

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Агротехнічний факультет  
Кафедра загального землеробства

«Допущено до захисту»  
Зав. кафедрою загального землеробства,  
к.б.н., професор  
\_\_\_\_\_ Микола Мостіпан  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему:

## **Врожайність сорго залежно від мінеральних добрив в Степу України**

Виконав здобувач вищої освіти  
II курсу, групи АГ 24М-2  
ОПП «Агрономія»  
спеціальності 201«Агрономія»  
\_\_\_\_\_ Антоненко В.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник, к. с.-г. н., доцент  
\_\_\_\_\_ Сало Л.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент  
\_\_\_\_\_ Козелець Г.М.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

м. Кропивницький

## Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет  
Кафедра загального землеробства  
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)  
Галузь знань: 20 Аграрні науки та продовольство  
Спеціальність: 201-Агрономія  
Освітньо-професійна програма: Агрономія

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загального  
землеробства

Микола Мостіпан

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Антоненку Володимиру Вікторовичу

1. Тема роботи Врожайність сорго залежно від  
мінеральних добрив в Степу України

2. Керівник роботи Сало Л.В., кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
затверджений наказом ЦНТУ “ 22 ”вересня 2025 року № 66 - 13

3. Строк подання роботи до захисту 05 грудня 2025 року

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

визначити кращу систему удобрення з врахуванням біологічних особливостей  
гібридів сорго зернового в умовах Степу України.

Завдання:

- дослідити вплив удобрення на розвиток рослин сорго;
- дослідити вплив удобрення на формування фотосинтетичного апарату сорго;
- дослідити вплив удобрення на врожайність зерна сорго;
- обґрунтувати вибір кращого варіанