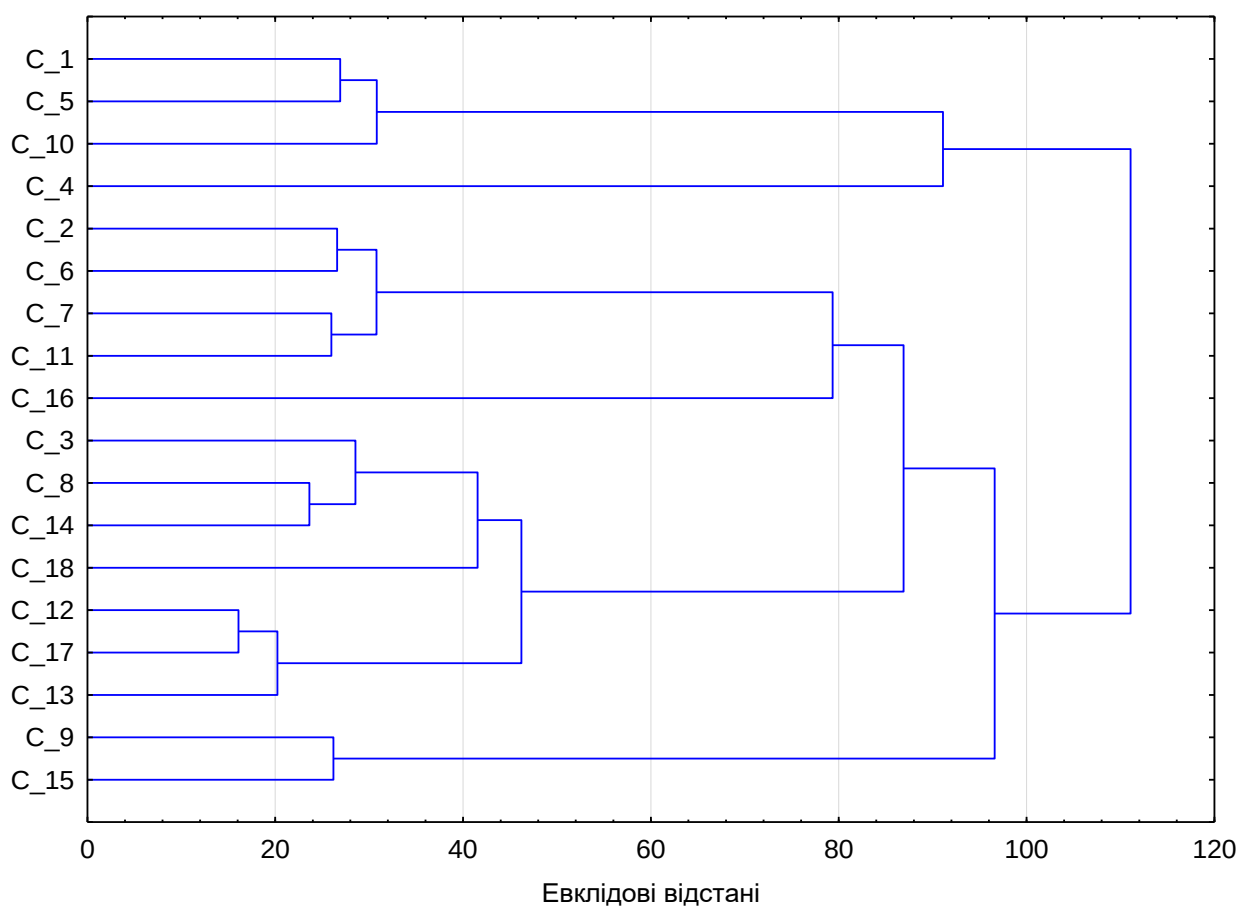


Рис. 7.5. Кластеризація варіантів вирощування сортів сорго залежно від доз мінеральних добрив та місця вирощування за комплексом факторів (урожайність зерна та біомаси, вміст сухої речовини, довжина та маса волоті, кількість зерен, маса зерен, маса 1000, вміст білка, жиру, золи, клітковини та крохмалю)

За проявом комплексу ознак при кластеризації (рис. 7.5) ми не знайшли чітко пояснюваних закономірностей залежно від впливу мінерального удобрення, єдиним виключенням є групування в одному кластері ознак отриманих в сорту Дніпровський 39 в умовах ІДСС та ВПДСС за вирощування з дозою добрив в $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Також визначимо особливості формування урожайності сортів сорго залежно від способу контролювання бур'янів (таблиця 7.6).

Таблиця 7.6

Характеристика умов формування урожайності сортів сорго залежно від способу контролювання бур'янів, БЦДСС

Сорт	Спосіб контролювання бур'янів	Позначення варіантів	Зерно	Біомаса
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	C_1	висока пластичність	висока пластичність
	Механічний спосіб	C_2	висока пластичність	-
	Хімічний спосіб	C_3	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність, інтенсивний
	Ручне прополювання (контроль 2)	C_4	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	C_5	-	висока пластичність
	Механічний спосіб	C_6	-	-
	Хімічний спосіб	C_7	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність
	Ручне прополювання (контроль 2)	C_8	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів

Доволі цікаві дані отримано нами за умов вирощування сорго звичайного двокольорового на БЦДСС при різному захисті посівів від бур'янів. Так, очевидно, що в сорту Дніпровський 39 від застосування хімічного способу захисту спостерігався стрес викликаний впливом гербіциду, що обмежило його продуктивні можливості накопичення врожаю зерна. Водночас, на цьому варіанті захисту, за формуванням біомаси нами було відмічено оптимальні умови до реалізації біологічного потенціалу сорту. А максимум до реалізації біологічного потенціалу рослин цілком закономірно що можна було спостерегти

за ручного прополювання – як найбільш не пригнічуючого способу контролювання чисельності бур'янів. А в сорту Вінець оптимальні умови до формування врожаю зерна склались за хімічного способу і ручного прополювання. А от прояв ознак структури врожаю потребує додаткового вивчення (рис. 7.6).

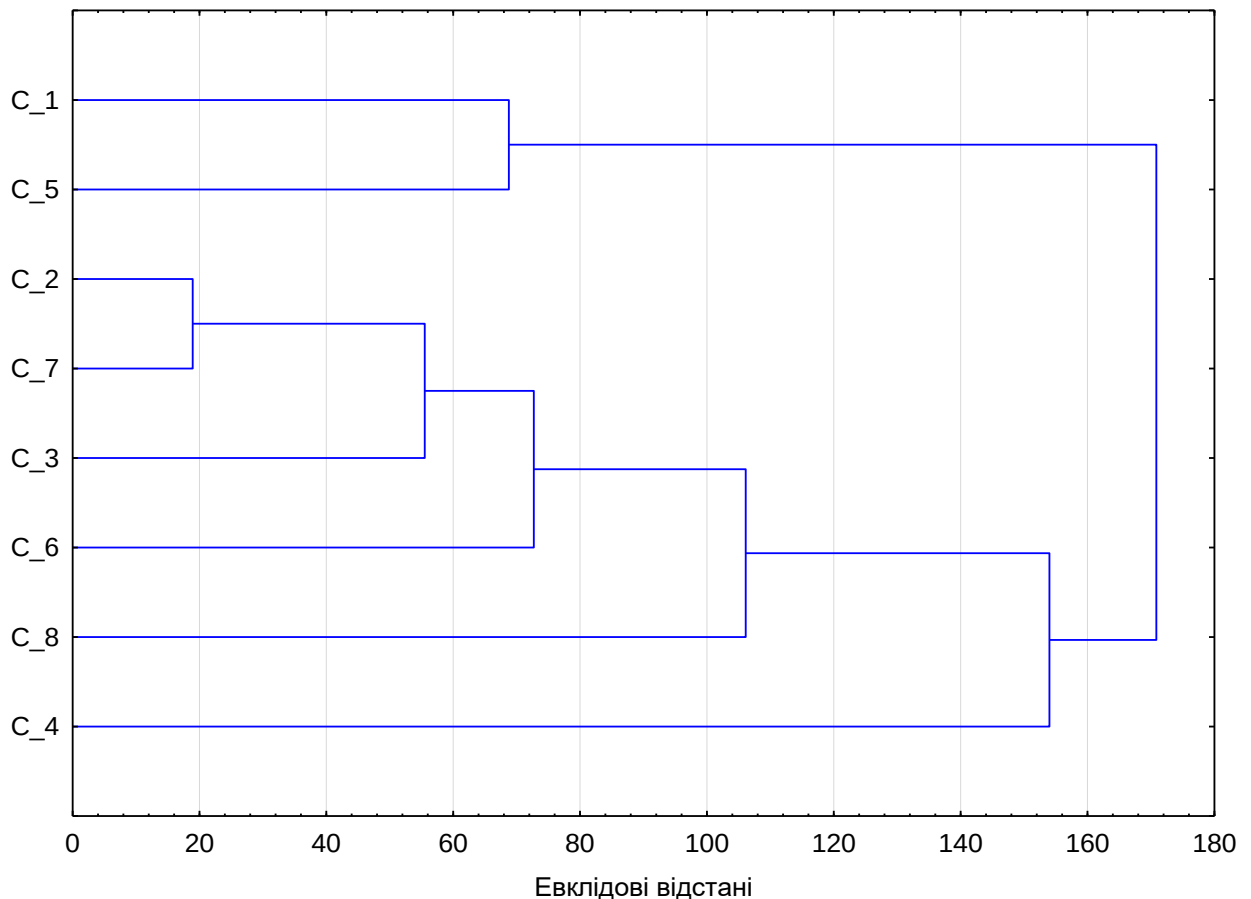


Рис. 7.6. Кластеризація варіантів вирощування сортів сорго залежно від способів контролювання чисельності бур'янів за комплексом факторів (урожайність зерна та біомаси, вміст сухої речовини, довжина та маса волоті, кількість зерен, маса зерен, маса 1000, вміст білка, жиру, золи, клітковини та крохмалю)

Визначимо особливості формування урожайності сортів сорго залежно від способу контролювання чисельності бур'янів в різних зонах (таблиця 7.7).

Таблиця 7.7

Характеристика умов формування урожайності сортів сорго залежно від способу контролювання чисельності бур'янів в різних умовах вирощування

Сорт	Спосіб контролювання бур'янів	Позначення варіантів	Зерно	Біомаса
ЯДСС				
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	C_1	-	-
	Механічний спосіб	C_2	висока пластичність	висока пластичність, інтенсивний
	Хімічний спосіб	C_3	висока пластичність	низька пластичність, ліміт факторів
	Ручне прополювання (контроль 2)	C_4	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	C_5	висока пластичність	-
	Механічний спосіб	C_6	-	-
	Хімічний спосіб	C_7	висока пластичність	низька пластичність, ліміт факторів
	Ручне прополювання (контроль 2)	C_8	-	висока пластичність, інтенсивний
ВПДСС				
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	C_9	висока пластичність	висока пластичність
	Механічний спосіб	C_10	-	висока пластичність
	Хімічний спосіб	C_11	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність, інтенсивний
	Ручне прополювання (контроль 2)	C_12	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	C_13	-	-
	Механічний спосіб	C_14	-	висока пластичність
	Хімічний спосіб	C_15	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
	Ручне прополювання (контроль 2)	C_16	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність, інтенсивний

За вирощування сорго звичайного двокольорового в умовах ЯДСС механічний спосіб контролювання посівів від бур'янів у сорту Дніпровський 39 сприяв високій реалізації формування рослинами біомаси, а ручне прополювання – урожайності зерна. Аналогічно, ручне прополювання посівів сорту Вінець

сприяло формуванню високих умов до накопичення біомаси. А в умовах ВПДСС за вирощування сорту Дніпровський 39 ручне прополювання формувало оптимальні умови до утворення врожаю зерна та біомаси, а також біомаси сорту Вінець. В той же час хімічний спосіб захисту посівів сприяв формуванню високих показників біомаси в сорту Дніпровський 39 та зерна і біомаси в сорту Вінець.

Проаналізуємо також результати кластеризації варіантів вирощування сортів сорго (рис. 7.7).

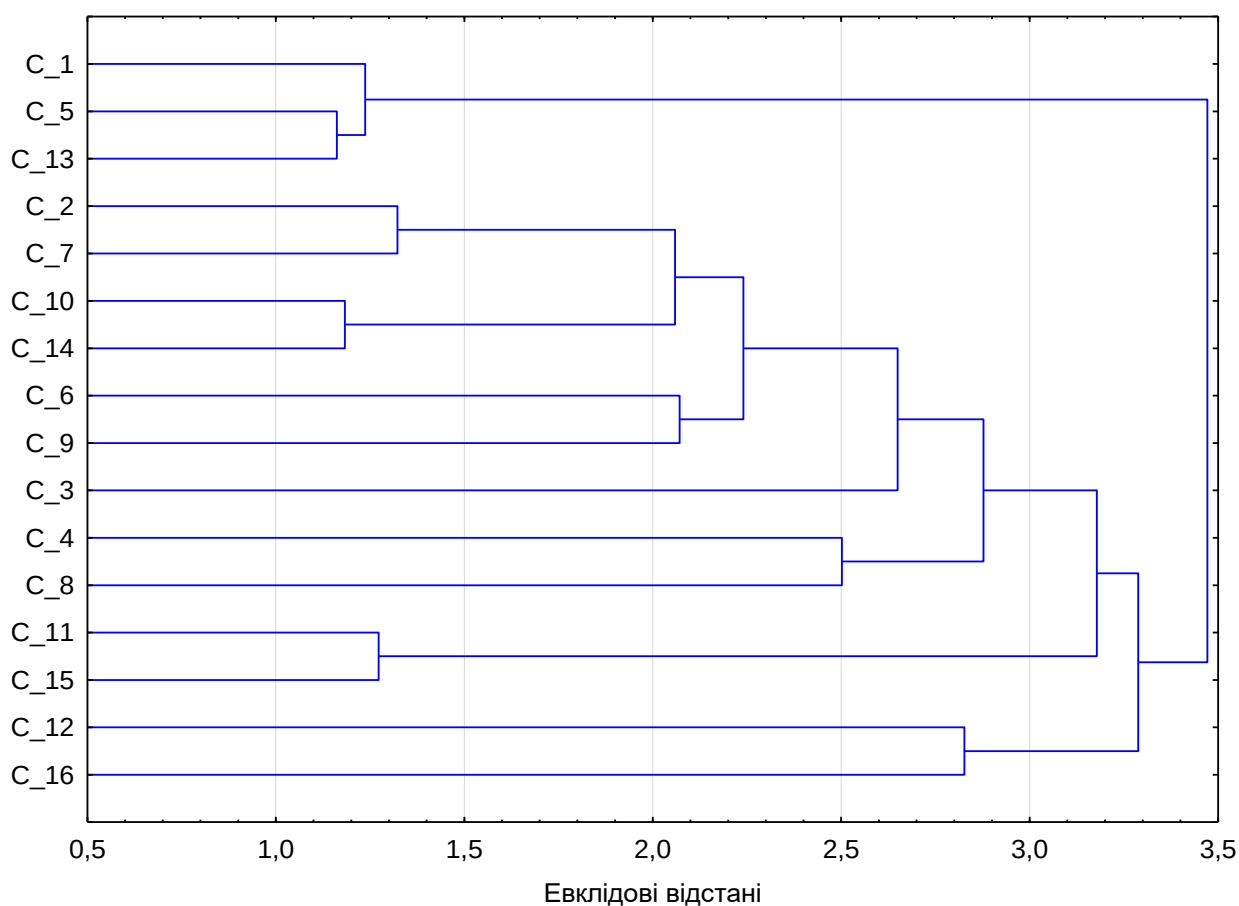


Рис. 7.7. Кластеризація варіантів вирощування сортів сорго залежно від методу контролювання бур'янів в різних зонах вирощування за комплексом факторів (урожайність зерна та біомаси)

За комплексом факторів без прополювання контроль 1, 5 та 13 належать до одного кластера. Також в умовах ВПДСС є спільний кластер, що стосується

виращування різних сортів сорго та проведення на їх посівах механічних обробітків для захисту від бур'янів. Аналогічно згруповані й ознаки за хімічними обробітками в умовах ВПДСС, що вказує на крайню важливість правильного вибору способів захисту посівів сорго звичайного двокольорового в умовах дефіциту опадів.

Також порівнюємо сорти сорго різної групи стиглості за комплексом факторів впливу на структуру врожаю (рис. 7.8).

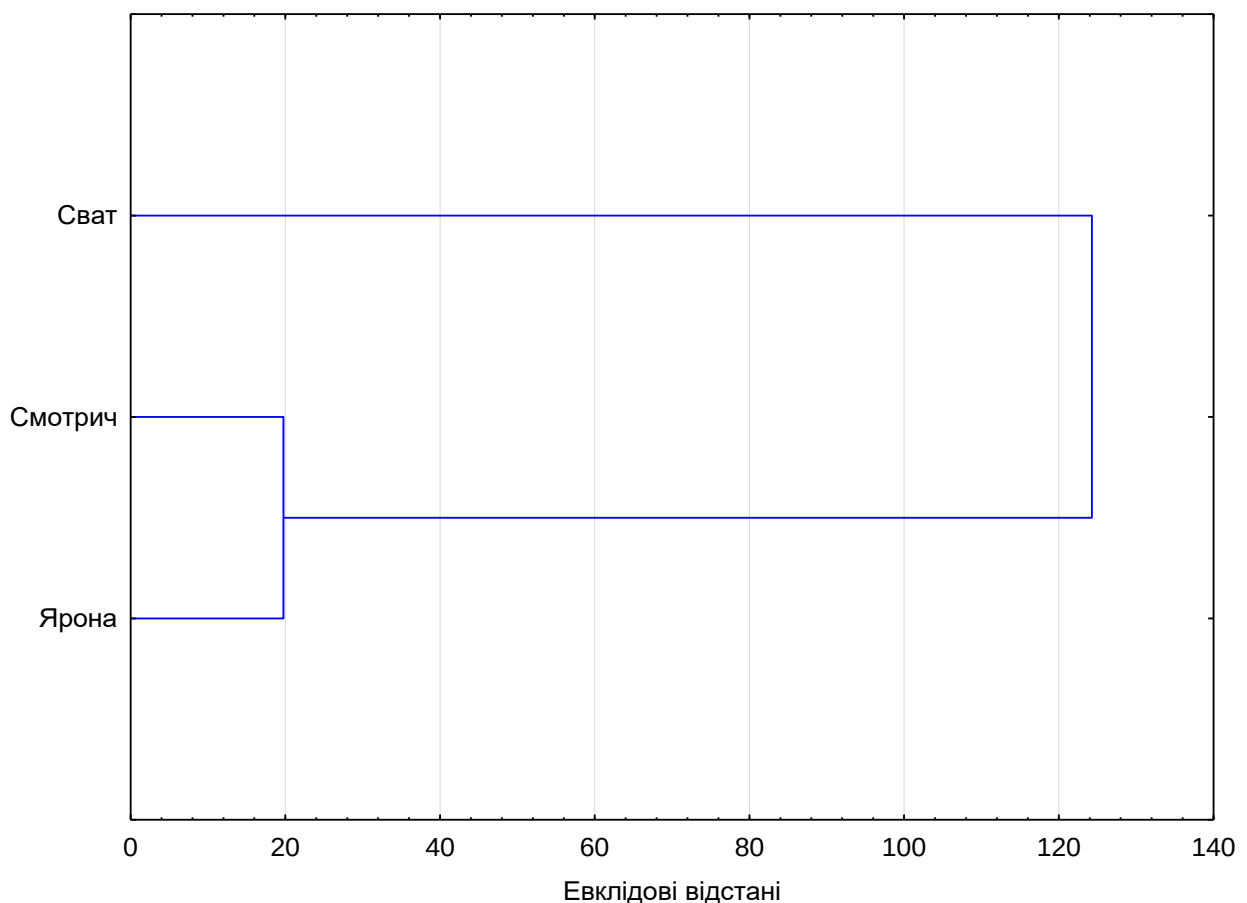


Рис. 7.8. Порівняння сортів сорго різної групи стиглості за комплексом факторів (урожайність зерна та біомаси, вміст сухої речовини, довжина та маса волоті, кількість зерен, маса зерен, маса 1000, вміст білка, жиру, золи, клітковини та крохмалю)

Як бачимо, спостерігається чітке групування і ранньостиглий Сват не подібний за комплексом ознак з пізньостиглим Ярона та середньостиглим

Смотрич, які розташовані в одному кластері.

Встановимо особливості формування урожайності сортів сорго залежно від строку сівби в різних зонах (таблиця 7.8).

Таблиця 7.8

Характеристика умов формування урожайності сортів сорго залежно від строку сівби в різних зонах вирощування

Сорт	Температура ґрунту, °С, на глибині 10 см	Позначення варіантів	Зерно	Біомаса
ЯДСС				
Дніпровський 39	5–6 °С	C_1	-	-
	12–14 °С	C_2	-	-
	16–18 °С	C_3	-	-
Самаран 6	5–6 °С	C_4	-	-
	12–14 °С	C_5	-	-
	16–18 °С	C_6	-	низька пластичність, ліміт факторів
ІДСС				
Дніпровський 39	5–6 °С	C_7	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність
	12–14 °С	C_8	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів
	16–18 °С	C_9	висока пластичність, інтенсивний	низька пластичність, ліміт факторів
Самаран 6	5–6 °С	C_10	низька пластичність, ліміт факторів	-
	12–14 °С	C_11	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
	16–18 °С	C_12	висока пластичність, інтенсивний	-
ВПДСС				
Дніпровський 39	5–6 °С	C_13	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
	12–14 °С	C_14	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
	16–18 °С	C_15	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
Самаран 6	5–6 °С	C_16	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
	12–14 °С	C_17	-	-
	16–18 °С	C_18	-	висока пластичність, інтенсивний

Досліджено, що в умовах ЯДСС строк сівби не визначав істотного впливу на реалізацію біологічного потенціалу сортів сорго. В той час в умовах ІДСС оптимальні умови за урожайністю зерна було створено за сівби сортів Дніпровський 39 та Самаран 6 при температурі 12–14 та 16–18 °С. А висівання сорту Самаран 6 при температурі 12–14 °С сприяло й інтенсивному формуванню біомаси рослин. Також виявлено, що в умовах ВПДСС в сорту Дніпровський 39 усі строки сівби позитивно впливали на продуктивність зерна та біомаси, а в сорту Самаран 6 на продуктивність біомаси сівба за температури ґрунту 16–8 °С.

Подібним за проявом ознак структури був вплив в сорту Самаран 6 в умовах ІДСС (сівба у III декаді квітня і у I декаді травня в умовах ВПДСС, а в сорту Дніпровський 39 – сівба у II декаді травня в обох пунктах досліджень (рис. 7.9).

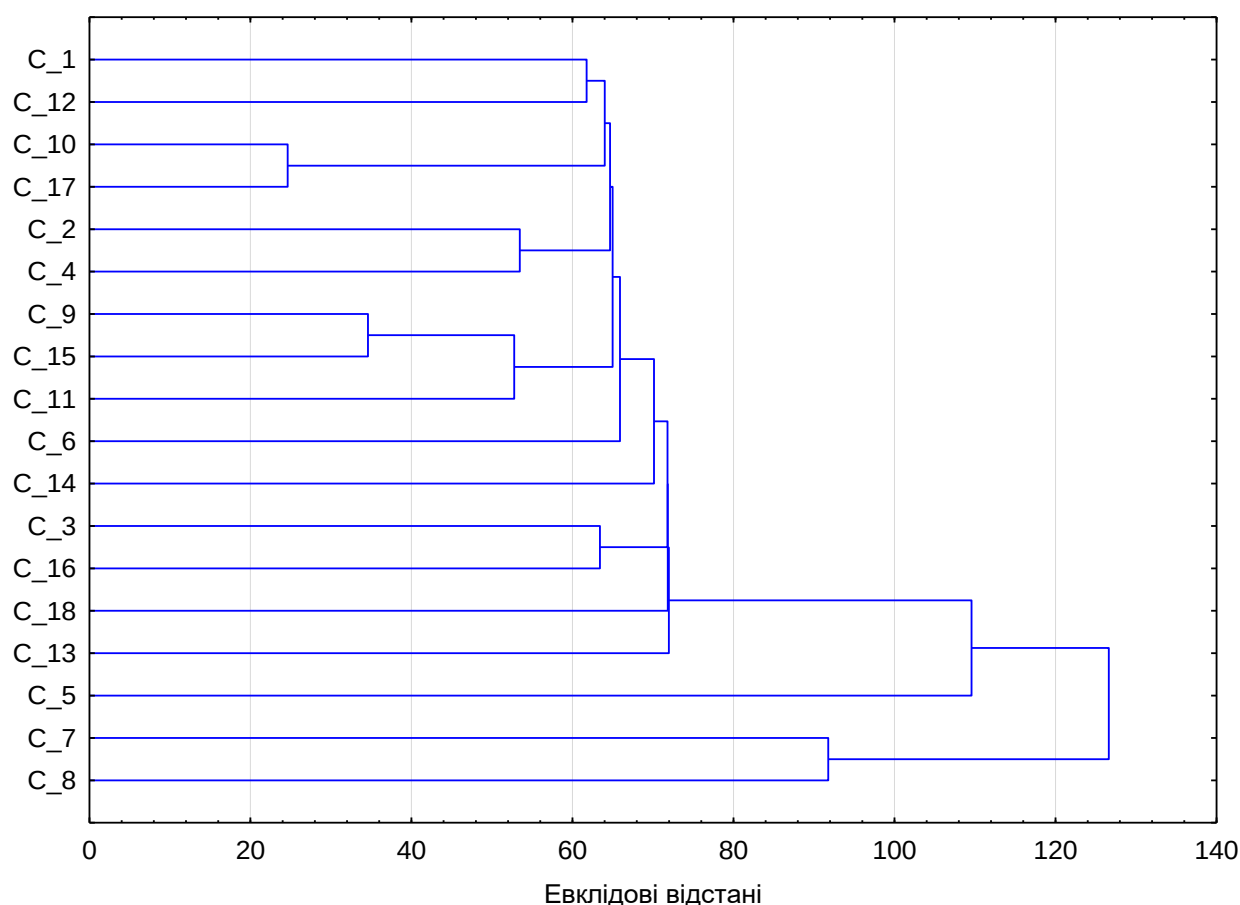


Рис. 7.9. Кластеризація варіантів вирощування сортів сорго залежно від строку сівби та зони за комплексом факторів (урожайність зерна та біомаси, вміст сухої речовини, довжина та маса волоті, кількість зерен, маса зерен, маса 1000, вміст білка, жиру, золи, клітковини та крохмалю)

Встановимо особливості формування урожайності сортів сорго залежно від строку сівби в різних зонах (таблиця 7.9).

Таблиця 7.9

Характеристика умов формування урожайності сортів сорго залежно від норми висіву в різних зонах вирощування

Сорт	Норма висіву	Позначення варіантів	Зерно	Біомаса
ЯДСС				
Дніпровський 39	150	C_1	-	-
	200	C_2	-	низька пластичність, ліміт факторів
	250	C_3	-	-
Самаран 6	150	C_4	-	-
	200	C_5	-	низька пластичність, ліміт факторів
	250	C_6	-	-
ІДСС				
Дніпровський 39	150	C_7	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність
	200	C_8	низька пластичність, ліміт факторів	низька пластичність, ліміт факторів
	250	C_9	низька пластичність, ліміт факторів	висока пластичність
Самаран 6	150	C_10	висока пластичність, інтенсивний	-
	200	C_11	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
	250	C_12	-	-
ВПДСС				
Дніпровський 39	150	C_13	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
	200	C_14	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
	250	C_15	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
Самаран 6	150	C_16	-	висока пластичність
	200	C_17	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний
	250	C_18	висока пластичність, інтенсивний	висока пластичність, інтенсивний

Аналогічно попереднім даним в умовах ЯДСС норми висіву не сприяли відмінній реалізації біологічного потенціалу досліджуваних сортів сорго. А в умовах ІДСС сорт Самаран 6 позитивно себе проявив за умови вирощування з нормами 150 та 200 тис. шт./га. Причому за норми висіву в 200 тис. шт./га сприятливі умови до реалізації біологічного потенціалу склалися як для зерна, так і біомаси сорго. А за вирощування сорго Дніпровський 39 в умовах ВПДСС норма висіву не була обмежуючим фактором реалізації біологічного потенціалу сорту. А в сорту Самаран 6 кращі показники продуктивності можна було отримати за вирощування посівів з нормою в 200 та 250 тис. шт./га.

Також оцінімо дані групування сортів залежно від умов (рис. 7.10).

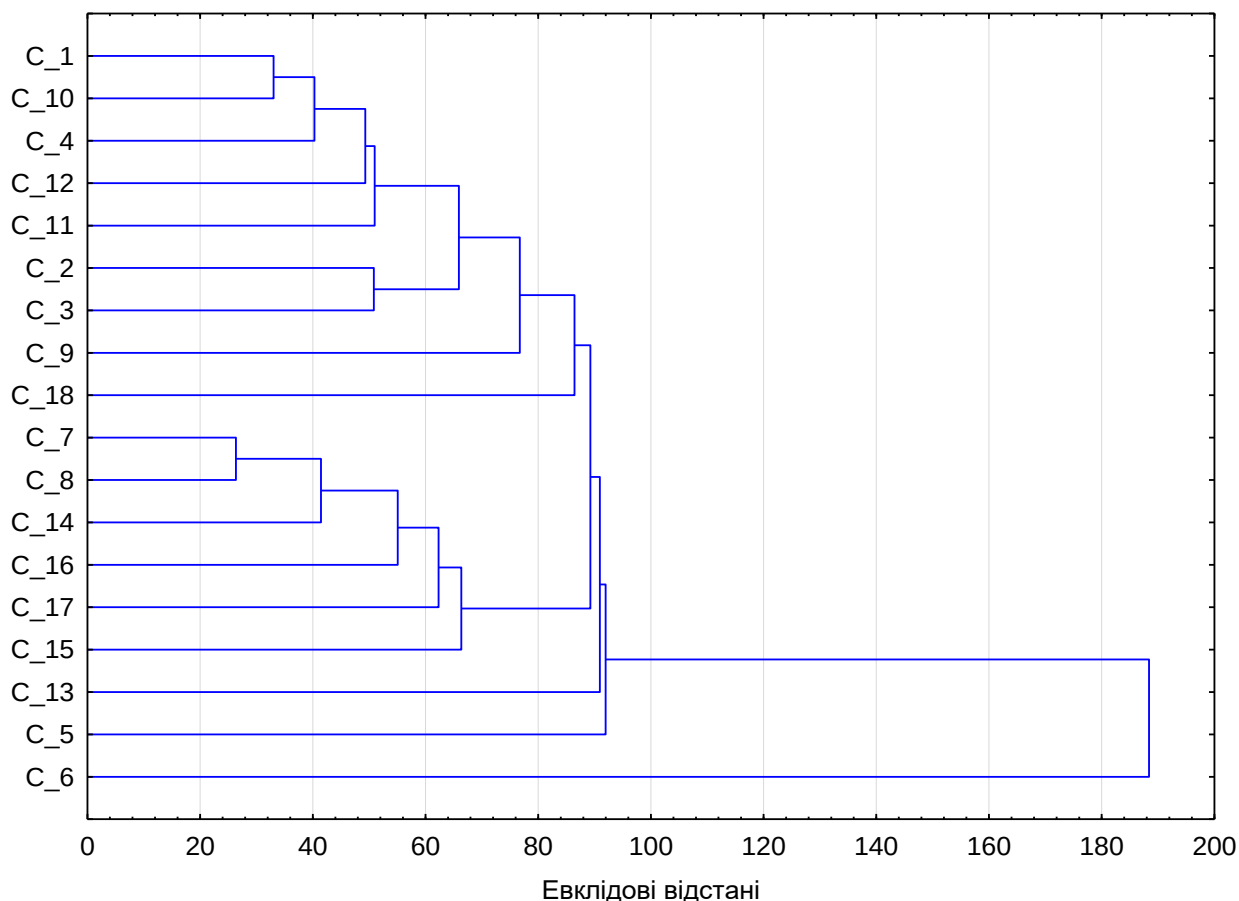


Рис. 7.10. Кластеризація варіантів вирощування сортів сорго залежно від норми висіву та зони за комплексом факторів (урожайність зерна та біомаси, вміст сухої речовини, довжина та маса волоті, кількість зерен, маса зерен, маса 1000, вміст білка, жиру, золи, клітковини та крохмалю)

Як бачимо з рисунку до одного кластера потрапили варіанти вирощування сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 та Самаран 6 в умовах ЯДСС, та Самаран 6 в умовах ІДСС з нормою в 150 тис. шт./га

Також досить подібні показники елементів структури врожаю спостерігали за вирощування сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 в умовах ІДСС з нормою висіву 150 та 200 тис. шт./га та в умовах ВПДСС цього ж сорту з нормою 200 тис. шт./га.

Висновки до розділу 7

1. Застосування методу визначення стабільності та пластичності урожайності зерна сорго звичайного двокольорового дозволяє встановити міру реакції досліджуваних сортів на контрольовані фактори досліду, тим самим ми можемо визначити доцільність подальшої оптимізації цих факторів та комплексного їх застосування з метою формування максимально ефективної технології вирощування адаптованої до умов регіону.

Література до розділу 7

1. Prasad A. K., Chai L., Singh R. P., Kafatos M. Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2006. Vol. 8, Iss. 1. P. 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2005.06.002>

2. Ren J., Chen Z., Zhou Q., Tang H. Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2008. Vol. 10, Iss. 4. P. 403–413. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2007.11.003>

3. Allen J. D. A look at the remote sensing applications program of the National Agricultural Statistics Service. *Journal of Official Statistics*. 1990. Vol. 6. P. 393–409.

4. Labus M. P., Jielsen G. A., Lawrence R. L. et al. Wheat yield estimates using multi-temporal NDVI satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 2002. Vol. 23, Iss. 20. P. 4169–4180. <https://doi.org/10.1080/01431160110107653>
5. Ferencz C., Bognár P., Lichtenberger J. et al. Crop yield estimation by satellite remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*. 2004. Vol. 25, Iss. 20. P. 4113–4149. <https://doi.org/10.1080/01431160410001698870>
6. Doraiswamy P. C., Sinclair T. R., Hollinger S. et al. Application of MODIS derived parameters for regional crop yield assessment. *Remote Sensing of Environment*. 2005. Vol. 97, Iss. 2. P. 192–202. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.03.015>
7. Bolton D. K., Friedl M. A. Forecasting crop yield using remotely sensed vegetation indices and crop phenology metrics. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2013. Vol. 173. P. 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.01.007>
8. Nguu N. V. Effect of nitrogen, phosphorus and soil and crop residues management practices on maize (*Zea mays* L.) yield in ultisol of eastern Cameroon. *Fertilizer Research*. 1987. Vol. 14. P. 135–142. <https://doi.org/10.1007/BF01066606>
9. Garcia-Paredes J. D., Olson K. R., Lang J. M. Predicting corn and soybean productivity for Illinois soils. *Agricultural Systems*. 2000. Vol. 64, Iss. 3. P. 151–170. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(00\)00020-2](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00020-2)
10. Awad M. M. Toward Precision in Crop Yield Estimation Using Remote Sensing and Optimization Techniques. *Agriculture*. 2019. Vol. 9, Iss. 3. Article ID 54. <https://doi.org/10.3390/agriculture9030054>
11. Awad M. M. An Innovative Intelligent System Based on Remote Sensing and Mathematical Models for Improving Crop Yield Estimation. *Information Processing in Agriculture*. 2019. Vol. 6, Iss. 3. P. 316–325. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.04.001>
12. Russell S. J., Norvig P. Artificial Intelligence: A modern Approach. 3rd Ed. Upper Saddle River, NJ : Pearson Education, 2016. 1132 p.

13. Simpson G. Crop yield prediction using a CMAC neural network. *Proceedings of the SPIE*. 1994. Vol. 2315. P. 160–171. <https://doi.org/10.1117/12.196712>
14. Baret F., Clevera J. G., Steven M. D. The robustness of canopy gap fraction estimates from red and near-infrared reflectance: A comparison of approaches. *Remote Sensing of Environment*. 1995. Vol. 54, Iss. 2. P. 141–151. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(95\)00136-O](https://doi.org/10.1016/0034-4257(95)00136-O)
15. Jiang D., Yango X., Clinton N., Wang N. An artificial neural network model for estimating crop yields using remotely sensed information. *International Journal of Remote Sensing*. 2004. Vol. 25, Iss. 9. P. 1723–1732. <https://doi.org/10.1080/0143116031000150068>
16. Jeong J. H., Resop J. P., Mueller N. D. et al. Random forests for global and regional crop yield predictions. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11, Iss. 6. Article ID e0156571. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156571>
17. Kutner M. H., Nachtsheim C. J., Neter J. Applied Linear Regression Models. 4th ed. Upper Saddle River, NJ : Mc-Graw-Hill/Irwin, 2004. 722 p.
18. Liu X., Jin J., Wang G., Herber S. J. Soybeans yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China. *Field Crops Research*. 2008. Vol. 105, Iss. 3. P. 157–171. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.09.003>
19. Schut A. G. T., Stephen D. J., Stovold R. G. H. et al. Improved wheat yield and production forecasting with a moisture stress index, AVHRR and MODIS data. *Crop and Pasture Science*. 2009. Vol. 60, Iss. 1. P. 60–70. <http://dx.doi.org/10.1071/CP08182>
20. Mkhabela M. S., Bullock P., Wang S., Yang Y. Crop yield forecasting on the Canadian Prairies using MODIS NDVI data. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2011. Vol. 151, Iss. 3. P. 385–393. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.11.012>
21. Chipanshi A., Zhang Y., Kouadio L. et al. Evaluation of the integrated Canadian crop yield forecaster (ICCYF) model for in-season prediction of crop yield across the Canadian agricultural landscape. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2015. Vol. 206. P. 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.03.007>

22. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40.
<https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183x000600010011x>

23. Присяжнюк О. І., Сторожик Л. І., Завгородня С. В. Екологічна пластичність сорго зернового. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7.
<https://doi.org/10.21498/na.7.2019.204818>

РОЗДІЛ 8

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЇ ФАКТОРІВ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО

8.1. Економічна ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового

Економічна ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового в Україні може суттєво змінюватись залежно від багатьох факторів, таких як врожайність, ціни на зерно сорго, витрати на вирощування та доступність ресурсів [1, 2].

Так, врожайність навіть сучасних сорго звичайного двокольорового, адаптованих до несприятливих умов вирощування, може значно варіюватися в залежності від комплексного впливу та взаємодії факторів. Адже важко створити сорт адаптований до усього – посухи, впливу низьких та надмірно високих температур, тощо. А от в умовах України, в контексті глобальних змін клімату, в останні спостерігаються тенденції різких змін клімату, понад можливості адаптивного потенціалу сучасних сортів сорго [3, 4].

Ціни на зерно сорго можуть коливатися від року до року та в залежності від попиту на ринку. Важливо вивчати ринкову ситуацію і визначати, чи можна очікувати вигідні ціни на зерно сорго ще до збору врожаю, оскільки багато вартісних агротехнічних прийомів догляду з посівами можуть істотно змінити собівартість отриманого врожаю зерна і тим самим кардинально зменшити рівні рентабельності [5, 6].

В умовах війни з росією, в 2022 та 2023 роках вартість зерна сорго звичайного двокольорового тримається на рівні вартості зерна пшениці – 4000 грн./т, що суттєво впливає на погіршення економічної ефективності вирощування культури. Однак, в повоєнному відновленні України не слід розраховувати на дешеві ресурси та високу вартість зерна. Адже зобов'язання взяті Україною в межах Європейського зеленого курсу зі зменшення до 30 %

витрат на пестициди та мінеральні добрива можуть призвести до збільшення сумарних витрат на технологію вирощування [7–9].

Відомо, що витрати на підготовку ґрунту, насіння, добрива, заходи догляду за посівами та збирання і післязбиральну доробку зерна можуть впливати на економічну ефективність вирощування сорго. Оптимізація витрат і використання ефективних агротехнік можуть зменшити витрати в цілому, однак з наукової точки зору важливим є дотримання балансу між оптимумом застосування агрозаходів та їх доцільністю. Адже з одного боку недоотримання врожаю погіршує економіку вирощування, а з іншого – поліпшує, в випадку коли вартісні витрати не покриваються прибавкою врожаю [10, 11].

Тому якраз доступність ресурсів, таких як енергоресурси, засоби захисту, вода, праця, є важливими факторами для вирощування сорго. Доступність цих ресурсів може впливати на ефективність вирощування [12, 13].

Важливо також розвивати нові ідеї щодо можливих ринків збуту для зерна сорго. Це може включати в себе переробку, продаж на внутрішньому ринку, експорт або використання зерна для виробництва продуктів (наприклад, кормів для тварин чи біопалива). Адже, як яскраво показала блокада росії «Зернової угоди» в непереробленому вигляді вивозити зерно найменш раціональна ідея. Чим глибша переробка відбувається на місцях, тим можна отримати більш ефективне сільськогосподарське виробництво [14–16].

Загалом, економічна ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового в Україні визначається багатьма факторами, і її слід оцінювати індивідуально для конкретного господарства або регіону. Важливо провести детальний аналіз витрат та можливих доходів, а також розглянути всі можливі ризики і перспективи на ринку [17].

Для побудови економічних розрахунків скористаємось технологічними картами наведеними в додатках Г.1, Г.2 та скористаємось показниками встановлення собівартості вирощування сорго звичайного двокольорового за використання мінеральних добрив в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ (табл. 8.1). При цьому до розрахунків використали показники елементів технології вирощування сорго звичайного двокольорового загальноприйнятої для соргосіючих регіонів

України, як базис до порівняння наших агрозаходів з кращими впровадженими практиками.

Таблиця 8.1

Собівартість вирощування сорго звичайного двокольорового за використання N₆₀P₆₀K₆₀ мінерального удобрення, за цінами 2023 року

Показник	Витрата ресурсів на 1 га	Вартість одиниці ресурсів, грн	На 1 га посіву, грн	На 1 т продукції, грн
Заробітна плата з нарахуваннями, грн			589	84
Насіння сорго, оброблене Концеп III, 0,5 п.о./га (300 тис. шт.)	0,50	2400	1200	171
Мінеральні добрива				
Діамофоска N ₄ P ₂₀ K ₂₀ , т	0,30	29270	8781	1254
Аміачна селітра, N ₅₄ , т	0,16	19600	3077	440
Карбамід, N ₆ , кг	13,0	23	293	42
Всього мінеральних добрив			11468	1638
Засоби захисту рослин				
Гербіцид Примекстра TZ Голд (4,5 л/га), досходово 4,5 л/га, по вегетації 3,0 л/га	7,50	604	4530	647
Фунгіцид Імпакт Т, 1 л/га	1,00	1020	1020	146
Інсектицид Карате Зеон, 0,15 л/га	0,15	1230	185	26
Прилипач Тренд ПАР 90, 0,2 л/га	0,20	254	51	7
Всього засобів захисту рослин			5785	826
Паливно та мастильні матеріали, л	60,2	36	2153	308
Амортизаційні відрахування, грн			946	135
Ремонт основних засобів, грн			568	81
Інші матеріальні витрати, грн			568	81
Загальновиробничі витрати, грн			815	116
Виробничі витрати всього			24091	3442

Серед агротехнічних операцій по догляду за посівами найбільш вагомий вплив на формування структури витрат мало застосування мінеральних добрив, яке було розділене на основне внесення фосфорно-калійних добрив восени та припосівне застосування основної дози мінерального азоту N_{54} а також підживлення по вегетації під час обробки інсектицидами та фунгіцидами карбамідом N_6 .

Як бачимо, з таблиці та рисунку 8.1 мінеральні добрива за вартістю займають 47,6 % структури витрат, а засоби захисту рослин 24,0 %, тоді як на третьому місці витрат стоять паливно-мастильні матеріали – 8,9 %. Тобто усі ресурси, ціна яких суттєво залежить від загальносвітових цін.

Оплата праці, насіння сорго вітчизняної селекції – складає лиш незначну частку в формуванні витрат, загалом які на гектар становлять 24091 грн.

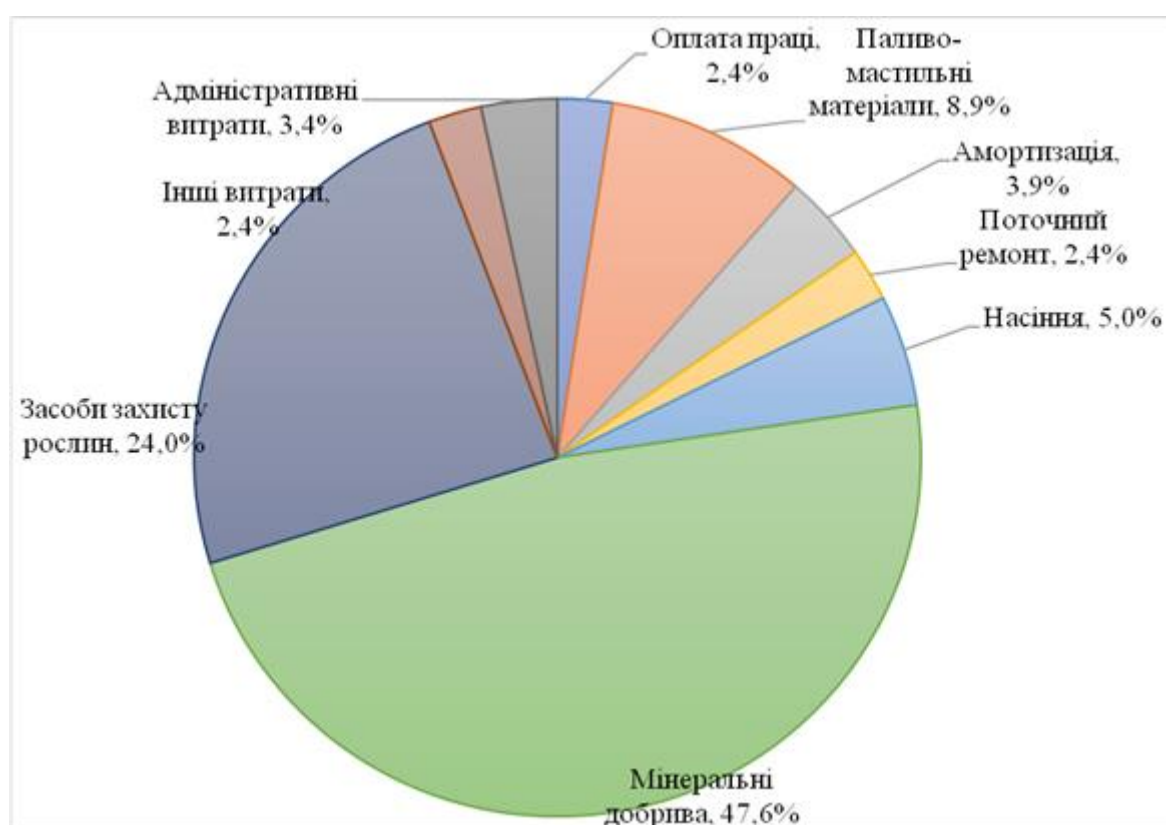


Рис. 8.1. Структура витрат за вирощування сорго звичайного двокольорового з дозою добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$

Також розглянемо варіант зміни собівартості за зменшення удобрення вдвічі, від рекомендованих доз (табл. 8.2).

Таблиця 8.2

Собівартість вирощування сорго звичайного двокольорового за використання $N_{30}P_{30}K_{30}$ удобрення, за цінами 2023 року

Показник	Витрата ресурсів на 1 га	Вартість одиниці ресурсів, грн	На 1 га посіву, грн	На 1 т продукції, грн
Заробітна плата з нарахуваннями, грн			571	82
Насіння сорго, оброблене Концеп III, 0,5 п.о./га (300 тис. шт.)	0,50	2400	1200	171
<i>Мінеральні добрива</i>				
Діамофоска $N_4P_{20}K_{20}$, т	0,15	29270	4391	627
Аміачна селітра, N_{54} , т	0,05	19600	1026	147
Карбамід, N_6 , кг	13,0	23	293	42
Всього мінеральних добрив			5710	816
<i>Засоби захисту рослин</i>				
Гербіцид Примекстра TZ Голд (4,5 л/га), досходово 4,5 л/га, по вегетації 3,0 л/га	7,50	604	4530	647
Фунгіцид Імпакт Т, 1 л/га	1,00	1020	1020	146
Інсектицид Карате Зеон, 0,15 л/га	0,15	1230	185	26
Прилипач Тренд ПАР 90, 0,2 л/га	0,20	254	51	7
Всього засобів захисту рослин			5785	826
Паливно та мастильні матеріали, л	60	36	2149	307
Амортизаційні відрахування, грн			916	131
Ремонт основних засобів, грн			550	79
Інші матеріальні витрати, грн			422	60
Загальновиробничі витрати, грн			606	87
Виробничі витрати всього			17909	2558

Загалом зменшення застосування мінерального добрива з 60 кг/га в діючій речовині до 30 кг/га в умовах тотального дефіциту ресурсів допустиме, хоча й не бажане, оскільки це призводить до зниження родючості ґрунту. Однак, в цілому рослини сорго звичайного двокольорового здатні сформувати урожайність на рівні розрахункової 7 т/га зерна. Та якщо розрахувати витрати потрібні та мінеральне удобрення в умовах зниження його кількості, то сумарно витрачається 5710 грн./га, тоді як за дози добрив в 60 кг/га це було на рівні 11468 тис. грн., таким чином і частка мінеральних добрив в структурі витрат зменшується до 31,9 % (рис. 8.2.).



Рис. 8.2. Структура витрат за вирощування сорго звичайного двокольорового з азотним мінеральним удобренням

За незмінності інших показників сукупні витрати на технологію вирощування сорго звичайного двокольорового зменшились до 17909 грн., тобто на 6182 тис. грн., що є вагомими змінами за сучасного розриву цін на зерно (табл.8.3).

Таблиця 8.3

**Основні економічні показники вирощування сорго звичайного двокольорового
за застосування різних елементів агротехніки, за цінами 2023 року**

Варіант	Вартість добрив, грн.		Вартість зерна, грн.	Собівартість 1 т зерна, грн.		Рівень рентабельності, %	
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин Вермистим, БЦДСС	24231	18049	28400	3413	2542	117	157
Сорт Дніпровський 39, сівба I декада травня, глибина загортання насіння 6 см, БЦДСС	24091	17909	29600	3256	2420	123	165
Сорт Вінець, сівба I декада травня, глибина загортання насіння 6 см, БЦДСС	24091	17909	26800	3596	2673	111	150
Сорт Дніпровський 39, сівба I декада травня, ІДСС	24091	17909	28400	3393	2522	118	159
Сорт Самаран 6, сівба I декада травня, ІДСС	24091	17909	25600	3764	2798	106	143
Сорт Дніпровський 39, сівба II декада травня, ЯДСС	24091	17909	14680	6564	4880	61	82
Сорт Самаран 6, сівба II декада травня, ЯДСС	24091	17909	14800	6511	4840	61	83
Сорт Дніпровський 39, сівба I декада травня, ВПДСС	24091	17909	30000	3212	2388	125	168
Сорт Самаран 6, сівба I декада травня, ВПДСС	24091	17909	21600	4461	3316	90	121

На основі отриманих розрахунків базової технології вирощування сорго звичайного двокольорового на зерно проведемо визначення основних економічних показників вирощування сорго звичайного двокольорового за застосування різних елементів агротехніки, за цінами 2023 року (див. табл. 8.3). при цьому будемо опиратись на два базові варіанти вирощування сорго на зерно – з застосуванням дози добрив в $N_{60}P_{60}K_{60}$ та половинної ($N_{30}P_{30}K_{30}$). Знаємо, що багато виробників не дотримуються взагалі вимог по удобренню сільськогосподарських культур, однак вважаємо що в умовах війни відмова від застосування добрив неприпустима, оскільки цим ми наносимо собі ж значну шкоду.

За показниками вартості отриманого урожаю кращими були варіанти вирощування сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 в умовах БЦДСС за сівби при температурі ґрунту 12–14 °C та глибини загортання насіння 6 см – 29600 грн. та вирощування сорту Дніпровський 39 в умовах ВПДСС за сівби при температурі ґрунту 12–14 °C – 30000 грн. обидва ці ж варіанти сприяли отриманню рівня рентабельності 123 та 125 % за повної дози добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) та 165 і 168 % за умови внесення половинної дози ($N_{30}P_{30}K_{30}$).

Також не поганими за показниками економічної ефективності було вирощування сорго звичайного двокольорового за застосування оброблення насіння Вермистимом + обприскування посівів в умовах БЦДСС (117 та 157 % рентабельності) та вирощування сорту Дніпровський 39 в умовах ІДСС за сівби при температурі ґрунту 12–14 °C (І декада травня) – 118 та 159 % рентабельності.

Вирощування ж сорго звичайного двокольорового сортів Дніпровський 39 та Самаран 6 в умовах ЯДСС виявилось нерентабельним за обох способів удобрення, що пов'язано з досить низьким рівнем урожайності культури та як наслідок – не повною компенсацією застосовуваних агрономічних прийомів по догляду за посівами прибавкою врожаю.

Отже, навіть в умовах війни та значного диспаритету цін на зерно і основні виробничі потреби в вигляді мінеральних добрив, засобів захисту, паливно-мастильних матеріалів, правильне планування та впровадження технології

виросування сорго звичайного двокольорового здатне забезпечити прибутковість його вирощування.

Також розглянемо основні економічні показники вирощування сорго звичайного двокольорового за різних норм висіву та ширини міжрядь при застосуванні стратегій удобрення з використання повної дози мінерального живлення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) та половинної дози ($N_{30}P_{30}K_{30}$) (табл. 8.4).

Таблиця 8.4

Основні економічні показники вирощування сорго звичайного двокольорового за різних норм висіву та ширини міжрядь, за цінами 2023 року

Варіант	Вартість добрив, грн.		Вартість зерна, грн.	Собівартість 1 т зерна, грн		Рівень рентабельності, %	
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$		$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$
Сорт Дніпровський 39, норма 200 тис. шт./га, ширина міжрядь 45 см, БЦДСС	24077	17894	29600	3254	2418	123	165
Сорт Вінець, норма 200 тис.шт./га, ширина міжрядь 45 см, БЦДСС	24077	17894	20400	4721	3509	85	114
Сорт Дніпровський 39, норма 200 тис. шт./га, ІДСС	24077	17894	27200	3541	2631	113	152
Сорт Самаран 6, норма 200 тис. шт./га, ІДСС	24077	17894	23600	4081	3033	98	132
Сорт Дніпровський 39, норма 200 тис. шт./га, ЯДСС	24077	17894	16680	5774	4291	69	93
Сорт Самаран 6, норма 200 тис. шт./га, ЯДСС	24077	17894	17320	5561	4133	72	97
Сорт Дніпровський 39, норма 250 тис. шт./га, ВПДСС	24091	17909	32520	2963	2203	135	182
Сорт Самаран 6, норма 250 тис. шт./га, ВПДСС	24091	17909	25520	3776	2807	106	142

Навіть такий фактор як зміна норми висіву вирощування рослин здатний суттєво впливати на закономірності формування економічної ефективності вирощування сорго звичайного двокольорового. Так, за вирощування сорту Дніпровський 39 з нормою висіву 200 тис. шт./га та шириною міжрядь 45 см в умовах БЦДСС отримано прибуток від продажу зерна 29600 грн., а рентабельність за повної дози удобрення була 123 %, а за половинної – 165 %.

Вирощування сорту Дніпровський 39 в умовах ІДСС з нормою висіву в 200 тис. шт./га сприяло рентабельності виробництва на рівні 113 та 152 %. Тоді як кращі показники рентабельності в 135 та 182 % та прибутку в 32520 грн./га можна отримати за вирощування сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 в умовах ВПДСС за норми висіву в 250 тис. шт./га. А сама гірша економічна ефективність була в умовах ЯДСС, в силу низької урожайності сорго звичайного двокольорового.

Проаналізуємо також особливості формування основних економічних показників вирощування сорго звичайного двокольорового за застосування максимального рівня удобрення (табл. 8.5).

Таблиця 8.5

Основні економічні показники вирощування сорго звичайного двокольорового за максимального рівня удобрення, за цінами 2023 року

Варіант	Витрати на вирощування, грн.	Вартість зерна, грн.	Собівартість 1 т зерна, грн.	Рівень рентабельності, %
Сорт Дніпровський 39, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ЯДСС	36458	13800	10568	38
Сорт Самаран 6, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ЯДСС	36458	13200	11048	36
Сорт Дніпровський 39, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ІДСС	36458	24440	5967	67
Сорт Самаран 6, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ІДСС	36458	21960	6641	60
Сорт Дніпровський 39, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ВПДСС	36458	26000	5609	71
Сорт Самаран 6, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ВПДСС	36458	21600	6751	59

Як бачимо з даних таблиці використання високих доз добрив не дозволяє досягнути навіть мінімального рівня повернення витрачених на технологію вирощування сорго звичайного двокольорового коштів. Так кращий рівень рентабельності було отримано в умовах ВПДСС – 71 %, за вирощування сорту Дніпровський 39 та удобрення з дозою $N_{120}P_{120}K_{120}$ в діючій речовині. Вирощування з такими дозами удобрення сорго звичайного двокольорового в умовах ЯДСС буде не вигідне навіть за високої вартості отриманої продукції.

Проведемо аналіз також і закономірностей зміни основних економічних показників вирощування сорго звичайного двокольорового за різного рівня удобрення, в тому числі і використання розрахункових доз добрив (табл. 8.6).

Таблиця 8.6

Основні економічні показники вирощування сорго звичайного двокольорового за різного рівня удобрення, за цінами 2023 року

Сорт	Варіант	Витрати на вирощування, грн.	Вартість зерна, грн.	Собівартість 1 т зерна, грн.	Рівень рентабельності, %
Дніпровський 39	Без добрив – контроль	11785	20800	2266	176
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	17909	22400	3198	125
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	24091	25600	3764	106
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	30275	28400	4264	94
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	36458	31600	4615	87
	Розрахункова доза добрив ($N_{50}P_{40}K_{70}$)	23285	29200	3190	125
Вінець	Без добрив – контроль	11785	17200	2741	146
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	17909	20800	3444	116
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	24091	26000	3706	108
	$N_{90}P_{90}K_{90}$	30275	28800	4205	95
	$N_{120}P_{120}K_{120}$	36458	31200	4674	86
	Розрахункова доза добрив ($N_{50}P_{40}K_{70}$)	23285	28000	3326	120

Як можемо бачити, в умовах БЦДСС відмова від добрив за достатньо великого рівня родючості ґрунту дозволяє забезпечити гарну рентабельність за

рахунок втрати родючості ґрунту. Однак, за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ отримано рентабельність сорту Дніпровський 39 – 125 % та сорту Вінець – 116 %, а за застосування розрахункової дози $N_{50}P_{40}K_{70}$ – 125 та 120 %.

Оцінимо також економіку вирощування сорго за застосування других по вагомості витрат – систем захисту посівів від бур'янів (табл. 8.7).

Таблиця 8.7

**Основні економічні показники вирощування сорго звичайного
двокольорового за різних систем захисту від бур'янів, за цінами 2023 року**

Сорт	Варіант	Вартість добрив, грн.		Вартість зерна, грн.	Собівартість 1 т зерна, грн.		Рівень рентабельності, %	
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
БЦДСС								
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	19085	12902	11200	6816	4608	59	87
	Механічний спосіб	19525	13342	17600	4438	3032	90	132
	Хімічний спосіб	20269	14087	21200	3824	2658	105	150
	Ручне прополювання (контроль 2)	21085	14902	25600	3295	2328	121	172
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	19085	12902	9600	7952	5376	50	74
	Механічний спосіб	19525	13342	14800	5277	3606	76	111
	Хімічний спосіб	20269	14087	18400	4406	3062	91	131
	Ручне прополювання (контроль 2)	21085	14902	24800	3401	2404	118	166
ЯДСС								
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	19085	12902	9400	8121	5490	49	73
	Механічний спосіб	19525	13342	11600	6733	4601	59	87
	Хімічний спосіб	20269	14087	13600	5961	4143	67	97
	Ручне прополювання (контроль 2)	21085	14902	15600	5406	3821	74	105
Самаран 6	Без прополювання (контроль 1)	19058	12902	10000	7623	5161	52	78
	Механічний спосіб	19525	13342	11200	6973	4765	57	84
	Хімічний спосіб	20269	14087	11200	7239	5031	55	80
	Ручне прополювання (контроль 2)	21085	14902	14000	6024	4258	66	94
ВПДСС								
Дніпровський 39	Без прополювання (контроль 1)	19085	12902	11600	6581	4449	61	90
	Механічний спосіб	19525	13342	13600	5743	3924	70	102
	Хімічний спосіб	20269	14087	18400	4406	3062	91	131
	Ручне прополювання (контроль 2)	21085	14902	22800	3699	2614	108	153
Самаран 6	Без прополювання (контроль 1)	19085	12902	8400	9088	6144	44	65
	Механічний спосіб	19525	13342	12400	6298	4304	64	93
	Хімічний спосіб	20269	14087	19600	4137	2875	97	139
	Ручне прополювання (контроль 2)	21085	14902	21200	3978	2812	101	142

Не зважаючи на значну ефективність застосування ручного способу догляду за посівами сорго звичайного двокольорового в усіх досліджуваних нами регіонах його вирощування нема потреби коментувати той факт, що здійснити це в комерційних масштабах вирощування неможливо, в тому числі й з-за браку людських ресурсів.

Серед інших методів догляду за посівами хімічний спосіб вирощування сорго з застосуванням гербіциду Гвардіан тетра є гарною альтернативою внесенню Примекстра TZ Голд, що вимагає додаткової обробки насіння сорго перед сівбою антидотом Концеп III. Тоді як до складу гербіциду Гвардіан тетра входить антидот, що уповільнює ростові процеси сорго звичайного двокольорового – тим самим захищаючи їх від пошкодження діючими речовинами гербіциду. За меншої в два рази вартості гербіциду його можна розглядати як дієвий конкурент для застосування на посівах сорго, за умови реєстрації його для сорго звичайного двокольорового, а не лише для кукурудзи.

Так, ми встановили, що за захисту посівів гербіцидом Гвардіан тетра рівень рентабельності вирощування сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 в умовах БЦДСС за повної дози удобрення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) склав 105 %, а за половинної – 150 %. Аналогічно, в умовах ВПДСС рентабельність цього ж сорту становила 108 та 153 %. Причому в умовах ВПДСС вирощування сорту сорго Самаран 6 також було економічно вигідним і рівень рентабельності склав 139 % за половинної дози удобрення ($N_{30}P_{30}K_{30}$).

Що стосується механічного способу догляду за посівами сорго звичайного двокольорового, то він окрім витрат палива та потреби в техніці все ж пошкоджує рослини та зменшує урожайність культури. Рентабельно його було використовувати лише за половинної дози удобрення в умовах БЦДСС за вирощування обох сортів та в умовах ВПДСС за вирощування сорту Дніпровський 39.

Також цікаво поспостерігати за економікою вирощування різних сортів сорго звичайного двокольорового (табл. 8.8). Хоча, на відміну від строкатості цін на закордонний насіннєвий матеріал вітчизняна наукова установа притримується політики незначних відмінностей в формуванні ціни, тому базові витрати на технологію вирощування сорго звичайного двокольорового є однаковими.

Таблиця 8.8

**Основні економічні показники вирощування сортів сорго звичайного
двокольорового, за цінами 2023 року**

Варіант	Вартість добрив, грн.		Вартість зерна, грн.	Собівартість 1 т зерна, грн		Рівень рентабельності, %	
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Гібрид Сват, БЦДСС	24091	17909	16000	6023	4477	66	89
Сорт Смотрич, БЦДСС	24091	17909	18400	5237	3893	76	103
Сорт Ярона, БЦДСС	24091	17909	14000	6883	5117	58	78
Гібрид Сват, ЯДСС	24091	17909	13200	7300	5427	55	74
Сорт Смотрич, ЯДСС	24091	17909	14000	6883	5117	58	78
Сорт Ярона, ЯДСС	24091	17909	12800	7528	5597	53	71

Як бачимо навіть за половинної дози удобрення лише в сорту сорго Смотрич, що вирощувався в умовах БЦДСС отримано рівень рентабельності 103 %. Тому грамотний підбір сортів – запорука формування економічно вигідного вирощування сорго звичайного двокольорового.

8.2. Економічна ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового за переробки на біопаливо

З огляду на потребу формування всебічної переробки сільськогосподарських культур в тому числі і на біопаливо, слід більш глибоко проаналізувати особливості переробки сорго звичайного двокольорового на різні види палива, оскільки культура здатна забезпечити отримання біоетанолу з зерна а також великий рівень біомаси отримуваної в полі як пожнивні рештки з успіхом можна переробляти на тверді види палива. Причому, коли з зерном можна в певній мірі мати віддалені підприємства до переробки, то в випадку з твердими видами палива формування паливних гранул має відбуватися в умовах господарства, щоб зменшили до мінімуму витрати на перевезення не стисненої біомаси сорго звичайного двокольорового на значні віддалі.

Проведемо визначення основних економічних показників вирощування сорго звичайного двокольорового за переробки на біопаливо (табл. 8.9).

Таблиця 8.9

**Основні економічні показники вирощування сорго звичайного
двокольорового за переробки на біопаливо, за цінами 2023 року**

Варіант	Собівартість виробництва, грн.		Вартість продукції, тис. грн/га		Повна собівартість, тис. грн. при дозі добрив		Виручка від реалізації, тис. грн.	Рівень рентабельності, %	
	біоетанолу	твердого біопалива	біоетанолу	твердого біопалива	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Оброблення насіння Вермистим + обприскування посівів, БЦДСС	39,8	31,2	62,7	113,6	95,2	89,1	176,3	185	198
Сорт Дніпровський 39, БЦДСС, сівба I декада травня, глибина 6 см	41,5	28,7	65,4	104,7	94,3	88,1	170,0	180	193
Сорт Вінець, БЦДСС, сівба I декада травня, глибина 6 см	37,1	25,5	58,5	93,0	86,8	80,6	151,5	175	188
Сорт Дніпровський 39, ІДСС, сівба I декада травня	38,6	24,1	60,9	87,7	86,8	80,6	148,6	171	184
Сорт Самаран, ІДСС, сівба I декада травня	35,3	23,2	55,6	84,7	82,6	76,4	140,2	170	183
Сорт Дніпровський 39, ЯДСС, сівба II декада травня	20,3	21,8	32,0	79,6	66,3	60,1	111,6	168	186
Сорт Самаран, ЯДСС, сівба II декада травня	20,5	24,5	32,3	89,1	69,1	62,9	121,4	176	193
Сорт Дніпровський 39, ВПДСС, сівба I декада травня	41,5	30,2	65,4	110,1	95,8	89,6	175,4	183	196
Сорт Самаран, ВПДСС, сівба I декада травня	29,9	23,9	47,1	86,9	77,9	71,7	134,0	172	187

Кращими за рентабельністю переробки були варіанти вирощування сорго звичайного двокольорового в умовах БЦДСС за оброблення насіння Вермистим + обприскування посівів, тут отримано за повної дози удобрення рентабельність

185 % а за половинної – 198 %. Також за вирощування сорту Дніпровський 39 в умовах ВПДСС та сівби в II декаді травня рентабельність склала 183 та 196 %.

Проаналізуємо також основні економічні показники вирощування сорго за різних норм висіву та ширини міжрядь, за переробки на біопаливо (табл. 8.10).

Таблиця 8.10

**Основні економічні показники вирощування сорго звичайного
двокольорового за різних норм висіву та ширини міжрядь, за переробки на
біопаливо, за цінами 2023 року**

Варіант	Собівартість виробництва, грн.		Вартість продукції, тис. грн/га		Повна собівартість, тис. грн. при удобренні		Виручка від реалізації, тис. грн.	Рівень рентабельності, %	
	біоетанолу	твердого біопалива	біоетанолу	твердого біопалива	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Сорт Дніпровський 39, норма 200 тис, ширина міжрядь 45 см, БПДСС	41,0	28,8	64,6	105,1	93,9	87,7	169,6	181	193
Сорт Вінець, норма 200 тис, ширина міжрядь 45 см, БПДСС	28,2	23,9	44,5	86,9	76,2	70,0	131,4	172	188
Сорт Дніпровський 39, норма 200 тис, ІДСС	37,6	25,4	59,3	92,4	87,1	80,9	151,7	174	188
Сорт Самаран 6, норма 200 тис, ІДСС	32,8	23,4	51,6	85,1	80,2	74,0	136,7	170	185
Сорт Дніпровський 39, норма 200 тис, ЯДСС	23,0	39,9	36,3	145,5	87,0	80,8	181,7	209	225
Сорт Самаран 6, норма 200 тис, ЯДСС	24,0	39,6	37,8	144,3	87,7	81,5	182,2	208	223
Сорт Дніпровський 39, норма 250 тис, ВПДСС	44,5	49,4	70,1	179,9	118,0	111,8	250,0	212	224
Сорт Самаран 6, норма 250 тис, ВПДСС	35,1	37,7	55,3	137,5	96,9	90,8	192,8	199	212

На даний час не потрібно отримувати значну кількість ліцензій на виробництво біоетанолу, тому можна формувати і локальні переробні цехи, однак, ціна його реалізації також не може бути вище ціни бензину і на сьогодні

складає 26,4г грн./кг, тоді як собівартість виробництва становить не менше 16,8 грн./кг.

Загалом же оптимізація міжрядь та норм висіву позитивно впливала на отримання прибутку від переробки продукції і кращі варіанти мали рентабельність виробництва понад 170 % навіть за внесення мінерального добрива у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Однак, найбільша рентабельність була за вирощування сортів сорго Дніпровський 39 та Самаран 6 в умовах ЯДСС з нормою висіву в 200 тис. шт./га при цьому за повного удобрення – $N_{60}P_{60}K_{60}$ рентабельність була 209 та 208 %, а за застосування половинної дози – $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 225 та 223 %. Що пов'язано з тим, що в даних агрокліматичних умовах сорго формувало великий обсяг біомаси та малий обсяг зерна. При цьому собівартість створення однієї тони біопалива складає 2800 грн., без врахування вартості сировини, а ціна одиниці біопалива в сучасних умовах не менше 10200 грн., що досить суттєво позначається на формуванні остаточного прибутку та рентабельності виробництва.

Також було встановлено, що за вирощування сорту Дніпровський 39 з нормою висіву 250 тис. шт./га в умовах ВПДСС можна отримати рівень рентабельності за повної дози мінерального добрива ($N_{60}P_{60}K_{60}$) в 212 %, а за умови використання половинної дози ($N_{30}P_{30}K_{30}$) та залучення необхідних елементів живлення рослинами сорго з ґрунту рентабельність сягнула 224 %.

Виходячи з цього слід також проаналізувати особливості формування основних економічних показників вирощування сорго звичайного двокольорового за різних рівнів удобрення, за переробки на біопаливо (табл. 8.11). Адже, як показали результати розрахунків вирощування сорго звичайного двокольорового на зерно за високих рівнів мінерального живлення неможливо отримати високі економічні показники, що викликано перш за все вартістю мінеральних добрив та досить низькою закупівельною ціною на зерно у умовах війни з росією в Україні. Звичайно що можна рахувати вартість зерна за даними лондонської біржі, однак це є неправильно, так як ціна логістичних шляхів за сучасних обставин виросла суттєво, що відобразилось на закупівельних цінах.

Тоді як за умови переробки зерна та біомаси сорго на біопалива ми можемо рахувати витрати на технологію вирощування та витрати на переробку як сума витрат, без необхідності прорахунків ланцюжків доставки.

Таблиця 8.11

**Основні економічні показники вирощування сорго звичайного
двокольорового за різних рівнів удобрення, за переробки на біопаливо, за
цінами 2023 року**

Варіант	Собівартість виробництва, грн.		Вартість продукції, тис. грн/га		Повна собівартість, тис. грн.	Виручка від реалізації, тис. грн.	Рівень рентабельності, %
	біостанолу	твердого біопалива	біостанолу	твердого біопалива			
Сорт Дніпровський 39, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ЯДСС	19,2	35,3	30,2	128,4	90,9	158,6	175
Сорт Самаран 6, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ЯДСС	18,3	34,2	28,8	124,6	89,0	153,5	172
Сорт Дніпровський 39, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ІДСС	34,4	27,8	54,2	101,4	98,7	155,6	158
Сорт Самаран 6, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ІДСС	33,3	23,0	52,4	83,8	92,7	136,2	147
Сорт Дніпровський 39, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ВПДСС	35,8	18,8	56,4	68,5	91,1	124,9	137
Сорт Самаран 6, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , ВПДСС	29,2	19,1	46,0	69,7	84,8	115,7	136
Сорт Дніпровський 39, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , БЦДСС	33,3	23,7	52,4	86,5	93,5	138,9	149
Сорт Дніпровський 39, N ₅₀ P ₄₀ K ₇₀ БЦДСС	30,6	23,4	48,2	85,2	77,2	133,3	173
Сорт Вінець, N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ , БЦДСС	31,6	22,6	49,7	82,2	90,6	132,0	146
Сорт Вінець, N ₅₀ P ₄₀ K ₇₀ , БЦДСС	28,6	21,9	45,0	79,7	73,7	124,6	169

Як бачимо, навіть за умови застосування підвищених доз мінерального удобрення (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) можна отримати гарну рентабельність вирощування сортів Дніпровський та Самаран 6 в умовах ЯДСС – 175 та 172 % завдяки тому, що рослини формують високі значення біомаси та існує диспаритет цін з вартості її переробки і вартості кінцевого продукту споживання викликаного ажіотажним в тому числі попитом на альтернативні види палива.

Також високий показник рентабельності вирощування та виробництва біопалив забезпечив сорт Дніпровський 39 за удобрення N₅₀P₄₀K₇₀ в умовах БЦДСС – 173 %.

Проаналізуємо також закономірності зміни основних економічних показників вирощування сорго звичайного двокольорового за хімічної системи захисту від бур'янів, за переробки на біопаливо (таблиця 8.12).

Таблиця 8.12

Основні економічні показники вирощування сорго звичайного двокольорового за хімічної системи захисту від бур'янів, за переробки на біопаливо, за цінами 2023 року

Варіант	Собівартість виробництва, грн.		Вартість продукції, тис. грн/га		Повна собівартість, тис. грн. при удобренні		Виручка від реалізації, тис. грн.	Рівень рентабельності, %	
	біоетанолу	твердого біопалива	біоетанолу	твердого біопалива	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Сорт Дніпровський 39, БЦДСС	29,4	20,7	46,3	75,5	70,4	64,2	121,8	173	190
Сорт Вінець, БЦДСС	25,2	20,0	39,7	72,9	65,5	59,3	112,6	172	190
Сорт Дніпровський 39, ЯДСС	18,8	25,6	29,6	93,4	64,7	58,6	123,1	190	210
Сорт Самаран 6, ЯДСС	16,0	22,0	25,1	80,2	58,2	52,1	105,3	181	202
Сорт Дніпровський 39, ВПДСС	25,4	21,5	40,0	78,2	67,1	60,9	118,2	176	194
Сорт Самаран 6, ВПДСС	27,0	22,3	42,6	81,1	69,6	63,4	123,7	178	195

Аналогічно попереднім даним наявність тенденцій до формування значного обсягу біомаси в умовах ЯДСС сприяла загальному зростанню рентабельності переробки сорго звичайного двокольорового і за застосування половинної дози удобрення рівень рентабельності склав 210 та 202 % при вирощуванні сортів сорго Дніпровський 39 та Самаран 6.

Отже, всупереч тому, що ЯДСС не може бути економічно вигідною для вирощування сорго звичайного двокольорового для отримання суто зерна, за вирощування його на біопаливо та переробку на біоетанол та тверді види палива можна отримати гарні показники рентабельності виробництва.

8.3. Енергетична ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового

Удосконалення елементів технології вирощування сорго звичайного двокольорового характеризується низкою енергетичних показників, які встановлюють їх енергоємність та окупність.

Аграрний сектор – є одним з основних ланок сільського господарства України, який все більше використовує для власного виробництва сировину і енергію, з кожним роком підвищуються його енергетичні та матеріальні ресурси. Тому що створення додаткової одиниці врожаю постачається за рахунок зростаючих залучень енергії, джерелом якої є не лише мінеральні добрива, а й всі чинники родючості, які впливають на ріст і розвиток рослин. Для формування високої урожайності відповідно зростають витрати енергії на добрива, техніку, меліорацію, пестициди, значно перевищуючи нормативи. Тому найважливішим для підвищення сільськогосподарського виробництва є удосконалення та впровадження ресурсозберігаючих технологій вирощування [18].

Енергетична оцінка елементів технології вирощування дає можливість встановити більш економічно вигідні різновиди технологічних операцій, дослідивши їх можна визначити ефективність застосування і рівень енергоємності та окупності витрат.

Енергоефективність елементів технології вирощування, що вивчалися у дослідках з сорго звичайним двокольоровим визначалась за технологічними операціями, що використовувались. Всі трудові та виробничі затрати визначаються у енергетичних одиницях – еквівалентах, які означають кількість непоновлюваної енергії, що витрачається на отримання 1 кг (1 л) маси та вимірюється у кілокалоріях або джоулях. Введення енергетичних еквівалентів до аналізу дає змогу привести до єдиного показника (ккал чи Дж) всі види праці й матеріально-технічні засоби та за його допомогою визначити активну частину кожного чинника [18].

Енергетична ефективність технологій вирощування різних культур закінчується встановленням енергетичної вартості врожаю – співвідношення

кількості енергії, яка знаходиться у вирощеній продукції, до кількості енергії, що витрачається на формування врожаю. Це співвідношення називається коефіцієнтом енергетичної ефективності.

Обчислення енергетичної ефективності технологій та технологічних процесів вирощування сорго звичайного двокольорового здійснювали на основі агротехнологічних операцій, що проводилися у дослідях.

Аналізуючи результати досліджень, відмічено, що менша енергетична ефективність в досліді спостерігається у варіанті з обробленням насіння водою, при цьому К_{ее} становив 9,43 (табл. 8.13), найвищим коефіцієнт був у варіанті за оброблення насіння і посівів стимулятором росту рослин – 13,08.

Таблиця 8.13

Енергетична ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового залежно від стимулятора росту рослин, БЦДСС

Варіант		Витрати сукупної енергії на 1 га, ГДж	Сумарний вихід енергії (біоетанол + тверде паливо), ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Оброблення насіння	Оброблення водою – контроль	16,8	158,44	9,43
	Оброблення насіння стимулятором росту рослин	16,9	188,86	11,18
Обприскування посівів	Без оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	17,1	205,38	12,01
	Оброблення насіння + обприскування посівів стимулятором росту рослин	18,4	240,65	13,08

Енергетична ефективність досліду найвищою спостерігається за оптимальних строків сівби (рис. 8.14), витрати енергії на одиницю посіву перевищували енергію витрачену за інших строків сівби насіння.

Коефіцієнт енергетичної ефективності за сівби насіння у I декаді травня (БЦДСС) був високим у досліді і становив 14,22 у сорту Дніпровський 39 та 12,67 у сорту Вінець. За сівби насіння на Іванівській ДСС Кее був найвищим і становив 12,46 у сорту Дніпровський 39 та 11,74 у сорту Самаран 6.

Таблиця 8.14

**Енергетична ефективність вирощування сорго звичайного
двокольорового залежно від строків сівби та глибини загортання насіння**

Варіант	Витрати сукупної енергії на 1 га, ГДж	Сумарний вихід енергії (біоетанол + тверде паливо), ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Сорт Дніпровський 39, БЦДСС, сівба I декада травня, глибина 6 см	16,1	228,98	14,22
Сорт Вінець, БЦДСС, сівба I декада травня, глибина 6 см	16,1	203,95	12,67
Сорт Дніпровський 39, ІДСС, сівба I декада травня	16,0	199,3	12,46
Сорт Самаран, ІДСС, сівба I декада травня	16,0	187,9	11,74
Сорт Дніпровський 39, ЯДСС, сівба II декада травня	16,2	148,12	9,14
Сорт Самаран, ЯДСС, сівба II декада травня	16,2	139,67	8,62
Сорт Дніпровський 39, ВПДСС, сівба I декада травня	16,2	237,65	14,67
Сорт Самаран, ВПДСС, сівба I декада травня	16,2	183,44	11,32

Енергетична ефективність за вирощування сорго звичайного двокольорового була нижчою і коефіцієнт становив 9,14 у сорту Дніпровський 39 та 8,62 у сорту Самаран 6, що пояснюється нижчим сумарним виходом отриманої енергії. В умовах Веселоподільської дослідно селекційної станції Кее становив 14,67 у сорту Дніпровський 39 та 11,32 у сорту Самаран 6.

Показник коефіцієнта енергетичної ефективності змінювався залежно і від норм висіву насіння та ширини міжрядь (табл. 8.15). Найвищі дані коефіцієнта спостерігалися на варіантах досліду де був найбільший збір надземної маси сорго і відповідно отримано вищий енергетичний ефект.

Таблиця 8.15

Енергетична ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового залежно від ширини міжрядь та норм висіву насіння

Варіант	Витрати сукупної енергії на 1 га, ГДж	Сумарний вихід енергії (біоетанол + тверде паливо), ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Сорт Дніпровський 39, норма 200 тис, ширина міжрядь 45 см, БЦДСС	16,7	228,8	13,70
Сорт Вінець, норма 200 тис, ширина міжрядь 45 см, БЦДСС	16,7	180,9	10,83
Сорт Дніпровський 39, норма 200 тис, ІДСС	16,3	203,64	12,49
Сорт Самаран 6, норма 200 тис, ІДСС	16,3	184,55	11,32
Сорт Дніпровський 39, норма 200 тис, ЯДСС	16,1	266,76	16,57
Сорт Самаран 6, норма 200 тис, ЯДСС	16,1	266,33	16,54
Сорт Дніпровський 39, норма 250 тис, ВПДСС	17,1	353,80	20,69
Сорт Самаран 6, норма 250 тис, ВПДСС	17,0	271,86	15,99

В умовах Білоцерківської ДСС максимальні показники коефіцієнта енергетичної ефективності (13,7 та 10,83) отримано за вирощування сорго з шириною міжрядь 45 см і нормою висіву насіння 200 тис.шт./га.

В умовах Іванівської та Ялтушківської ДСС коефіцієнт енергетичної ефективності вищим був у варіанті з нормою висіву насіння 200 тис. шт./га.

В умовах Веселоподільської ДСС найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності відмічено у варіанті з нормою висіву насіння 250 тис.шт./га і становить 20,69 за вирощування сорту Дніпровський 39 та 15,99 сорту Самаран 6.

Аналізуючи отримані результати досліджень з впливу доз мінеральних добрив на енергетичну ефективність встановлено, що із збільшенням доз добрив К_{ее} зменшується (табл. 8.16).

Таблиця 8.16

Енергетична ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового залежно від доз мінеральних добрив, БЦДСС

Сорт	Варіант	Витрати сукупної енергії на 1 га, ГДж	Сумарний вихід енергії (біоетанол + тверде паливо), ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Дніпровський 39	Без добрив контроль	16,2	145,9	9,01
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	18,3	159,5	8,72
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	21,8	167,9	7,70
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	30,2	178,6	5,91
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	42,1	187,8	4,46
	Розрахункова доза добрив (N ₅₀ P ₄₀ K ₇₀)	22,6	181,0	8,01
Вінець	Без добрив контроль	16,2	133,0	8,21
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	18,3	147,4	8,05
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	21,8	160,9	7,38
	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	30,2	168,7	5,59
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	42,1	178,3	4,24
	Розрахункова доза добрив (N ₅₀ P ₄₀ K ₇₀)	22,6	169,8	7,51

В умовах Ялтушківської, Іванівської та Веселоподільської ДСС за внесення дози $N_{120}P_{120}K_{120}$ Кее був найнижчим і змінювався від 3,62 до 5,46.

У варіанті контроль енергетичний ефект (сумарний вихід енергії) був найнижчим як на біоетанол, так і на тверде паливо.

Коефіцієнт енергетичної ефективності за вирощування сорго звичайного двокольорового і переробляння на біоетанол і тверде паливо становить у варіанті контроль – 9,01 (Дніпровський 39) та 8,21 (Вінець). За збільшення дози від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{120}P_{120}K_{120}$ Кее змінюється в межах від 8,72 до 4,46 у сорту Дніпровський 39 та від 8,05 до 4,24 у сорту Вінець. За розрахункової дози – 8,01 та 7,51.

Максимальний показник коефіцієнта енергетичної ефективності отримано у варіанті – контроль 2 (ручне прополювання) за вирощуваних сортів сорго звичайного двокольорового (табл. 8.17) і становив у досліді від 10,29 до 11,86, залежно від умов проведення досліджень.

Проте такі високі значення Кее пояснюються тим, що рослини сорго формували високу продуктивність у цьому варіанті досліду з мінімальними витратами енергії на використання технології вирощування. Але такі варіанти досліду використовувались як порівняльні, тому застосування такого елементу технології як ручного прополювання на великих площах посіву є неможливе.

Дещо менший показник Кее отримано у варіанті із застосуванням хімічного способу контролювання чисельності бур'янів і змінювався він у межах від 8,13 до 9,09. За механічного способу змінювався у межах від 7,46 до 7,69, залежно від умов вирощування та сортових особливостей.

Вирощування ранньостиглого гібрида Сват та середньостиглого сорту Смотрич призводить до отримання високих значень коефіцієнта енергетичної ефективності і в умовах Білоцерківської ДСС він становив 13,65 та 14,14, в умовах Ялтушківської ДСС – 18,43 та 18,49 (табл. 8.18).

Таблиця 8.17

**Енергетична ефективність вирощування сорго звичайного
двокольорового залежно від способів контролювання чисельності бур'янів**

Сорт	Варіант	Витрати сукупної енергії на 1 га, ГДж	Загальний вихід енергії (тверде+біоетанол), ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
БЦДСС				
Дніпро-вський 39	Без прополювання (контроль 1)	16,1	114,21	7,09
	Механічний спосіб	18,8	144,39	7,68
	Хімічний спосіб	18,7	164,37	8,79
	Ручне прополювання (контроль 2)	17,2	191,64	11,14
Вінець	Без прополювання (контроль 1)	16,1	106,06	6,59
	Механічний спосіб	18,8	140,24	7,46
	Хімічний спосіб	18,7	154,06	8,24
	Ручне прополювання (контроль 2)	17,2	189,37	11,01
ЯДСС				
Дніпро-вський 39	Без прополювання (контроль 1)	16,1	114,12	7,09
	Механічний спосіб	18,8	144,48	7,69
	Хімічний спосіб	18,7	162,99	8,72
	Ручне прополювання (контроль 2)	17,2	181,62	10,56
Самаран 6	Без прополювання (контроль 1)	16,1	118,21	7,34
	Механічний спосіб	18,8	142,30	7,57
	Хімічний спосіб	18,7	152,01	8,13
	Ручне прополювання (контроль 2)	17,2	177,02	10,29
ВПДСС				
Дніпро-вський 39	Без прополювання (контроль 1)	16,1	125,56	7,80
	Механічний спосіб	18,8	140,87	7,49
	Хімічний спосіб	18,7	162,88	8,71
	Ручне прополювання (контроль 2)	17,2	204,05	11,86
Самаран 6	Без прополювання (контроль 1)	16,1	118,01	7,33
	Механічний спосіб	18,8	143,71	7,64
	Хімічний спосіб	18,7	169,97	9,09
	Ручне прополювання (контроль 2)	17,2	193,88	11,27

Таблиця 8.18

Енергетична ефективність вирощування сорго звичайного двокольорового

Варіант	Витрати сукупної енергії на 1 га, ГДж	Вихід біоетанолу, т/га	Вихід твердого палива, т/га	Загальний вихід енергії (тверде+біоетанол), ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
Гібрид Сват, БЦДСС	16,4	1,32	11,72	223,90	13,65
Сорт Смотрич, БЦДСС	16,4	1,50	11,92	231,89	14,14
Сорт Ярона, БЦДСС	16,4	1,15	9,28	179,88	10,97
Гібрид Сват, ЯДСС	16,4	1,08	16,89	302,25	18,43
Сорт Смотрич, ЯДСС	16,4	1,16	16,82	303,23	18,49
Сорт Ярона, ЯДСС	16,4	1,03	13,04	238,40	14,54

За вирощування пізньостиглого сорту Ярона Кее менший у середньому на 19–22 %.

Висновки до розділу 8

1. Досліджено, що навіть в умовах значного диспаритету цін на зерно і основні виробничі потреби в вигляді мінеральних добрив, засобів захисту, паливно-мастильних матеріалів, правильне планування та впровадження технології вирощування сорго звичайного двокольорового здатне забезпечити прибутковість його вирощування. Так, найвищу вартість урожаю отримали на варіантах вирощування сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 в умовах БЦДСС за сівби при температурі ґрунту 12–14 °С та глибини загортання насіння 6 см – 29600 грн. та вирощування сорту Дніпровський 39 в умовах ВПДСС за сівби при температурі ґрунту 12–14 °С – 30000 грн. обидва ці ж варіанти сприяли отриманню рівня рентабельності 123 та 125 % за повної дози

удобрення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) та 165 і 168 % за умови внесення половинної дози ($N_{30}P_{30}K_{30}$).

2. Доведено, що навіть оптимізація норми висіву насіння здатна суттєво впливати на закономірності формування економічної ефективності вирощування сорго звичайного двокольорового. Так, за вирощування сорту Дніпровський 39 з нормою 200 тис. шт./га та шириною міжрядь 45 см в умовах БЦДСС отримано прибуток від продажу зерна 29600 грн./га, а рентабельність за повної дози удобрення була 123 %, а за половинної – 165 %. Вирощування сорту Дніпровський 39 в умовах ІДСС з нормою висіву 200 тис. шт./га сприяло отриманню рентабельності виробництва на рівні 113 та 152 %. Тоді як кращі показники рентабельності в 135 та 182 % та прибутку від продажу зерна в 32520 грн./га можна отримати за вирощування сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 в умовах ВПДСС за норми висіву в 250 тис. шт./га.

3. Встановлено також, що використання високих доз добрив не дозволяє досягнути навіть мінімального рівня повернення витрачених на технологію вирощування сорго звичайного двокольорового коштів. Так вищий рівень рентабельності було отримано в умовах ВПДСС – 71 %, за вирощування сорту Дніпровський 39 та удобрення з дозою $N_{120}P_{120}K_{120}$ в діючій речовині. Вирощування з такими дозами удобрення сорго звичайного двокольорового в умовах ЯДСС буде не вигідне навіть за високої вартості отриманої продукції. Тоді як в умовах БЦДСС за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ отримано рентабельність сорту Дніпровський 39 – 125 % та сорту Вінець – 116 %, а за застосування розрахункової дози $N_{50}P_{40}K_{70}$ – 125 та 120 %.

4. За умови реєстрації гербіциду Гвардіан тетра до використання на посівах сорго звичайного двокольорового його можна рекомендувати до широкого впровадження у виробництво. Адже досліджено, що рівень рентабельності вирощування сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 в умовах БЦДСС за повної дози удобрення та обробки посівів Гвардіан тетра становив 105 %, а за половинної – 150 %. Аналогічно, в умовах ВПДСС рентабельність цього ж сорту становила 108 та 153 %.

5. За переробки сорго звичайного двокольорового на біопаливо – отримання з зерна біоетанолу та переробки сухої маси на сухі види палива можна отримати додатковий прибуток від вирощування, однак переробляння продукції накладає також свій відбиток на формування витратної частини. При цьому, за продажу зерна вартість від реалізації продукції сягає заледве 30 тис. грн./га, а коли переробити на біопаливо то можна отримати 170 тис. грн./га, однак виробництво біопалива також потребує витрат. Тому, за умови побудови переробки на місці кращими за рентабельністю переробки були варіанти вирощування сорго звичайного двокольорового в умовах БЦДСС за оброблення насіння Вермистим + обприскування посівів, тут отримано за повної дози удобрення рентабельність 185 % а за половинної – 198 %. Також за вирощування сорту Дніпровський 39 в умовах ВПДСС та сівби за температури ґрунту 12–14 °С рентабельність склала 183 та 196 %.

6. Встановлено, що найбільша рентабельність була за вирощування сортів сорго Дніпровський 39 та Самаран 6 в умовах ЯДСС з нормою висіву в 200 тис. шт./га при цьому за повного удобрення рентабельність була 209 та 208 %, а за застосування половинної дози – 225 та 223 %. Що пов'язано з тим, що в даних агрокліматичних умовах сорго формувало великий обсяг біомаси та малий обсяг зерна. При цьому собівартість створення однієї тони біопалива складає 2800 грн., без врахування вартості сировини, а ціна одиниці біопалива в сучасних умовах не менше 10200 грн., що досить суттєво позначається на формуванні остаточного прибутку та рентабельності виробництва. Тоді як на сьогодні ціна біоетанолу становить 26,4 грн./кг, тоді як собівартість виробництва становить не менше 16,8 грн./кг.

7. Досліджено, що навіть за умови застосування підвищених доз мінеральних добрив ($N_{120}P_{120}K_{120}$) можна отримати гарну рентабельність вирощування сортів Дніпровський 39 та Самаран 6 в умовах ЯДСС – 175 та 172 % завдяки тому, що рослини формують високий урожай біомаси. Також гарний показник рентабельності вирощування та виробництва біопалив

забезпечив сорт Дніпровський 39 за удобрення у дозі $N_{50}P_{40}K_{70}$ в умовах БЦДСС – 173 %.

8. Встановлено, що не зважаючи на те що зона діяльності ЯДСС не може бути економічно вигідною для вирощування сорго звичайного двокольорового для отримання суто зерна, за вирощування його на біопаливо та переробку на біоетанол та тверді види палива можна отримати гарні показники рентабельності виробництва понад 200 %.

9. Коефіцієнт енергетичної ефективності був найвищим у варіантах за обробки насіння та обприскування посівів стимулятором росту рослин (13,08), за оптимального строку сівби (8,62–14,67), норм висіву (10,83–20,69), доз добрив (4,24–9,01) та способу контролювання чисельності бур'янів (11,86).

Література до розділу 8

1. Месель-Веселяк В. Я. Виробництво зернових культур в Україні: потенційні можливості. *Економіка АПК*. 2018. № 5. С. 5–14.
2. Ільчук М. М., Коновал І. А., Барановська О. Д., Євтушенко В. Д. Розвиток ринку зерна в Україні та його стабілізація. *Економіка АПК*. 2019. № 4. С. 29–38. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201904029>
3. Черемісіна С. Г. Ринок зернових культур в Україні: аналіз сучасного стану та перспективи розвитку. *Економіка АПК*. 2021. № 2. С. 48–58. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202102048>
4. Національна економічна стратегія України на період до 2030 року / Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/napryamki/programi-rozvitku-apk>
5. Гадзало Я. М., Лузан Ю. Я. Зовнішньоекономічна діяльність та результативність функціонування аграрного сектору економіки України. *Економіка АПК*. 2021. № 4. С. 6–17. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202104006>
6. Хаєцька О. П. Перспективи розвитку зовнішньоекономічної діяльності агропромислових ринків. *Міжрегіональна взаємодія логістичних систем в*

умовах трансформації економіки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Умань, 18–19 травня 2018 р.). Умань : Візаві, 2018. С. 118–121.

7. Кравченко В. Сутінки агрохолдингів: як війна змінить сільське господарство України. URL: <https://mind.ua/publications/20245288-sutinkiagroholdingiv-yak-vijna-zminit-silске-gospodarstvo-ukrayini>

8. Рихліцький В. Бізнес в умовах війни: хто зазнав найбільших втрат та як відновлюються підприємства. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/03/23/684549/>

9. Особливості функціонування аграрного сектора економіки України в умовах війни. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/osoblyvostifunktsionuvannya-aharnoho-sektora-ekonomiky-ukrayiny-v-umovakh>

10. Економіка регіонів України в умовах війни: ризики та напрямки забезпечення стійкості / наук. ред. І. З. Сторонянська. Львів : ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України», 2022. 70 с.

11. Нечипорук К. О., Щерба Р. І. Угода про асоціацію України та ЄС: процес укладення угоди та його наслідки для України. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2018. Вип. 22. С. 5–9.

12. Данкевич В., Наумчук В. Стан продовольчої безпеки країни в умовах запровадження ринкового обігу сільськогосподарських земель. *The Scientific Heritage*. 2021. № 69. С. 12–18. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-69-1-12-18>

13. Залізняк В. П. Державна підтримка аграрного сектору економіки країни як основа забезпечення продовольчої безпеки. *Інвестиції: практика та досвід*. 2019. № 3. С. 123–127. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2019.3.123>

14. Яремчук Н. В. Продовольча безпека як стратегічний пріоритет аграрної політики та основа національної безпеки держави. *Інвестиції: практика та досвід*. 2019. № 23. С. 70–79. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2019.23.70>

15. Шнайдер А. О. Проблеми реалізації земельної реформи та становлення ринку землі в Україні. *Студентський вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2021. Вип. 1. С. 110–113.

16. Ягодзінська А. С. Волатильність цін на продукти харчування в Україні. *Інноваційна економіка*. 2020. № 5–6. С. 49–57. <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2020.5-6.7>

17. Волощук В. Р., Богачик С. В., Іванишин О. В. Формування ланцюгів постачань ресурсів в інноваційній системі агрологістики. *Підприємництво та інновації*. 2020. № 13. С. 19–23. <https://doi.org/10.37320/2415-3583/13.3>

18. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві К.: Урожай, 1988. 208 с. (Економія і бережливість).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і практичне вирішення наукової проблеми щодо закономірностей формування високопродуктивних посівів сорго звичайного двокольорового як сировини для виробництва біопалива (біоетанолу та твердого палива) залежно від стимулятора росту, строку сівби, глибини загортання насіння, способу сівби насіння – ширини міжрядь та норми висіву, дози добрив, способу контролювання чисельності бур'янів, строку збирання.

1. В умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України (БЦДСС) найвища польова схожість насіння була за сівби при температурі ґрунту 12–14 °С – I декада травня за оптимальної глибини загортання насіння 4 та 6 см – сорту Дніпровський 39 – 84,2 та 86,8 %, сорту Вінець – 83,1 та 85,4 %. В умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України (ЯДСС) та нестійкого зволоження (ІДСС) й недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України (ВПДСС) найвища польова схожість насіння отримана за сівби насіння при температурі ґрунту 12–14 та 16–18 °С – I і II декада травня.

2. За сівби насіння у I декаді травня і глибини загортання 6 см в умовах Правобережного Лісостепу площа листкової поверхні була найбільшою і становила у сорту Дніпровський 39 – 38,89 тис. м²/га, Вінець – 36,88 тис. м²/га. Відповідно, найвищий фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу були у рослин сорго на цьому ж варіанті досліду. В умовах Лівобережного Лісостепу найкращі показники площі листкової поверхні, ФП та ЧПФ були за сівби у I та II декадах травня. Найбільший вплив на фотосинтетичну продуктивність мали такі фактори як строки сівби, погодні умови, сорти та їх взаємодія.

3. Найвищу польову схожість незалежно від ґрунтово-кліматичних умов отримано за широкорядного способу (міжряддя 45 см) та норми висіву насіння 200 і 250 тис. шт./га. Частка впливу фактору ширина міжрядь становила 23–26 %,

норма висіву насіння – 19–20 %, погодних умов – 20–29 %, сорт – 10–11 %, взаємодія факторів та вплив інших факторів – 17–23 %.

4. Внесення добрив забезпечило достовірне збільшення чистої продуктивності фотосинтезу рослин сорго за розрахункової дози $N_{50}P_{40}K_{70}$ та внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ і $N_{120}P_{120}K_{120}$ в умовах Правобережного Лісостепу, така ж закономірність відмічена і в умовах Західного та Лівобережного Лісостепу. Найменша чиста продуктивність фотосинтезу була в контролі, де добрива не вносили.

5. Достовірно вищу ефективність контролювання чисельності бур'янів, порівняно з контролем, забезпечили хімічний спосіб захисту посівів на 77,0 % та механічний – на 78 %.

6. Оброблення насіння стимулятором росту та обприскування посівів сприяло скороченню періоду вегетації на 5 діб, покращилися показники росту і розвитку рослин і, як результат, збільшилася урожайність на 2,7 т/га, біоетанолу – на 0,93 т/га, твердого біопалива – на 3,62 т/га, вихід енергії – на 82,2 ГДж/га. Чиста продуктивність була найвищою і становила 6,12 г/м², якісні показники зерна також були найвищими: вміст білка – 11,9 %, жиру – 3,47 %, золи – 1,79 %, клітковини – 2,31 % і крохмалю – 68,7 %.

7. В умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України, найвищу урожайність зерна 6,7 т/га у сорту Вінець та 7,4 т/га у сорту Дніпровський 39, біомаси, відповідно 39,5 та 44,4 т/га отримано за сівби насіння при температурі ґрунту 12–14 °С на глибині 10 см (І декада травня), за глибини загортання 6 см. В умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України достовірно високу урожайність зерна та біомаси отримано за сівби насіння сорго звичайного двокольорового при температурі ґрунту 16–18 °С на глибині 10 см (ІІ декада травня), Лівобережного Лісостепу – при температурі 12–14 °С (І декада травня).

8. Найвищу урожайність зерна сорго звичайного двокольорового отримано за широкорядного способу сівби (міжряддя 45 см) та нормою висіву насіння 200 і 250 тис. шт./га, яка становила 7,2–7,4 т/га. Збільшення або зменшення ширини

міжрядь і норми висіву призводило до зниження урожайності зерна обох сортів. Водночас отримано максимальний вихід біоетанолу та твердого палива і енергії з нього.

9. Застосування мінеральних добрив забезпечило достовірне збільшення урожайності зерна порівняно з контролем. За найменшої дози добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайність збільшилася в умовах Правобережного Лісостепу на 0,4–0,9 т/га, за найбільшої дози $N_{120}P_{120}K_{120}$ – на 2,7–3,5 т/га. Аналогічне підвищення урожайності зерна отримано в умовах Західного та Лівобережного Лісостепу. В усіх умовах дослідження найвищий вихід біопалива та загальної енергії з нього отримано за внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ – $N_{120}P_{120}K_{120}$.

10. Використання добрив значно покращило якість зерна сорго, вміст білка збільшився від 9,7 до 12,4 % у сорту Дніпровський 39, та від 9,1 до 12,2 % у сорту Вінець, вміст жиру у сортів Дніпровський 39 та Вінець за найменшої дози $N_{30}P_{30}K_{30}$ становив, відповідно – 3,37 та 3,34 %, а за найбільшої дози – відповідно, 3,62 та 3,52 %, із збільшенням дози добрив від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{120}P_{120}K_{120}$ вміст крохмалю у сорту Дніпровський 39 підвищувався від 67,1 до 70,1 %, у сорту Вінець – від 65,8 до 68,8 %.

11. За абсолютного контролювання чисельності бур'янів, в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України, отримано найвищу урожайність зерна і біомаси, яка становила, відповідно – 6,40 та 29,7 т/га у сорту Дніпровський 39 та 6,20 і 29,3 т/га у сорту Вінець. Аналогічну закономірність отримано в умовах Західного та Лівобережного Лісостепу України.

12. Відмічено, що за хімічного та механічного способів контролювання чисельності бур'янів якість зерна була високою порівняно з контролем 1 (без прополювання): вміст білка в середньому по досліді був вищим на 6,1–10,3 %, вміст жиру – на 6,03–7,6 %, вміст золи – на 5,3–9,5 %, вміст клітковини і крохмалю – на 5,1–6,6 та 1,4–4,2 %. Також високі показники якості зерна визначено у варіанті з ручним прополюванням.

13. У зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України урожайність зерна та біомаси залежали від сортових особливостей – у

ранньостиглого гібрида Сват та середньостиглого сорту Смотрич становила 4,0 та 4,6 т/га, що на 0,5 та 1,1 т/га вище, ніж у пізньостиглого сорту Ярона, яка становила 3,5 т/га.

14. За оптимального строку збирання зерна за 100 % побуріння волоті, вологість зерна сорту Дніпровський 39 становила 20 %, енергія проростання – 87,9 %, схожість – 92,3 %, сорту Вінець, відповідно – 18,0; 88,2 і 95,2 %, водночас як за побуріння волоті на 50 та 75 % (воскова – початок повної стиглості) вологість зерна була вищою, а якісні показники значно нижчими у обох досліджуваних сортів.

15. За вирощування сорго звичайного двокольорового сорту Дніпровський 39 в умовах Правобережного Лісостепу за сівби у I декаді травня та глибини загортання насіння 6 см вартість вирощеної продукції становила 29600 грн/га та вирощування сорту Дніпровський 39 в умовах Лівобережного Лісостепу за сівби також у I декаді травня – 30000 грн/га, що забезпечило рівень рентабельності 123 та 125 % за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та 165 і 168 % – $N_{30}P_{30}K_{30}$.

16. Вирощування сорту Дніпровський 39 за широкорядного способу сівби (міжряддя 45 см) та нормою висіву насіння 200 тис. шт./га в умовах Правобережного Лісостепу (БЦДСС) забезпечило прибуток 29600 грн/га, з рентабельністю за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 123 %, $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 165 %. В умовах Лівобережного Лісостепу (ІДСС) за такої ж норми висіву рентабельність виробництва була на рівні 113 та 152 %, а в умовах Лівобережного Лісостепу (ВПДСС) за норми висіву в 250 тис. шт./га отримано прибуток 32520 грн/га за рентабельності в 135 та 182 %.

17. За вирощування сорту Дніпровський 39 і внесення $N_{120}P_{120}K_{120}$ в умовах Лівобережного Лісостепу рентабельність виробництва становила 71 %, в умовах Західного Лісостепу внесення таких доз добрив не вигідне навіть за високої вартості отриманої продукції. Коефіцієнт енергетичної ефективності із збільшенням доз добрив зменшується до 4,24. В умовах Правобережного Лісостепу за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ отримано рентабельність сорту Дніпровський 39 – 125 % та сорту Вінець – 116 %, а за застосування розрахункової дози $N_{50}P_{40}K_{70}$

– 125 та 120 %. Коефіцієнт енергетичної ефективності був високим – 8,72 та 8,05 ($N_{30}P_{30}K_{30}$), 8,01 та 7,51 ($N_{50}P_{40}K_{70}$).

18. Для стабільного виробництва сорго звичайного двокольорового доцільно розміщувати посіви в сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах, а застосування агротехнологічних заходів – строків сівби, способів сівби, норм висіву, глибини загортання насіння, контролювання чисельності бур'янів, удобрення та строків збирання зерна має відповідати біологічним потребам сортів рослин.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для сільськогосподарського виробництва рекомендується формувати технологію вирощування сорго звичайного двокольорового з огляду на вологозабезпеченість та температурний режим регіону, опираючись на елементи зонального адаптування технологій сорго в умовах Лісостепу України.

Для Західного (Ялтушківська ДСС), Правобережного (Білоцерківська ДСС) та Лівобережного Лісостепу (Іванівська та Веселоподільська ДСС) рекомендовано:

- висівати ранньо- та середньостиглі сорти сорго звичайного двокольорового;
- перед сівбою проводити оброблення насіння стимулятором росту Вермистим (оброблення насіння препаратом в нормі 1:5 – 2 г препарату на 100 г води/кг насіння) + обприскування посівів (обприскування посівів у нормі 1:50 в період інтенсивного росту рослин – 2 л препарату на 100 л води/0,5 га посівів);
- для обмеження чисельності бур'янів використовувати гербіцид з діючою речовиною Ацетохлор, 450 г/л + Тербутилазин, 214 г/л + Фурилазол, 15 г/л, з нормою 3,5 л/га (до появи сходів або у фазу 1–3 листки);
- вносити мінеральні добрива в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$.

В умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу України:

Насіння висівати за температури ґрунту 12–14 °С – 16–18 °С на глибину загортання 6 см, широкорядним способом (міжряддя 45 см), з нормою висіву насіння 200 тис. шт./га.

В умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України:

Насіння висівати за температури ґрунту 12–14 °С з глибиною загортання 4 та 6 см, широкорядним способом (міжряддя 45 см), з нормою висіву 200 та 250 тис. шт./га.

В умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України:

Насіння висівати за температури ґрунту 12–14 °С – 16–18 °С з глибиною загортання 6 см, широкорядним способом (міжряддя 45 см) та нормою висіву 200 тис. шт./га.

В умовах недостатнього зволоження Лівобережного Лісостепу України:

Насіння висівати за температури ґрунту 12–14 °С з глибиною загортання 4 см, широкорядним способом (міжряддя 45 см) та нормою висіву 250 тис. шт./га.

ДОДАТКИ

Додаток А.1

Метеорологічні умови на Білоцерківській ДСС 2016–2022 р.

Місяць	Середньодобова температура повітря, °С				Кількість опадів, мм			
	декада			за місяць	декада			за місяць
	I	II	III		I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2016 рік								
Квітень	12,7	13,8	10,8	12,4	0,0	55,6	3,8	59,4
Травень	13,5	12,8	17,4	14,6	24,7	61,8	8,7	95,2
Червень	16,0	18,8	23,3	19,4	13,2	14,2	10,3	37,7
Липень	21,4	24,6	23,5	23,2	7,0	0,5	17,0	24,5
Серпень	23,5	19,6	21,6	21,6	4,2	11,3	6,5	22,0
Вересень	19,8	16,1	12,1	16,0	0,0	0,0	4,6	4,6
2017 рік								
Квітень	11,6	7,5	11,8	10,3	9,5	5,4	0,0	14,9
Травень	13,6	12,8	18,3	14,9	12,5	14,8	17,7	45,0
Червень	18,8	18,8	21,6	19,7	0,0	3,9	22,8	26,7
Липень	19,0	20,1	21,9	20,3	11,5	14,8	21,8	48,1
Серпень	23,9	24,6	17,2	21,9	5,4	0,0	10,7	16,1
Вересень	16,6	18,9	13,3	16,3	24,4	4,7	6,9	36,0
2018 рік								
Квітень	10,3	13,7	15,7	13,2	1,7	0,0	8,5	10,2
Травень	20,4	15,9	18,8	18,4	5,2	38,4	0,0	43,6
Червень	19,4	21,9	19,1	20,1	4,0	13,3	66,7	84,0
Липень	18,8	20,5	22,0	20,4	5,2	15,8	32,2	53,2
Серпень	21,6	22,5	20,3	21,5	5,5	2,5	7,0	15,0
Вересень	18,6	17,9	12,0	16,2	39,8	2,5	12,9	55,2
2019 рік								
Квітень	9,5	7,2	13,1	9,9	0,0	27,5	4,7	32,2
Травень	12,1	18,3	19,3	16,6	31,1	7,8	35,9	74,8
Червень	21,2	23,6	21,3	22,0	61,8	0,0	37,9	99,7
Липень	19,0	17,2	21,6	19,3	2,0	6,4	14,7	23,1
Серпень	18,6	20,7	21,0	20,1	17,1	4,3	0,0	21,4
Вересень	19,2	15,4	11,5	15,4	0,0	2,0	20,1	22,1

Продовження додатку А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2020 рік								
Квітень	7,9	8,0	11,7	9,2	0,0	5,9	9,1	15
Травень	12,8	13,2	11,6	12,5	19,5	13,5	57,7	90,7
Червень	18,5	23,2	21,9	21,2	0,9	19,5	5,9	26,3
Липень	21,3	19,8	20,5	20,5	20,4	0,0	1,8	22,2
Серпень	20,2	18,6	20,4	19,7	25,8	0,0	40,8	66,6
Вересень	20,2	16,2	15,5	17,3	4,1	0,0	18,6	22,7
2021 рік								
Квітень	5,7	8,1	8,2	7,4	11,0	12,8	13,0	36,8
Травень	11,9	14,4	15,4	13,9	18,2	32,2	81,6	132,0
Червень	16,1	20,0	23,5	19,9	10,9	35,4	0,0	46,3
Липень	22,6	24,4	22,1	23,0	6,3	17,5	50,2	74,0
Серпень	21,3	20,4	18,0	19,8	18,4	9,0	26,6	54,0
Вересень	13,4	15,4	9,3	12,7	1,0	1,8	13,8	16,6
2022 рік								
Квітень	6,6	6,8	11,2	8,2	36,2	16,5	20,1	72,8
Травень	12,9	14,8	17,1	14,9	0,0	5,0	18,9	23,9
Червень	20,8	21,0	22,6	21,5	0,6	0,0	33,9	34,5
Липень	22,2	18,5	24,6	21,8	0,0	38,7	0,0	38,7
Серпень	21,6	22,3	26,6	23,5	44,6	24,6	15,2	84,4
Вересень	19,0	18,6	20,0	19,2	0,0	4,0	0,0	4,0
Середні багаторічні показники								
Квітень	7,0	7,8	10,4	8,4	14,0	17,0	16,0	47,0
Травень	13,5	15,3	15,8	14,9	16,0	12,0	18,0	46,0
Червень	17,3	17,4	18,7	17,8	23,0	27,0	23,0	73,0
Липень	18,5	19,4	19,1	19,0	35,0	24,0	26,0	85,0
Серпень	19,7	18,6	17,0	18,4	16,0	25,0	19,0	60,0
Вересень	16,0	13,7	11,8	13,8	13,0	11,0	11,0	35,0

Додаток А.2

Метеорологічні умови на Ялтушківській ДСС 2016–2022 р.

Місяць	Середньодобова температура повітря, °С				Кількість опадів, мм			
	декада			за місяць	декада			за місяць
	I	II	III		I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2016 рік								
Квітень	11,9	12,8	10,0	11,6	4,0	5,0	3,1	12,1
Травень	13,6	12,2	18,1	14,6	19,4	25,7	3,4	48,5
Червень	16,1	19,6	24,0	19,9	33,1	25	24,5	82,6
Липень	19,1	21,0	21,8	20,6	12,5	11,0	6,5	30,0
Серпень	21,6	16,8	20,8	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Вересень	19,9	15,6	11,2	15,6	0,0	0,0	3,0	3,0
2017 рік								
Квітень	10,6	6,3	9,9	8,9	11,0	10,4	15,0	36,4
Травень	12,3	12,7	17,0	14,0	8,9	7,5	13,3	29,7
Червень	18,1	18,0	21,1	19,1	11,4	15,2	11,4	38,0
Липень	17,9	19,9	21,0	19,6	6,3	8,0	6,7	21,0
Серпень	23,4	23,0	15,5	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Вересень	15,6	17,2	11,7	14,8	17,4	18,2	11,8	47,4
2018 рік								
Квітень	10,0	14,1	15,3	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Травень	19,1	14,8	18,1	17,3	4,8	5,9	3,8	14,5
Червень	19,4	20,9	17,6	19,3	38,0	28,6	28,6	95,2
Липень	18,5	20,1	21,7	20,1	35,6	26,7	17,8	80,1
Серпень	22,3	21,7	19,7	21,2	16,5	17,0	6,7	40,2
Вересень	17,6	17,1	10,9	15,2	11,0	12,9	13,5	37,4
2019 рік								
Квітень	8,3	6,3	13,0	9,2	16,0	29,0	20,0	65,0
Травень	10,5	17,3	18,2	15,3	70,0	124,0	20,0	214,0
Червень	20,7	23,8	21,8	22,1	52,0	12,0	0,0	64,0
Липень	18,7	16,9	21,4	19,0	15,0	6,0	16,0	37,0
Серпень	19,0	20,3	20,8	20,0	9,0	13,0	0,0	22,0
Вересень	19,0	13,8	11,2	14,7	0,0	7,0	20,0	27,0

Продовження додатку А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2020 рік								
Квітень	6,4	7,0	10,8	8,1	0,0	0,0	13,3	13,3
Травень	11,5	12,4	10,5	11,5	18,5	0,0	56,5	75,0
Червень	16,8	21,6	21,5	20,0	10,0	40,5	34,0	84,5
Липень	20,4	18,9	20,9	20,1	3,5	8,3	5,0	16,8
Серпень	20,7	19,3	19,9	20,0	0,0	6,5	14,5	21,0
Вересень	18,6	16,5	15,4	16,8	3,2	0,0	48,0	51,2
2021 рік								
Квітень	7,0	7,2	6,2	6,8	7,0	8,0	6,0	21,0
Травень	12,9	13,8	13,8	13,5	18,0	22,0	12,0	52,0
Червень	18,2	19,0	21,6	19,6	23,0	20,0	0,0	43,0
Липень	21,4	23,1	23,3	22,6	0,0	44,0	16,0	60,0
Серпень	19,6	19,2	17,6	18,8	83,0	7,2	0,0	90,2
Вересень	14,2	12,0	10,4	12,2	0,0	25,0	0,0	25,0
2022 рік								
Квітень	6,0	6,8	8,2	7,0	8,0	0,0	1,2	9,2
Травень	12,4	13,6	14,8	13,6	20,0	0,0	7,0	27,0
Червень	18,0	19,2	21,0	19,4	0,0	20,0	1,3	21,3
Липень	19,9	19,1	18,0	19,0	13,6	16,9	0,0	30,5
Серпень	22,6	20,8	17,2	20,2	0,0	20,0	26,5	46,5
Вересень	19,3	18,1	18,4	18,6	20,2	14,0	0,0	34,2
Середні багаторічні показники								
Квітень				7,3				42,0
Травень				13,5				62,0
Червень				16,4				74,0
Липень				18,5				88,0
Серпень				17,7				55,0
Вересень				13,4				49,0

Додаток А.3

Метеорологічні умови на Іванівській ДСС 2016–2022 р.

Місяць	Середньодобова температура повітря, °С				Кількість опадів, мм			
	декада			за місяць	декада			за місяць
	I	II	III		I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2016 рік								
Квітень	11,8	15,2	11,9	13,0	9,0	17,0	39,0	65,0
Травень	14,7	14,7	18,0	15,8	20,0	62,0	33,0	115,0
Червень	16,5	21,5	24,7	20,9	3,0	30,0	64,0	97,0
Липень	20,9	26,1	22,6	23,2	12,0	8,0	14,0	34,0
Серпень	24,5	20,0	22,8	22,4	3,0	35,0	19,0	57,0
Вересень	19,2	14,9	10,5	14,9	0,0	0,0	4,0	4,0
2017 рік								
Квітень	10,3	7,8	11,2	9,8	2,0	20,0	5,0	27,0
Травень	15,5	11,4	18,4	15,1	3,0	24,0	15,0	42,0
Червень	17,9	18,6	22,6	19,7	7,0	12,0	18,0	37,0
Липень	19,9	21,5	24,5	22,0	10,0	25,0	27,0	62,0
Серпень	26,0	27,0	19,1	24,0	0,0	0,0	21,0	21,0
Вересень	18,1	20,5	13,2	17,3	20,0	0,0	0,0	20,0
2018 рік								
Квітень	10,0	12,5	14,3	12,3	10,0	4,0	24,0	38,0
Травень	21,3	16,4	19,0	18,9	0,0	21,0	0,0	21,0
Червень	16,6	21,2	22,7	20,2	1,0	22,0	20,0	43,0
Липень	21,4	25,6	25,0	24,0	5,0	68,0	9,0	82,0
Серпень	23,6	25,0	23,7	24,1	1,0	0,0	0,0	1,0
Вересень	22,3	19,6	13,0	18,3	10,0	3,0	32,0	45,0
2019 рік								
Квітень	9,0	8,5	13,5	10,3	0,0	35,0	14,0	49,0
Травень	15,2	18,9	21,6	18,6	43,0	5,0	10,0	58,0
Червень	23,0	24,4	22,1	23,2	31,0	0,0	4,0	35,0
Липень	19,1	18,9	22,5	20,2	22,0	17,0	17,0	56,0
Серпень	20,0	24,4	22,2	22,2	3,0	5,0	0,0	8,0
Вересень	22,0	16,6	11,9	16,8	1,0	0,0	21,0	22,0

Продовження додатку А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2020 рік								
Квітень	7,9	8,0	11,4	9,1	2	7	14	23,0
Травень	14,7	13,1	13,4	13,7	42,0	15,0	66,0	123,0
Червень	19,8	25,3	24,5	23,2	33,0	15,0	2,0	50,0
Липень	24,9	21,0	22,6	22,8	18,0	53,0	1,0	72,0
Серпень	22,1	21,0	22,6	21,9	2,0	2,0	15,0	19,0
Вересень	23,2	17,9	17,6	19,6	1,0	0,0	12,0	13,0
2021 рік								
Квітень	6,3	9,3	8,5	8,0	17,0	19,0	23,0	59,0
Травень	13,7	16,3	18,3	16,2	23,0	36,0	13,0	72,0
Червень	16,3	22,1	25,3	21,2	38,0	22,0	8,0	68,0
Липень	25,4	27,9	25,6	26,3	3,0	1,0	10,0	14,0
Серпень	26,0	23,6	22,4	23,9	16,0	15,0	21,0	52,0
Вересень	14,6	16,9	9,4	13,6	10,0	21,0	23,0	54,0
2022 рік								
Квітень	10,5	8,9	12,4	10,6	13,0	70,0	18,0	101,0
Травень	12,4	14,1	15,6	14,1	4,0	6,0	36,0	46,0
Червень	20,7	23,1	21,8	21,9	6,0	12,0	52,0	70,0
Липень	24,0	19,2	20,9	21,4	15,0	31,0	21,0	67,0
Серпень	21,6	19,9	20,0	20,5	35,0	15,0	7,0	57,0
Вересень	19,6	18,6	17,0	18,4	0,0	17,0	23,0	40,0
Середні багаторічні показники								
Квітень	6,0	8,0	10,8	8,0	11,0	10,0	14,0	35,0
Травень	13,8	15,6	16,5	15,1	16,0	14,0	23,0	53,0
Червень	18,4	18,7	19,9	18,7	16,0	22,0	30,0	68,0
Липень	19,2	20,6	20,2	20,4	28,0	23,0	24,0	75,0
Серпень	20,2	19,8	18,0	19,4	16,0	18,0	20,0	54,0
Вересень	16,3	13,8	11,3	13,7	15,0	15,0	14,0	44,0

Додаток А.4

Метеорологічні умови на Веселоподільській ДСС 2016–2020 р.

Місяць	Середньодобова температура повітря, °С				Кількість опадів, мм			
	декада			за місяць	декада			за місяць
	I	II	III		I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2016 рік								
Квітень	11,9	14,3	11,8	12,7	43,8	18,7	18,6	81,1
Травень	14,3	13,8	17,3	15,1	15,9	64,1	75,8	155,8
Червень	16,1	20,0	24,0	20,0	0,0	52,6	19,4	72,0
Липень	20,6	24,6	22,1	22,4	2,4	13,3	9,3	25,0
Серпень	22,6	19,2	21,7	21,2	41,9	25,8	18,6	86,3
Вересень	19,0	14,9	10,6	14,8	0,0	0,0	1,8	1,8
2017 рік								
Квітень	11,4	8,0	11,4	10,3	3,4	7,9	1,8	13,1
Травень	15,4	11,6	18,0	15,0	0,0	20,5	5,0	25,5
Червень	19,0	19,1	22,5	20,2	1,5	5,0	14,4	20,9
Липень	19,9	20,5	23,1	21,2	3,2	29,7	26,5	59,4
Серпень	25,9	25,7	18,6	23,4	0,0	0,0	31,0	31,0
Вересень	16,8	19,6	14,1	16,8	26,9	0,0	4,7	31,6
2018 рік								
Квітень	9,7	13,1	15,0	12,6	0,0	3,4	18,5	21,9
Травень	21,8	16,7	18,9	19,1	3,3	41,5	0,0	44,8
Червень	18,2	22,1	21,0	20,4	4,1	25,2	21,5	50,8
Липень	20,4	22,0	23,5	22,0	0,8	43,5	28,1	72,4
Серпень	22,6	23,2	21,7	22,5	1,2	0,0	0,5	1,7
Вересень	21,1	18,1	12,5	17,2	12,2	3,2	22,3	37,7
2019 рік								
Квітень	9,1	8,8	13,4	10,4	0,0	31,1	3,9	35
Травень	13,5	18,6	19,8	17,3	40,3	7,7	67,3	115,3
Червень	22,2	24,4	22,9	23,2	25,5	0,0	0,7	26,2
Липень	20,2	18,8	22,1	20,4	2,6	8,0	7,6	18,2
Серпень	19,1	21,7	22,0	20,9	2,8	22,4	0,0	25,2
Вересень	20,1	15,6	11,7	15,8	2,3	1,9	8,4	12,6

Продовження додатку А.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2020 рік								
Квітень	8,0	8,0	11,2	9,1	0,0	2,0	7,9	9,9
Травень	14,3	13,3	12,4	13,3	22,5	33,3	83,5	139,3
Червень	18,6	23,5	23,1	21,7	27,5	7,0	10,2	44,7
Липень	23,4	20,2	22,2	21,9	18,8	25,1	1,5	45,4
Серпень	21,4	20,2	21,3	21,0	6,9	5,7	5,8	18,4
Вересень	21,2	16,3	15,9	17,8	5,4	0,0	18,9	24,3
Середні багаторічні показники								
Квітень	7,1	8,3	11,2	8,9	10,0	13,0	15,0	38,0
Травень	14,0	15,9	16,6	15,5	11,0	8,0	22,0	41,0
Червень	18,2	18,2	19,5	18,6	18,0	21,0	15,0	54,0
Липень	19,6	20,5	20,1	20,1	28,0	25,0	19,0	72,0
Серпень	20,6	19,6	17,9	19,4	12,0	18,0	18,0	48,0
Вересень	16,6	14,2	12,0	14,3	12,0	18,0	12,0	42,0

Додаток Б.1

Вологість ґрунту, Білоцерківська ДСС

Температура ґрунту, °С	Шар ґрунту, см	Рік					
		2016	2017	2018	2019	2020	середнє за 2016–2020 рр.
5–6 °С	0-20	40,8	31,6	28,1	34,4	28,2	32,62
	0-50	93,4	91,4	75,1	89,7	74,2	84,76
	0-100	109,3	69,2	94,2	82,4	49,2	80,86
	0-150	205,4	144,9	159,3	165,9	122,8	159,66
12–14 °С	0-20	34,2	35,6	24,3	31,7	29,5	31,06
	0-50	100,7	78,0	77,4	88,3	73,5	83,58
	0-100	104,7	66,9	81,9	77,6	49,3	76,08
	0-150	167,4	170,1	162,4	168,5	123,1	158,3
16–18 °С	0-20	41,4	27,1	28,1	12,3	31,1	28,0
	0-50	104,2	77,6	64,4	43,6	75,0	72,96
	0-100	74,0	78,7	87,3	78,8	48,9	73,54
	0-150	213,5	146,8	158,6	126,0	124,2	153,82

Додаток Б.2

Вологість ґрунту, Ялтушківська ДСС

Температура ґрунту, °С	Шар ґрунту, см	Рік					
		2016	2017	2018	2019	2020	середнє за 2016–2020 рр.
5–6 °С	0-20	42,5	34,9	33,4	38,9	36,7	37,28
	0-50	86,7	90,3	74,6	70,3	78,7	80,12
	0-100	104,2	76,2	83,4	79,1	89,8	86,54
12–14 °С	0-20	38,2	31,3	32,9	35,1	34,9	34,48
	0-50	84,6	87,5	70,2	69,8	74,3	77,28
	0-100	92,1	74,5	80,6	77,8	85,2	82,04
16–18 °С	0-20	30,4	26,0	28,3	29,5	28,4	28,52
	0-50	75,3	79,6	64,2	61,8	63,0	68,78
	0-100	87,3	71,2	75,6	72,1	79,6	77,16

Додаток Б.3

Вологість ґрунту, Іванівська ДСС

Температура ґрунту, °С	Шар ґрунту, см	Рік					
		2016	2017	2018	2019	2020	середнє за 2016–2020 рр.
5–6 °С	0-20	23,6	26,9	26,0	31,2	26,93	26,93
	0-50	70,3	60,47	54,8	62,3	64,47	62,47
	0-100	137,2	130,0	128,2	129,4	133,2	131,60
12–14 °С	0-20	20,7	25,63	24,8	37,4	29,63	27,63
	0-50	61,3	61,0	50,1	71,3	60,8	60,90
	0-100	117	118,0	112,3	127,8	120,0	119,03
16–18 °С	0-20	16,5	17,5	13,5	30,3	22,7	20,10
	0-50	58,3	45,1	30,0	53,0	49,1	47,10
	0-100	93,6	95,0	82,4	110,5	96,0	95,50

Додаток Б.4

Вологість ґрунту, Веселоподільська ДСС

Температура ґрунту, °С	Шар ґрунту, см	Рік					
		2016	2017	2018	2019	2020	середнє за 2016–2020 рр.
5–6 °С	0-20	27,8	29,1	30,2	29,4	29,0	29,1
	0-50	45,9	48,0	49,0	48,6	48,5	48,0
	0-100	110,2	113,0	103,2	115,6	123,0	113,0
12–14 °С	0-20	27,0	27,4	28,2	25,4	29,0	27,4
	0-50	40,3	45,0	48,3	44,9	46,5	45,0
	0-100	98,6	101,0	100,0	102,0	103,5	101,0
16–18 °С	0-20	24,0	23,6	25,6	23,0	21,8	23,6
	0-50	37,2	40,0	44,0	40,0	38,8	40,0
	0-100	115,0	113,0	118,0	98,0	111,0	111,0

Додаток В.1

Вміст сухої речовини в зерні сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння, ІДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Вміст сухої речовини, %					
		Рік					середнє за 2016–2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	86,0	85,0	84,9	85,8	86,3	85,6
	200	86,1	86,0	87,0	86,3	86,6	86,4
	250	84,0	85,0	84,9	86,0	86,1	85,2
Самаран 6	150	85,9	85,7	85,0	86,0	85,9	85,7
	200	86,3	85,7	86,0	86,4	86,1	86,1
	250	85,4	84,9	85,0	86,1	85,1	85,3

Додаток В.2

Вміст сухої речовини в біомасі сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння, ІДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Вміст сухої речовини, %					
		Рік					середнє за 2016–2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	26,7	27,2	26,3	26,3	25,5	26,4
	200	27,1	27,1	26,4	26,9	26,5	26,8
	250	27,0	26,3	25,9	26,4	26,4	26,4
Самаран 6	150	25,9	26,4	25,3	26,9	26,0	26,1
	200	26,1	27,4	26,3	25,8	26,9	26,5
	250	26,4	25,6	25,7	24,8	26,0	25,7

Додаток В.3

**Вміст сухої речовини в зерні сорго звичайного двокольорового залежно від
норм висіву насіння, ЯДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Вміст сухої речовини, %					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	86,2	86,0	86,3	86,5	86,0	86,2
	200	86,6	86,0	86,4	86,3	86,2	86,3
	250	85,1	84,6	85,0	86,0	86,3	85,4
Самаран 6	150	86,7	85,2	84,3	85,9	86,4	85,7
	200	86,1	86,2	85,7	86,0	86,0	86,0
	250	86,0	85,0	86,0	85,0	85,0	85,4

Додаток В.4

**Вміст сухої речовини в біомасі сорго звичайного двокольорового залежно
від норм висіву насіння, ЯДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Вміст сухої речовини, %					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	24,6	25	25,3	24,9	25,2	25,0
	200	25,3	24,9	25,9	24,3	27,1	25,5
	250	25,8	26,0	25,4	24,9	25,9	25,6
Самаран 6	150	24,1	25,2	24,8	23,2	24,7	24,4
	200	25,0	24,3	25,8	25,9	25,0	25,2
	250	24,9	25,6	24,3	23,1	25,1	24,6

Додаток В.5

Вміст сухої речовини в зерні сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння, ВПДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Вміст сухої речовини, %					
		Рік					середнє за 2016–2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	85,9	85,0	85,6	86,0	85,0	85,5
	200	86,3	86,0	85,7	86,0	86,0	86,0
	250	86,2	86,1	85,8	85,9	85,5	85,9
Самаран 6	150	86,0	85,4	85,1	85,6	85,4	85,5
	200	85,9	86,0	86,2	86,3	86,1	86,1
	250	86,0	85,0	86,0	87,0	86,0	86,0

Додаток В.6

Вміст сухої речовини в біомасі сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння, ВПДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Вміст сухої речовини, %					
		Рік					середнє за 2016–2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	25,9	25,6	26,8	26,2	27,0	26,3
	200	26,8	27,3	28,0	26,5	26,4	27,0
	250	28,6	27,2	27,0	26,7	26,0	27,1
Самаран 6	150	25,0	25,9	26,3	25,7	24,6	25,5
	200	26,8	27,2	27,0	26,3	25,7	26,6
	250	26,9	26,4	27,0	26,1	25,6	26,4

Додаток В.7

**Довжина волоті сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву
насіння, ЯДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Довжина волоті, см					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	22,3	23,4	24,3	22,0	24,0	23,2
	200	23,0	25,0	24,0	23,0	24,0	23,8
	250	22,0	21,0	23,0	23,5	22,0	22,3
Самаран 6	150	24,2	25,0	23,6	24,0	24,2	24,2
	200	24,0	25,0	24,5	25,0	24,0	24,5
	250	23,5	25,0	24,2	24,8	25,0	24,5

Додаток В.8

**Маса волоті сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву
насіння, ЯДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Маса волоті, г					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	45,8	46,0	46,5	45,9	45,8	22,3
	200	46,8	45,9	46,2	46,0	46,1	23,0
	250	45,0	46,0	45,9	46,3	45,8	22,0
Самаран 6	150	46,0	45,9	44,5	45,9	45,7	24,2
	200	45,2	44,6	46,0	45,3	44,9	24,0
	250	44,8	44,1	43,0	44,1	45,0	23,5

Додаток В.9

**Кількість зерен з волоті сорго звичайного двокольорового залежно від
норм висіву насіння, ЯДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Кількість зерен з волоті, шт.					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	1236	1205	1216	1197	1221	1215
	200	1212	1238	1176	1195	1204	1205
	250	1190	1217	1147	1198	1218	1194
Самаран 6	150	1238	1168	1192	1209	1243	1210
	200	1130	1126	1208	1195	1196	1171
	250	1100	1204	1108	1107	1106	1125

Додаток В.10

**Маса зерна з волоті сорго звичайного двокольорового залежно від норм
висіву насіння, ЯДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Маса зерна з волоті, г					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	32,1	33,6	34,8	33,2	31,8	33,1
	200	32,6	33,4	34,3	33,1	30,1	32,7
	250	30,2	29,8	33,2	31,4	29,9	30,9
Самаран 6	150	31,2	33,1	32,4	30,9	31,9	31,9
	200	30,6	32,4	31,5	30,0	31,0	31,1
	250	31,6	30,5	30,2	31,0	30,2	30,7

Додаток В.11

Маса 1000 насінин сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння, ЯДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Маса 1000 насінин, г					
		Рік					середнє за 2016–2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	24,6	25,8	24,0	26,4	23,7	24,9
	200	25,1	25,3	23,8	25,1	22,7	24,4
	250	24,8	24,8	24,5	24,1	22,8	24,2
Самаран 6	150	24,5	23,0	23,4	23,2	22,9	23,4
	200	24,0	22,8	23,6	23,5	22,6	23,3
	250	21,6	22,8	22,6	24,0	23,0	22,8

Додаток В.12

Довжина волоті сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння, ІДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Довжина волоті, см					
		Рік					середнє за 2016–2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	24,6	25,0	26,1	24,8	22,0	24,5
	200	25,0	24,8	25,7	25,4	24,1	25,0
	250	24,9	25,0	26,0	25,7	24,9	25,3
Самаран 6	150	25,0	24,5	25,4	23,5	24,6	24,6
	200	24,9	25,0	24,5	26,0	24,1	24,9
	250	25,9	24,3	25,8	25,0	24,0	25,0

Додаток В.13

**Маса волоті сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву
насіння, ІДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Маса волоті, г					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	46,6	46,8	44,8	45,9	46,4	46,1
	200	47,2	46,9	45,8	46,0	46,6	46,5
	250	46,0	46,2	46,0	45,8	45,5	45,9
Самаран 6	150	45,8	45,3	46,0	45,4	44,0	45,3
	200	46,3	45,9	46,8	44,7	43,8	45,5
	250	46,5	46,3	47,0	45,4	45,8	46,2

Додаток В.14

**Кількість зерен з волоті сорго звичайного двокольорового залежно від
норм висіву насіння, ІДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Кількість зерен з волоті, шт.					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	1280	1306	1296	1314	1294	1298
	200	1296	1300	1306	1313	1295	1302
	250	1241	1230	1254	1218	1262	1241
Самаран 6	150	1230	1195	1204	1208	1228	1213
	200	1212	1206	1232	1230	1205	1217
	250	1198	1176	1203	1207	1201	1197

Додаток В.15

Маса зерна з волоті сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння, ІДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Маса зерна з волоті, г					
		Рік					середнє за 2016–2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	31,5	30,2	32,9	33,1	31,3	31,8
	200	33,1	31,5	32,4	34,0	31,0	32,4
	250	32,0	31,9	31,6	30,0	31,0	31,3
Самаран 6	150	32,5	31,6	31,4	30,0	32,0	31,5
	200	33,5	34,6	30,6	29,8	34,5	32,6
	250	31,8	32,0	33,3	28,4	33,0	31,7

Додаток В.16

Маса 1000 насінин сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву насіння, ІДСС

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Маса 1000 насінин, г					
		Рік					середнє за 2016–2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	22,9	24,4	22,0	21,7	22,5	22,7
	200	22,7	24,9	22,5	22,0	22,9	23,0
	250	22,5	25,0	21,8	22,1	21,6	22,6
Самаран 6	150	23,1	22,6	22,3	22,0	21,0	22,2
	200	23,8	23,0	24,0	22,7	23,0	23,3
	250	23,1	22,8	23,6	22,9	22,6	23,0

Додаток В.17

**Довжина волоті сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву
насіння, ВПДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Довжина волоті, см					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	25,0	25,0	24,0	23,0	26,0	24,6
	200	24,0	26,0	25,0	26,0	25,0	25,2
	250	23,0	24,0	23,0	26,0	25,0	24,2
Самаран 6	150	24,0	23,0	24,0	25,0	24,0	24,0
	200	25,0	26,0	24,0	25,0	23,0	24,6
	250	23,8	24,0	23,5	23,0	25,7	24,0

Додаток В.18

**Маса волоті сорго звичайного двокольорового залежно від норм висіву
насіння, ВПДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Маса волоті, г					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	45,2	44,0	45,2	43,8	44,8	44,6
	200	46,3	45,0	46,3	44,0	43,4	45,0
	250	44,8	44,9	45,3	45,0	41,0	44,2
Самаран 6	150	46,2	45,8	45,1	46,0	43,0	45,22
	200	47,1	46,2	45,9	45,9	44,9	46,0
	250	46,8	46,9	46,3	46,2	45,8	46,4

Додаток В.19

**Кількість зерен з волоті сорго звичайного двокольорового залежно від
норм висіву насіння, ВПДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Кількість зерен з волоті, шт.					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	1285	1236	1249	1305	1360	1287
	200	1307	1296	1284	1297	1311	1299
	250	1302	1287	1260	1230	1271	1270
Самаран 6	150	1254	1290	1305	1283	1273	1281
	200	1305	1306	1290	1268	1256	1285
	250	1218	1298	1278	1216	1290	1260

Додаток В.20

**Маса зерна з волоті сорго звичайного двокольорового залежно від норм
висіву насіння, ВПДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Маса зерна з волоті, г					
		Рік					середнє за 2016– 2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	35,0	34,2	36,4	34,0	35,4	35,0
	200	36,8	35,9	35,0	38,2	36,1	36,4
	250	34,8	35,2	34,9	34,6	36,0	35,1
Самаран 6	150	35,2	36,0	34,9	35,8	36,1	35,6
	200	36,8	35,4	34,9	35,8	36,6	35,9
	250	35,2	35,9	34,8	35,4	35,7	35,4

Додаток В.21

**Маса 1000 насінин сорго звичайного двокольорового залежно від норм
висіву насіння, ВПДСС**

Сорт	Норма висіву насіння, тис. шт./га	Маса 1000 насінин, г					
		Рік					середнє за 2016–2020 рр.
		2016	2017	2018	2019	2020	
Дніпровський 39	150	21,9	22,3	21,9	22,9	23,0	22,4
	200	25,0	24,9	23,1	23,6	22,9	23,9
	250	24,6	24,7	22,4	21,9	22,4	23,2
Самаран 6	150	23,0	22,6	22,9	22,1	23,4	22,8
	200	24,5	23,6	23,0	23,7	24,2	23,8
	250	24,0	23,1	22,8	23,0	23,6	23,3

Додаток В.22

**Елементи структури врожайності сорго звичайного залежно від доз добрив,
ІДСС, середнє за 2019–2022 р.**

Сорт	Доза добрив	Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	23,6	45,6	1315	33,9	23,5
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,0	46,8	1412	36,8	24,2
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	25,6	49,3	1459	41,3	25,6
Самаран 6	Без добрив (контроль)	22,9	44,3	1203	34,0	22,4
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,8	46,3	1307	37,2	23,8
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	25,0	47,8	1368	39,2	24,5
НІР _{0,05}		1,3	2,0	11	0,9	0,7

Додаток В.23

**Елементи структури врожайності сорго звичайного двокольорового
залежно від доз добрив, ВПДСС, середнє за 2018–2020 рр.**

Сорт	Доза добрив	Довжина волоті, см	Маса волоті, г	Кількість зерен у волоті, шт.	Маса зерна з волоті, г	Маса 1000 насінин, г
Дніпровський 39	Без добрив (контроль)	24,9	44,9	1358	34,0	23,0
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	26,2	46,2	1409	37,3	24,8
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	27,3	51,2	1467	43,0	26,1
Самаран 6	Без добрив (контроль)	23,5	45,0	1268	35,2	22,7
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	25,4	47,4	1365	39,3	24,0
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	26,9	48,6	1390	41,8	25,8
НІР _{0,05}		1,5	1,9	13	0,8	0,67

Додаток Г

Технологічна карта вирощування сорго звичайного двокольорового

Додаток Г.1

Технологічна карта вирощування сорго звичайного двокольорового за внесення повної дози добрив

(Площа 100 га, урожайність 7 т/га)

№ п/п	Технологічна операція	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Складу агрегату		Оплата праці з нарахуванням			Витрати пального, грн. Всього (за кг)	Амортизація Всього	Поточний ремонт, всього	Витрати на			Всього	Інші, прямі та адміністративні витрати Разом
				трактори	с.-г. машина	трактористам	роб. руч. праці	всього				насіння	мін. добрива	отруто-хімікати		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Розділ 1. Основний обробіток ґрунту																
1	Лущення стерні	га	100	New Holland T7.315	ZEUS 6HD	2685	0	2685	32220	3097	1858				39859	42286
2	Навантаження мінерального добрива та транспортування	т	30	SITRAK T7H 6x4 + навантажувач JCB 535-125		1166	744	1910	430	3241	1944				7525	7983
3	Внесення мінерального добрива	га	100	New Holland T6090	Розкидач добрив HF-52136v	1414	0	1414	1790	1254	753		878100		883311	937083
4	Оранка ґрунту (глибина 20 см)	га	100	New Holland T7.315	плуг MULTI-MASTE R 153 T	6046	0	6046	65514	15308	9185				96053	101900
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ 1						11311	744	12055	99954	22900	13740		878100		1026749	1089252

Продовження додатку Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Розділ 2. Передпосівний обробіток ґрунту і сівба																
5	Ранньовеснянє закриття вологи	га	100	New Holland T7.315	борона БПН-24 «Метелік»	1058	0	1058	6659	1812	1087				10615	11262
6	Навантаження насіння та мінерального добрива та транспортування	т	12,2	SITRAK T7H 6x4 + навантажувач JCB 535-125		886	566	1452	322	2463	1478				5715	6063
7	Передпосівна культивация	га	100	New Holland T7.315	культиватор KX SMS UP/K 800 S/SLC	1469	0	1469	25060	3616	2169				32314	34281
8	Сівба з внесенням аміачної селітри	га	100	New Holland T6090	KOSMA select TM8R	4285	2528	6814	15036	15150	9090	120000	239302		405392	430070
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ 2						7698	3094	10792	47077	23040	13824	120000	239302		454036	481675
Розділ 3. Догляд за посівами																
9	Транспортування води (350 л/га)	т	35	New Holland T6090	Aquatrans XL Joskin	986	0	986	1289	430	258				2963	3143
10	Приготування і досходове внесення гербіциду (Примекстра TZ Голд), 4,5 л/га	га	100	New Holland T6090	Lexis 3000 KUHN 18M	1942	1397	3339	1790	1362	817			271800	279108	296099
11	Транспортування води (200 л/га)	т	20	New Holland T6090	Aquatrans XL Joskin	562	0	562	752	245	147				1706	1810

Продовження додатку Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12	Приготування та посходове внесення гербіциду (Примекстра TZ Голд), 3л/га	га	100	New Holland T6090	Lexis 3000 KUHN 18M	1802	1297	3099	1790	1264	758			181200	188111	199562
13	Транспортування води (200 л/га)	т	20	New Holland T6090	Aquatrans XL Joskin	562	0	562	752	245	147				1706	1810
14	Внесення інсектицидів та фунгіцидів з позакореневим підживленням (Імпакт Т, 1,0л/га+Карате Зеон, 0,15 л/га + Карбамід 4,0 кг/га)	га	100	New Holland T6090	Lexis 3000 KUHN 18M	1802	1297	3099	1790	1264	758		29348	125530	161788	171637
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ 3						7657	3990	11647	8162	4809	2885		29348	578530	635381	674060
Розділ 4. Збирання врожаю																
15	Комбайнування з подрібненням вегетативної маси	га	100	Claas Lexion 570		3595	1698	5293	50120	32375	19425				107213	113739
16	Транспортування зерна	т	700	SITRAK T7H 6x4 (2)		8160	0	8160	10024	7778	4667				30628	32493
17	Очищення зерна	т	700		3AB-20	4535	2287	6822	0	2420	1452				10695	11346
18	Сушіння зерна	т	700	NEZ 300 - новий елеватор		2716	1370	4086	0	1311	786				6183	6560
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ 4						19005	5355	24361	60144	43884	26330				154719	164137
РАЗОМ ПО ТЕХНОЛОГІЇ						45671	13185	58855	215337	94633	56780	120000	1146750	578530	2270885	2409125
В розрахунку на 1 га, грн.		га	100			457	132	589	2153	946	568	1200	11468	5785	22709	24091
В розрахунку на 1 т, грн.		т/га	7			65	19	84	308	135	81	171	1638	826	3244	3442

Додаток Г.2

Технологічна карта вирощування сорго звичайного двокольорового за внесення половини дози добрив

(Площа 100 га, урожайність 7 т/га)

№ п/п	Технологічна операція	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Складу агрегату		Оплата праці з нарахуванням			Витрати пального, грн. Всього (за кг)	Амортизація Всього	Поточний ремонт, всього	Витрати на			Всього	Інші, прямі та адміністративні витрати Разом
				трактори	с.-г. машина	трактористам	роб. руч. праці	всього				насіяння	мін. добрива	отруто-хімікати		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Розділ 1. Основний обробіток ґрунту																
1	Лущення стерні	га	100	New Holland T7.315	ZEUS 6HD	2685	0	2685	32220	3097	1858				39859	42286
2	Навантаження мінерального добрива та транспортування	т	15	SITRAK T7H 6x4 + навантажувач JCB 535-125		583	372	955	215	1620	972				3762	3992
3	Внесення мінерального добрива	га	100	New Holland T6090	Розкидач добрив HF-52136v	1414	0	1414	1790	1254	753		439050		444261	471306
4	Оранка ґрунту (глибина 20 см)	га	100	New Holland T7.315	плуг MULTI-MASTE R 153 T	6046	0	6046	65514	15308	9185				96053	101900
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ 1						10728	372	11100	99739	21279	12768		439050		583936	619483

Продовження додатку Г.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Розділ 2. Передпосівний обробіток ґрунту і сівба																
5	Ранньовесняне закриття вологи	га	100	New Holland T7.315	борона БПН-24 «Метелік»	1058	0	1058	6659	1812	1087				10615	11262
6	Навантаження насіння та мінерального добрива та транспортування	т	5,2	SITRAK T7H 6x4 + навантажувач JCB 535-125		385	246	630	143	1069	642				2485	2636
7	Передпосівна культивация	га	100	New Holland T7.315	культиватор KX SMS UP/K 800 S/SLC	1469	0	1469	25060	3616	2169				32314	34281
8	Сівба з внесенням аміачної селітри	га	100	New Holland T6090	KOSMA select TM8R	4285	2528	6814	15036	15150	9090	120000	102558		268648	285002
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ 2						7197	2774	9971	46898	21647	12988	120000	102558		314062	333180
Розділ 3. Догляд за посівами																
9	Транспортування води (350 л/га)	т	35	New Holland T6090	Aquatrans XL Joskin	986	0	986	1289	430	258				2963	3143
10	Приготування і досходове внесення гербіциду (Примекстра TZ Голд), 4,5 л/га	га	100	New Holland T6090	Lexis 3000 KUHN 18M	1942	1397	3339	1790	1362	817			271800	279108	296099
11	Транспортування води (200 л/га)	т	20	New Holland T6090	Aquatrans XL Joskin	562	0	562	752	245	147				1706	1810

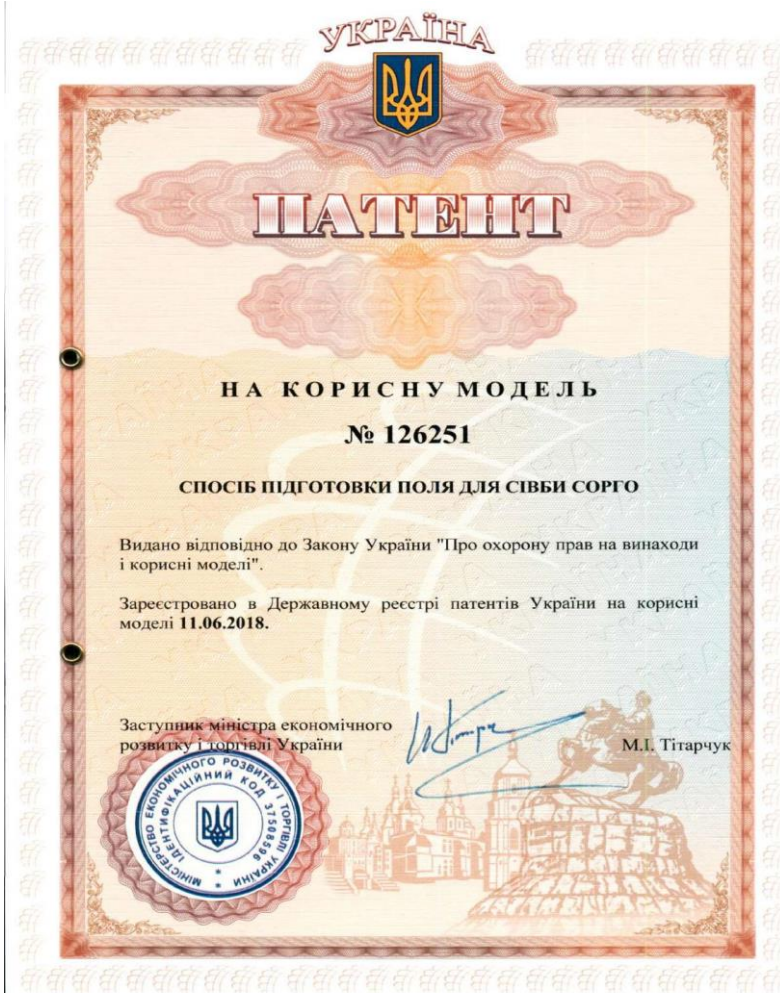
Продовження додатку Г.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12	Приготування та посходове внесення гербіциду (Примекстра TZ Голд), 3л/га	га	100	New Holland T6090	Lexis 3000 KUHN 18M	1802	1297	3099	1790	1264	758			181200	188111	199562
13	Транспортування води (200 л/га)	т	20	New Holland T6090	Aquatrans XL Joskin	562	0	562	752	245	147				1706	1810
14	Внесення інсектицидів та фунгіцидів з позакореневим підживленням (Імпакт Т, 1,0л/га+Карате Зеон, 0,15 л/га + Карбамід 4,0 кг/га)	га	100	New Holland T6090	Lexis 3000 KUHN 18M	1802	1297	3099	1790	1264	758		29348	125530	161788	171637
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ 3						7657	3990	11647	8162	4809	2885		29348	578530	635381	674060
Розділ 4. Збирання врожаю																
15	Комбайнування з подрібненням вегетативної маси	га	100	Claas Lexion 570		3595	1698	5293	50120	32375	19425				107213	113739
16	Транспортування зерна	т	700	SITRAK T7H 6x4 (2)		8160	0	8160	10024	7778	4667				30628	32493
17	Очищення зерна	т	700		3AB-20	4535	2287	6822	0	2420	1452				10695	11346
18	Сушіння зерна	т	700	NEZ 300 - новий елеватор		2716	1370	4086	0	1311	786				6183	6560
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ 4						19005	5355	24361	60144	43884	26330				154719	164137
РАЗОМ ПО ТЕХНОЛОГІЇ						44587	12492	57079	214943	91619	54971	120000	570956	578530	1688098	1790861
В розрахунку на 1 га, грн.		га	100			446	125	571	2149	916	550	1200	5710	5785	16881	17909
В розрахунку на 1 т, грн.		т/га	7			64	18	82	307	131	79	171	816	826	2412	2558

Додаток Д

Патенти України на корисну модель

Додаток Д.1



(19) UA		(11) 126251	(51) МПК A01B 79/02 (2006.01)
(21) Номер заявки:	u 2018 00215	(72) Винахідники:	Герасименко Людмила Анатоліївна, UA, Сторожик Лариса Іванівна, UA, Зиков Павло Юрійович, UA
(22) Дата подання заявки:	09.01.2018	(73) Власник:	ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, UA
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	11.06.2018		
(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня:	11.06.2018, Бюл. № 11		
(54) Назва корисної моделі:			
СПОСІБ ПІДГОТОВКИ ПОЛЯ ДЛЯ СІВБИ СОРГО			
(57) Формула корисної моделі:			
Спосіб підготовки поля для сівби сорго, який включає збирання попередника, лушення стерні, основний обробіток ґрунту, ранньосівне борошування, культивування, передпосівну культивування, сівбу насіння, післясівне прикочування, який відрізняється тим, що культивування проводять двічі у різних напрямках та на різну глибину, а саме першу - на глибину 3-4 см, а другу під кутом до першої на глибину 5-6 см через 1-2 тижні після неї.			

Додаток Д.2



(11) 126252

(19) UA

(51) МПК (2018.01)
A01D 45/00

(21) Номер заявки: u 2018 00216

(22) Дата подання заявки: 09.01.2018

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.06.2018

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 11.06.2018, Бюл. № 11

(72) Винахідники:
Герасименко Людмила
Анатоліївна, UA,
Зиков Павло Юрійович, UA(73) Власник:
ІНСТИТУТ
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ
КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ
БУРЯКІВ НААН,
вул. Клінічна, 25, м. Київ,
03141, UA

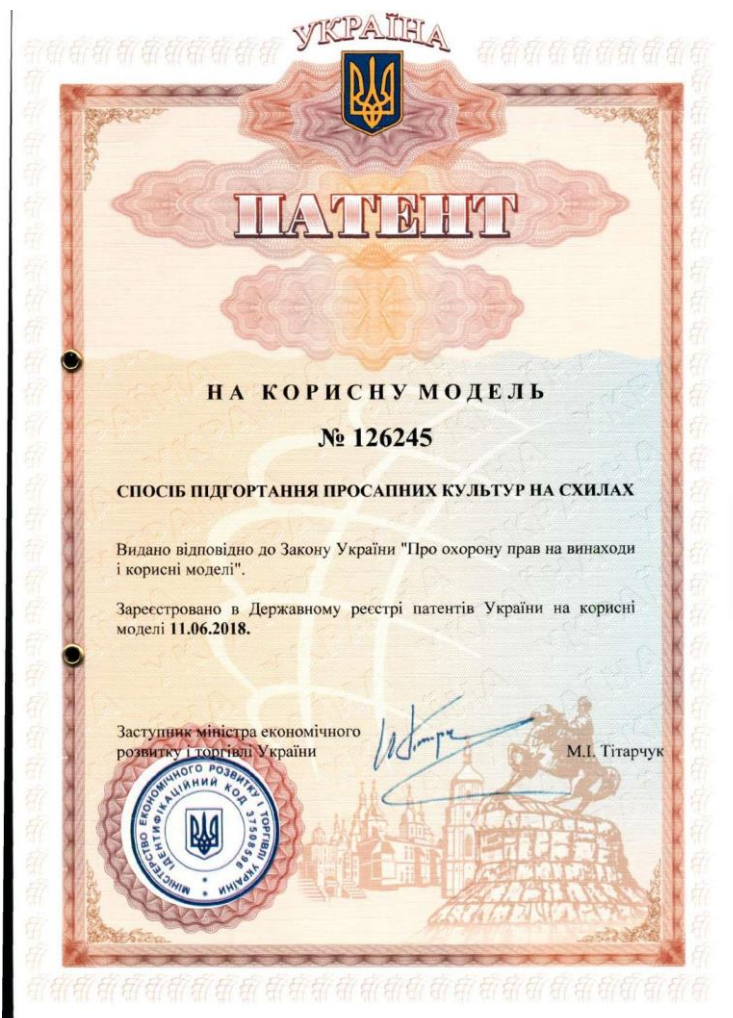
(54) Назва корисної моделі:

ДВОФАЗНИЙ СПОСІБ ЗБИРАННЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО

(57) Формула корисної моделі:

Двофазний спосіб збирання сорго зернового, який включає високе зрізування волоті, укладання її у валок на підготовлене ложе, подальший підбір та обмолот, який відрізняється тим, що з метою створення сприятливих умов для підсихання волоті, за рахунок укладання її на щільне ложе, яке утворюють з комлевих частин стебел сорго шляхом їх нахиляння та прикочування після зрізання волоті.

Додаток Д.3



(11) **126245**

(19) **UA** (51) МПК **A01B 39/12 (2006.01)**

(21) Номер заявки: u 2018 00170	(72) Винахідники: Хіврич Олександр Борисович, UA, Зиков Павло Юрійович, UA, Курило Василь Леонідович, UA, Герасименко Людмила Анатоліївна, UA, Квак Володимир Михайлович, UA, Хіврич Борис Сергійович, UA
(22) Дата подання заявки: 04.01.2018	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.06.2018	
(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 11.06.2018, Бюл. № 11	
	(73) Власник: ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, UA

(54) Назва корисної моделі:
СПОСІБ ПІДГОРТАННЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР НА СХИЛАХ

(57) Формула корисної моделі:
Спосіб підгортання просапних культур на схилах, що включає розпушення ґрунту в мікрорядках з утворенням борозен вздовж рядів рослин та зсув ґрунту на рядок з присипанням в зоні рядка бур'янів та стебел культурних рослин, який відрізняється тим, що з метою запобігання ерозії ґрунту на схилах борозни вздовж рядів виконують переривчастими.

Додаток Д.4



(11) 133238

(19) UA

(51) МПК (2019.01)
 A01G 22/20 (2018.01)
 A01C 21/00
 A01B 79/02 (2006.01)

(21) Номер заявки: u 2018 10940

(22) Дата подання заявки: 06.11.2018

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.03.2019

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 25.03.2019, Бюл. № 6

(72) Винахідники:
 Зиков Павло Юрійович, UA,
 Герасименко Людмила
 Анатоліївна, UA,
 Хіврич Олександр
 Борисович, UA,
 Котелевський Валерій
 Миколайович, UA

(73) Власник:
 ІНСТИТУТ
 БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ
 КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ
 БУРЯКІВ НААН,
 вул. Клінічна, 25, м. Київ,
 03110, UA

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВОГО СОРГО

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб вирощування зернового сорго, при якому виконують внесення гербіциду суцільної дії восени, а навесні - сівбу з внесенням мінеральних добрив, подальші догляд та збирання, який відрізняється тим, що 70-80 % мінеральних добрив вносять восени за допомогою глибокорозпушувача-підживлювача на глибину 20-30 см, а решту вносять під час сівби.

Додаток Е

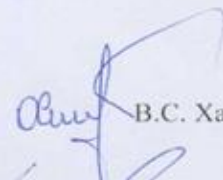
Акти про впровадження наукових положень у освітній процес та виробництво

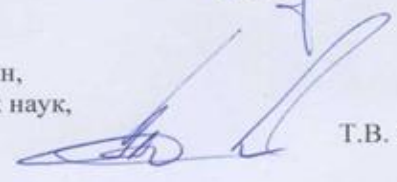
Додаток Е.1. Акт про впровадження в освітній процес у Білоцерківському національному аграрному університеті

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з освітньої, виховної та міжнародної діяльності Білоцерківського національного аграрного університету, доктор сільськогосподарських наук, професор
 Т.М. Димань
« 02 » 10 2023 р.

АКТ
Про впровадження в освітній процес матеріалів дисертаційної роботи Л.А. Правдивої «Агротехнологічні основи вирощування сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України» (спеціальність 06.01.09 – рослинництво)

Комісія у складі проректора з освітньої, виховної та міжнародної діяльності, доктора сільськогосподарських наук, професора Т.М. Димань, декана агробіотехнологічного факультету, кандидата сільськогосподарських наук, доцента В.С. Хахули та завідувача кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин, кандидата сільськогосподарських наук, доцента Т.В. Панченка підтверджують впровадження в освітній процес для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 201 «Агрономія» матеріалів наукових досліджень, що увійшли в докторську дисертаційну роботу Л.А. Правдивої «Агротехнологічні основи вирощування сорго звичайного двокольорового в Лісостепу України». Основні результати дисертаційної роботи стали складовою частиною вивчення курсу дисциплін: «Рослинництво», «Біоенергетичні культури», «Системи сучасних інтенсивних технологій»

Декан агробіотехнологічного факультету
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент
 В.С. Хахула

Завідувач кафедри технологій
у рослинництві та захисту рослин,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент
 Т.В. Панченко

Додаток Е.2. Акт про впровадження у виробництво у ТОВ «Саварське»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор товариства з
обмеженою відповідальністю
«Саварське»
Люлька А.В.

**Акт впровадження науково-технічного досягнення (НТД) як результат
закінченої науково-дослідної роботи (НДР) від 10.10.2023 р.**

1. Назва НДР, що впроваджується: елементи технології вирощування сорго звичайного двокольорового як сировини для виробництва біопалива (спосіб підготовки насіння до сівби, строки сівби, глибина загортання насіння, спосіб сівби насіння (ширина міжрядь та норма висіву), дози добрив, заходи контролювання чисельності бур'янів, строки збирання).

2. Якою науково-дослідною установою (вищим навчальним закладом) одержано НДР та запропоновано до впровадження, і його автори: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Правдива Л.А.

3. Назва господарства і його адреса, де проводилися дослідження: ТОВ «Саварське», вул. Кравчука, 5, с. Саварка, Обухівський район, Київська область

4. Рік і обсяг впровадження: у 2023 році на площі 20 га

5. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження (на гектар, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження: на 1 га – 26460 грн., на 20 га – 529,2 тис. грн.

6. Відповідальні за впровадження (ПП, посада):

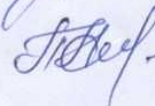
- від підприємства: головний агроном Мостипан В.В.
- від наукової установи: здобувач Правдива Л.А.

Головний агроном



Мостипан В.В.

Представник наукової установи



Правдива Л.А.

Додаток Е.3. Акт про впровадження у виробництво у ФГ «Червоний степок»

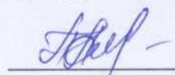
АКТ

про впровадження у виробництво результатів
докторської дисертаційної роботи
Правдивої Людмили Анатоліївни

1. Назва НДР, що впроваджується: елементи технології вирощування сорго звичайного двокольорового як сировини для виробництва біопалива: вирощувати ранньо- та середньостиглі сорти сорго, перед сівбою проводити обробку насіння регулятором росту+обприскування посівів у період інтенсивного росту, насіння висівати у І декаді травня з глибиною загортання 4–6 см, з шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 200 тис. шт./га. Використовувати рекомендовану дозу добрив $N_{80}P_{30}K_{40}$. Для обмеження чисельності бур'янів використовувати гербіцид Гвардіан Тетра з нормою 3,5 л/га обприскування ґрунту до появи сходів або в фазі 1–3 листки.
2. Якою науково-дослідною установою (вищим навчальним закладом) одержано НДР та запропоновано до впровадження, і його автори: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Правдива Л.А.
3. Назва господарства і його адреса, де проводилися впровадження: ФГ «Червоний Степок», Хмельницька обл., Хмельницький район, село Залісся
4. Рік і обсяг впровадження: у 2023 році на площі 15 га
5. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження (на гектар, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження: на 1 га – 19328 грн., на 15 га – 289,9 тис. грн.

Цей акт складено 03 жовтня 2023 р.

Представник наукової установи
старший науковий співробітник
відділу селекції і сталих технологій
вирощування і перероблення
біоенергетичних культур ІБКІЦБ
НААН



Правдива Л.А.

Керівник господарства



Олександр Ганженко

Додаток Е.4. Акт про впровадження у виробництво у ТОВ «Інтубус»



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «ІНТУБУС»

М.Я. Гументик

10 жовтня 2023 р.

АКТ №

впровадження у виробництво
завершеної наукової розробки
від 1 жовтня 2023 р.

Комісією у складі голови: представника ТзОВ «ІНТУБУС» М.Я. Гументика, членів комісії представників Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України завідувача відділу селекції і сталих технологій вирощування та перероблення біоенергетичних культур О.М. Ганженка та старшого наукового співробітника В.М. Квака встановлено, що у 2022 та 2023 роках на площі 5 га у Чортківському районі Тернопільської області в м. Борщів, проведено впровадження розробки з теоретичних основ формування продуктивності сорго звичайного двокольорового як біоенергетичної культури (старшим науковим співробітником цього ж відділу Л.А. Правдивою). Розроблення та удосконалення елементів технології вирощування, оптимізації параметрів росту та розвитку рослин сорго звичайного двокольорового з метою збільшення урожайності зерна та біомаси в умовах Лісостепу України. Завдяки удосконаленим елементам технології вирощування продуктивність підвищувалась до 20–25 % та на 17–22 % зменшувалась собівартість вирощування його сировини.

Впровадження розроблених елементів технології вирощування забезпечує формування урожайності зерна на рівні 4,0–5,0 т/га.

Голова комісії

М.Я. Гументик

Члени комісії:

О.М. Ганженко

В.М. Квак

Додаток Е.5. Акт про впровадження у виробництво у Білоцерківській дослідно-селекційній станції

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор Білоцерківської ДСС
 Бузинний М.В.
 “24” листопада 2020 р.

АКТ № 2
 від «24» листопада 2020 року

про виробничу перевірку
 завершеної наукової розробки

Комісією у складі голови: заступника директора з наукової роботи БЦ ДСС Педоса В.П.; членів комісії: зав. відділу технологій вирощування біоенергетичних культур ІБКіЦБ НААН Ганженка О.М., старшого наукового співробітника Правдивої Л.А., встановлено, що у 2020 році на полях Білоцерківської ДСС на площі 2,0 га проводилась виробнича перевірка методичних рекомендацій з вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива, розроблених згідно завдання **16.00.02.03 Ф** «Розробити методичні основи та здійснити порівняльну оцінку енергетичного потенціалу зернового сорго як сировини для виробництва біопалива» (РК 0116U002198).

У методичних рекомендаціях наведені вимоги до площ, на яких планується вирощувати сорго зернове, терміни проведення та показники якості виконання основного, ранньовесняного й передпосівного обробітків ґрунту. Особлива увага спрямована комплексу робіт, пов'язаних із сівбою насіння сорго зернового. У методичних рекомендаціях розглянуто догляд за посівами та збирання врожаю сорго зернового, а також подано пропозиції щодо подальшого перероблення сировини на різні види біопалива та методику розрахунку виходу біопалива і енергії.

Впровадження рекомендацій дозволить на 20...25 % підвищити продуктивність сорго зернового та на 17...22 % зменшити собівартість вирощування його сировини,

Голова комісії

В.П. Педос

В.П. Педос

Члени комісії

Л.А. Правдива

Л.А. Правдива

О.М. Ганженко

О.М. Ганженко

Додаток Е.6. Акт про впровадження у виробництво у Білоцерківській дослідно-селекційній станції

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор Білоцерківської ДСС
 Бузинний М.В.
 "20" 10 2021 р.

А К Т № 04/21
 від "20" 10 2021 року

про впровадження у виробництво
 завершеної наукової розробки

Комісією у складі голови: заступника директора з наукової роботи БЦ ДСС Педоса В.П.; членів комісії: зав. відділу технологій вирощування біоенергетичних культур ІБКіЦБ НААН Ганженка О.М., старшого наукового співробітника Правдивої Л.А., наукового співробітника Атаманюка О.М. встановлено, що у 2021 році на полях Білоцерківської ДСС впроваджено у виробництво на площі 2,0 га технологію вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива, розроблених у 2020 році (рішення Вченої ради ІБКіЦБ протокол № 17 від 17 листопада 2020 р.) згідно із завдання 16.00.02.03 Ф «Розробити методичні основи та здійснити порівняльну оцінку енергетичного потенціалу зернового сорго як сировини для виробництва біопалива» (РК 0116U002198, ОК 0220U104399).

У методичних рекомендаціях наведені вимоги до площ, на яких планується вирощувати сорго зернове, терміни проведення та показники якості виконання основного, ранньовесняного й передпосівного обробітків ґрунту. Особлива увага спрямована комплексу робіт, пов'язаних із сівбою насіння сорго зернового. У методичних рекомендаціях розглянуто догляд за посівами та збирання врожаю сорго зернового, а також подано пропозиції щодо подальшого переробляння сировини на різні види біопалива та методику розрахунку виходу біопалива і енергії.

Запропоновані методичні рекомендації з технології вирощування сорго зернового рекомендовано до більш широкого впровадження у виробництво.

Голова комісії



В.П. Педос

Члени комісії



О.М. Атаманюк



Л.А. Правдива



О.М. Ганженко

Додаток Е.7. Акт про впровадження у виробництво у ТОВ «Фастівка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор товариства

з обмеженою

відповідальністю «Фастівка»

Панченко О.Б.



Акт впровадження науково-технічного досягнення (НТД) як результат закінченої науково-дослідної роботи (НДР) від 17.10.2023 р.

1. Назва НДР, що впроваджується: елементи технології вирощування сорго звичайного двокольорового як сировини для виробництва біопалива: вирощувати ранньо- та середньостиглі сорти сорго, перед сівбою проводити обробку насіння регулятором росту+обприскування посівів у період інтенсивного росту, насіння висівати у І декаді травня з глибиною загортання 4–6 см, з шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 200 тис. шт./га. Використовувати рекомендовану дозу добрив $N_{50}P_{40}K_{70}$. Для обмеження чисельності бур'янів використовувати гербіцид Гвардіан Тетра з нормою 3,5 л/га обприскування ґрунту до появи сходів або в фазі 1–3 листки.
2. Якою науково-дослідною установою (вищим навчальним закладом) одержано НДР та запропоновано до впровадження, і його автори: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Правдива Л.А.
3. Назва господарства і його адреса, де проводилися дослідження: ТОВ «Фастівка», с. Фастівка, Білоцерківський район, Київської області
4. Рік і обсяг впровадження: у 2021 році на площі 50 га
5. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження (на гектар, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження: порівняно із прийнятою в господарстві технологією вирощування сорго звичайного двокольорового на всю площу отримано додаткового прибутку – 1360 тис. грн.
6. Відповідальні за впровадження (ППІ, посада):
 - від підприємства: головний агроном Кінчий О.І.
 - від наукової установи: здобувач Правдива Л.А.

Головний агроном

Кінчий О.І.

Представник наукової установи

Правдива Л.А.

Додаток Е.8. Акт про впровадження у виробництво у ТОВ «ДІОМА АГРО»

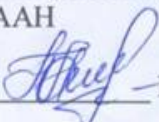
АКТ

про впровадження у виробництво результатів
докторської дисертаційної роботи
Правдивої Людмили Анатоліївни

1. Назва НДР, що впроваджується: елементи технології вирощування сорго звичайного двокольорового як сировини для виробництва біопалива: вирощувати ранньо- та середньостиглі сорти сорго, перед сівбою проводити обробку насіння регулятором росту+обприскування посівів у період інтенсивного росту, насіння висівати за температури ґрунту 12–14 °С з глибиною загортання 4–6 см, з шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 200 тис. шт./га. Використовувати рекомендовану норму добрив $N_{90}P_{20}K_{50}$. Для обмеження чисельності бур'янів використовувати гербіцид Гвардіан Тетра з нормою 3,5 л/га обприскування ґрунту до появи сходів або в фазі 1–3 листки.
2. Якою науково-дослідною установою (вищим навчальним закладом) одержано НДР та запропоновано до впровадження, і його автори: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Правдива Л.А.
3. Назва господарства і його адреса, де проводилися дослідження: ТОВ «Діома агро», Сумська обл., Сумський район, с. Сінне
4. Рік і обсяг впровадження: у 2022 році на площі 15 га
5. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження (на гектар, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження: на 1 га – 16422 грн., на 15 га – 246330 грн.

Цей акт складено 03 листопада 2022 р.

Представник наукової установи
старший науковий співробітник
відділу селекції і сталих технологій
вирощування і перероблення
біоенергетичних культур ІБКІЦБ
НААН

 Правдива Л.А.

Керівник господарства



Додаток Е.9. Акт про впровадження у виробництво у ФГ «ГЕТЬМАН»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова
Фермерського
господарства
«ГЕТЬМАН»



Сергій ДЕРІЙ

Акт впровадження науково-технічного досягнення (НТД) як результат закінченої науково-дослідної роботи (НДР) від 16.10.2023 р.

1. Назва НДР, що впроваджується: елементи технології вирощування сорго звичайного двокольорового як сировини для виробництва біопалива (спосіб підготовки насіння до сівби, строки сівби, глибина загортання насіння, спосіб сівби насіння (ширина міжрядь та норма висіву), дози добрив, заходи контролювання чисельності бур'янів, строки збирання).

2. Якою науково-дослідною установою (вищим навчальним закладом) одержано НДР та запропоновано до впровадження, і його автори: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Правдива Л.А.

3. Назва господарства і його адреса, де проводилися дослідження: ФГ «ГЕТЬМАН», вул. Маяковського, 10, м. Новоукраїнка, Новоукраїнський район, Кіровоградська область.

4. Рік і обсяг впровадження: у 2023 році на площі 5 га

5. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження (на гектар, голову, машину і т.п.) і на весь обсяг впровадження: на 1 га – 25520 грн., на 5 га – 127,6 тис. грн.

6. Відповідальні за впровадження (ППП, посада):

- від підприємства: головний агроном Шевченко В.В.
- від наукової установи: здобувач Правдива Л.А.

Головний агроном

Шевченко В.В.

Представник наукової установи

Правдива Л.А.

Додаток Ж

Список праць, опублікованих за темою дисертації

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Герасименко Л. А., Дубовий Ю. П. Захист посівів сорго зернового від бур'янів у Правобережному Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2018. № 3 (247). С. 24–25.
2. Правдива Л. А. Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 2. С. 199–206. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.2.2020.209254>
3. Правдива Л. А. Особливості росту і розвитку рослин сорго зернового в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*, 2020. № 2. С. 139–146. doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-139-146
4. Правдива Л. А. Фотосинтетична діяльність посівів сорго зернового залежно від способу сівби насіння. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. Частина 1. С. 61–71. doi: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-61-71
5. Правдива Л. А. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сорго зернового та вихід біопалива. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 5 (818). С. 23–29. doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-03
6. Правдива Л. А. Урожайність сорго зернового залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2021. № 1. С. 121–129. doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-121-129.
7. Правдива Л. А. Контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго зернового та їх вплив на ріст і розвиток рослин. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2021. Вип. 98. Частина 1. С. 182–191. doi: 10.31395/2415-8240-2021-98-1-182-191.

8. **Правдива Л. А., Федорук Ю. В.** Формування показників структури врожайності сорго зернового залежно від способу сівби насіння та густоти стояння рослин у Правобережному Лісостепу України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2021. Вип. 28 (42). С. 215–223. doi.org/ 10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-18

9. **Правдива Л. А.** Особливості росту рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) залежно від ширини міжрядь та норми висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Вип. 17. № 2. С. 139–145. doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236521

10. **Правдива Л. А., Доронін В. А., Ганженко О. М.** Формування продуктивності сорго зернового та соризу залежно від строків сівби в умовах східної частини Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9. doi.org/10.21498/na.9.2021.253364

11. **Правдива Л. А.** Вплив мінерального живлення рослин на формування біометричних показників сорго зернового. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2022. № 1. С.43–52 doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-43-52

12. **Правдива Л. А., Доронін В. А.** Вплив мінеральних добрив на фотосинтетичну продуктивність сорго зернового. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 72 (1). С. 51–64. doi: 10.32636/01308521.2022-(72)-1-4

13. **Правдива Л. А.** Енергетична продуктивність сорго зернового та соризу залежно від строків сівби насіння. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2022. Вип. 30 (44). С. 215–223. doi.org/ 10.31473/2305-5987-2022-1-30(44)-22

14. **Правдива Л. А., Гончарук Г. С.** Вплив строків сівби на біоенергетичну продуктивність сорго зернового та соризу. *Біоенергетика*. 2022. № 1–2 (19–20), С. 51–52. doi.org/10.47414/be.1-2.2022.271365

15. **Правдива Л. А., Атаманюк О. М., Яланський О. В.** Формування біометричних показників сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.)

в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2022. № 2. С. 87–94 doi:10.33245/2310-9270-2022-174-2-87-94

16. **Правдива Л. А.**, Яланський О. В. Продуктивність та елементи структури врожайності різних сортів сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.). *Новітні агротехнології*. 2022. Т.10, № 3. doi: 10.47414/na.10.3.2022.270497

17. **Правдива Л. А.** Особливості розвитку сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) залежно від норм висіву насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 129. С. 111–118. doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.15

18. **Правдива Л. А.** Енергетична продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) та соризу (*Sorghum oryroidum*) залежно від норм висіву насіння. *Зернові культури*. 2023. Том 7. № 1. С. 106–112. doi.org/10.31867/2523-4544/0265

19. **Правдива Л. А.** Гончарук Г. С. Особливості формування продуктивності сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) та соризу (*S. oryroidum*) залежно від строків сівби насіння в умовах західної частини Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2023. Т.11, № 2. doi: 10.47414/na.11.2.2023.285142

20. **Правдива Л. А.**, Ганженко О. М., Гончарук Г. С. Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) та соризу (*S. oryroidum*) залежно від методів контролювання чисельності бур'янів. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Вип. 19. № 3. С. 176–184. doi.org/10.21498/2518-1017.19.3.2023.287641

21. **Pravdyva L.A.**, Prysiazniuk O.I., Doronin V. A. Effect of mineral fertilizers on the formation of the structure indicators of grain sorghum yield capacity. *Новітні агротехнології*. 2023. Т.11, № 3. doi: 10.47414/na.11.3.2023.288680

22. **Правдива Л. А.** Винос та баланс елементів живлення в посівах сорго звичайного двокольорового залежно від внесення мінеральних добрив. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 105. С. 98–118. doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.14

Статті в наукових виданнях включених до баз даних Web of Science та Scopus

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

24. **Pravdyva L.**, Prysiazniuk O., Khakhula V., Fedoruk Y., Shushkivska N. Seed Yield and the Possibility of Biofuel Production from Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24 (5), 2023. P. 94–99. DOI: 10.12912/27197050/163715

25. **Pravdyva L.**, Zatserkovna N., Vakhniy S., Khakhula V., & Hornovska S. Photosynthetic productivity of sorghum (*Sorghum bicolor* L. (Moenh) in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26(5), 2023. P. 56–64. DOI: 10.48077/scihor5.2023.56

26. **Pravdyva L.**, Prysiazniuk O., Khakhula V., Kachan L. & Panchenko T. Sorghum (*Sorghum bicolour* (L.) Moench) growth and development features under the influence of growth regulator. *Scientific Horizons*, 26(9), 2023. P. 120–130. DOI: 10.48077/scihor9.2023.120

Статті, що додатково висвітлюють результати досліджень

27. Grabovskyi M., Fedoruk Y., **Pravdyva L.**, Grabovska T., Kurylo V., Fedoruk N. Influence of agrotechnical and chemical measures on weediness in sweet Sorghum crops (*Sorghum Bicolor*) and the output of biogas. *EurAsian Journal of BioSciences*, 2018. № 12, 347–353.

Науково-методичні рекомендації

28. Роїк М. В., **Правдива Л. А.**, Ганженко О. М., Доронін В. А., Сінченко В. М., Курило В. Л., Фучило Я. Д., Квак В. М., Хіврич О. Б., Зиков П. Ю., Гончарук Г. С., Смірних В. М., Іванова О. Г., Дубовий Ю. П., Атаманюк О. М., Яланський О. В. Методичні рекомендації з технології вирощування сорго зернового як

сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива. *(Розглянуто вченою радою ІБКіЦБ НААН, протокол № 2. від 17.11.2020 р.)*. Київ, 2020. 21 с.

29. **Правдива Л. А.**, Ганженко О. М., Доронін В. А., Бойко І. І., Сінченко В. М., Фучило Я. Д., Квак В. М., Гончарук Г. С., Смірних В. М., Атаманюк О. М., Власенко С. І. Методичні рекомендації з проведення спостережень, обліків та визначення якісних показників у дослідженнях сорго зернового. *(Розглянуто вченою радою ІБКіЦБ НААН, протокол № 2 від 17.11.2017 р.)*. Київ, 2021. 34 с.

30. Грабовський М. Б., Вахній С. П., Хахула В. С., Федорук Ю. В., **Правдива Л. А.**, Панченко Т. В., Остренко М. В., Козак Л. А., Городецький О. С., Павліченко К. В., Степаненко М. В. Методичні рекомендації з розрахунку виходу біогазу та біостанолу з біоенергетичних культур *(Розглянуто вченою радою БНАУ, протокол № 15 від 30.06.2021 р.)*. Біла Церква, 2021. 28 с.

31. Черчель В.Ю. Дзюбецький Б.В., Яланський О.В., Боденко Н.А., Костиця І.В., Федоренко Е.М., Дудка М.І., Середа В.І., Носов М.Г., Алдошин А.В., Ковальов Д.В., Артеменко С.Ф., Кононюк Н.О., Кух М.В., Таганцова М.М., **Правдива Л.А.**, Сторожик Л.І., Терещенко І.С., Безсусідня Ю.В., Кулик І.О., Бондаренко А.С., Ковтун О.В. Науково-методичні рекомендації. Сорго: технологія, переробка, використання, насінництво та селекція. Каталог гібридів та сортів *(Розглянуто вченою радою ДУ Інститут зернових культур НААН України, протокол № 2 від 04.10.2023 р.)*. Дніпро, 2023. С. 68.

Матеріали наукових конференцій

32. **Герасименко Л. А.** Доцільність вирощування зернового та цукрового сорго. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату. Всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доп.* Кам'янець-Подільський. 2017. С. 69.

33. **Герасименко Л. А.** Перспективи вирощування сорго в Україні. *Новітні агротехнології. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Київ. 2017. С. 74.

34. **Герасименко Л. А.** Продуктивність сорго зернового залежно від елементів технології вирощування. *Сучасні проблеми ведення сільського*

господарства та підготовки фахівців аграрного профілю. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Біла Церква. 2018. С. 4.

35. **Правдива Л. А.** Вплив строків сівби та глибини загортання насіння на врожайність сорго зернового. *Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Біла Церква. 2020. С. 110–111.

35. **Правдива Л. А.** Вплив елементів технології вирощування на ріст і розвиток рослин сорго зернового. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Центральне. 2020. С. 84.

37. **Правдива Л. А.** Особливості росту та розвитку рослин сорго зернового залежно від способу сівби насіння. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Біла Церква. 2020. С. 6–7.

38. **Правдива Л. А.** Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. *Новітні агротехнології. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Київ. 2020. С. 18.

39. **Правдива Л. А.** Залежність польової схожості насіння сорго зернового від строків сівби та глибини загортання. *Новітні технології в рослинництві: традиції та сучасність. Міжнародна наукова інтернет – конференція. Тези доп.* Харків. 2020. С. 50–51.

40. **Правдива Л. А.** Якісні показники насіння сорго зернового залежно від елементів технології вирощування. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі. Всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доп.* Умань. 2020. С. 152–153.

41. **Правдива Л. А.** Енергетична продуктивність сорго зернового. *Актуальні питання аграрної науки Всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доп.* Умань. 2020. С. 52–54.

42. **Правдива Л. А.** Фотосинтетична діяльність посівів сорго зернового залежно від способу сівби насіння *Стан і перспективи розробки та*

впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур. Міжнародна наукова інтернет – конференція. Тези доп. Дніпро. 2020. С. 73–74.

43. **Правдива Л. А.** Вплив способів сівби насіння сорго зернового на енергетичну продуктивність культури. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Біла Церква, 2021. С. 191-192.*

44. **Правдива Л. А.** Вплив способів сівби насіння на врожайність сорго зернового. *Роль науково-технічного забезпечення розвитку агропромислового комплексу в сучасних ринкових умовах. Всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доп. Дніпро. 2021. С. 246–247.*

45. **Правдива Л. А.** Продуктивність сорго зернового залежно від забур'яненості посівів. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур. Міжнародна наукова інтернет – конференція. Тези доп. Центральне. 2021. С. 90.*

46. **Правдива Л. А.** Ріст і розвиток рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) залежно від способів сівби насіння в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Київ. 2021. С. 28.*

47. **Правдива Л. А.** Вплив способів сівби насіння і густоти стояння рослин на елементи структури врожайності сорго зернового. *Гончарівські читання. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Суми. 2021. С. 101–102.*

48. **Правдива Л. А.** Ріст і розвиток рослин сорго зернового залежно від забур'яненості посівів. Проблеми аграрного виробництва на сучасному етапі і шляхи їх вирішення. *Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Харків, 2021. С. 92–94.*

49. **Правдива Л. А.** Вплив мінеральних добрив на площу листової поверхні рослин сорго зернового. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Біла Церква. 2022. С. 69–72.*

50. **Правдива Л. А.** Вплив мінеральних добрив на якісні показники сорго

зернового. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Центральне. 2022 р. С. 85.

51. **Правдива Л. А.** Тривалість вегетаційного періоду та польова схожість насіння сорго зернового залежно від удобрення. *Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Житомир. 2022. С. 145–146.

52. **Pravdyva L. A.** The influence of a growth regulator on the sowing quality of sorghum bicolor seeds (*Sorghum bicolor L.*). *International scientific conference “Forecasts and prospects of scientific discoveries in agricultural sciences and food”: conference proceedings.* Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2022. P. 52–55.

53. **Правдива Л. А.** Вплив регулятора росту на формування продуктивності сорго звичайного двокольорового. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція. Тези доп.* Полтава. 2022. С. 146–148.

54. **Правдива Л. А.** Площа листкової поверхні рослин сорго звичайного двокольорового залежно від регулятора росту. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Біла Церква. 2022. С. 69–72.

55. **Правдива Л. А.** Моніторинг стану посівів сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor L.*) на стійкість до хвороб. *Проблеми і перспективи фітоімунітету в селекції рослин. Всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доп.* Київ. 2022. С. 97–99.

56. **Правдива Л. А.** Вплив мінеральних добрив на урожайність сорго зернового. *Сучасні аспекти підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур у контексті європейського зеленого курсу. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Центральне. 2022. С. 147.

57. **Правдива Л. А.** Продуктивність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor L.*) залежно від умов вирощування та сортових особливостей.

Сільське господарство в умовах глобальних викликів: стратегічні пріоритети та загрози вклад молодих вчених. Науково практична інтернет-конференція. Тези доп. ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2022. С. 35–36.

58. Правдива Л. А. Вплив норм висіву насіння на урожайність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) та соризу (*Sorghum orysoïdum*). *Аграрна освіта та наука: досягнення та перспективи розвитку. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Біла Церква. 2023. С. 234–235.*

59. Правдива Л. А. Вплив методів контролювання чисельності бур'янів на розвиток рослин сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh). *Гербологія в сучасному екологічно безпечному землеробстві. Науково-практична конференція. Тези доп. Київ. 2023. С. 53–54.*

60. Правдива Л. А. Вплив регулятора росту на уроайність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh). *Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Одеса. 2023. С. 65–66.*

61. Правдива Л. А. Площа листкової поверхні сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh) залежно від регулятора росту рослин. *Гончарівські читання. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Суми. 2023. С. 130–131.*

62. Правдива Л. А. Вплив методів контролювання чисельності бур'янів на урожайність сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* (L.) Moenh). *Інновації у сучасному агропромисловому виробництві. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Одеса. 2023. С. 72–74.*

63. Правдива Л.А., Дмитренко О.О., Вовк А.М. Енергетична продуктивність сорго звичайного двокольорового залежно від методів контролювання чисельності бур'янів. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп. Біла Церква. 2023. С. 41–43.*

64. **Правдива Л. А.** Енергетична продуктивність сорго звичайного двокольорового залежно від методів контролювання чисельності бур'янів. *Зернова галузь – проблеми та перспективи технологічного забезпечення. Міжнародна науково-практична конференція. Тези доп.* Дніпро. 2023. С. 155–156.

Патенти України на корисну модель

65. Патент 126252 Україна, МПК (2018.01), A01D45/00. Двофазний спосіб збирання сорго зернового / **Герасименко Л. А.**, Зиков П. Ю. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – № у 2018 00216; заявл. 09.01.2018; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

66. Патент 126251 Україна, МПК, A01B79/02 (2006.01). Спосіб підготовки поля для сівби сорго / **Герасименко Л. А.**, Сторожик Л. І., Зиков П. Ю. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – № у 2018 00215; заявл. 09.01.2018; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

67. Патент 126245 Україна, МПК A01B39/12 (2006.01). Спосіб підгортання просапних культур на схилах / Хіврич О. Б., Зиков П. Ю., Курило В. Л., **Герасименко Л. А.**, Квак В. М., Хіврич Б. С. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – № у 2018 00170; заявл. 04.01.2018; опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.

68. Патент 133238 Україна, МПК A01J22/20 (2018.01), A01C21/00, A01B79/02 (2006.01). Спосіб вирощування зернового сорго / Зиков П. Ю., **Герасименко Л. А.**, Хіврич О. Б., Котелевський В. М. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – № у 2018 10940; заявл. 06.11.2018; опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6.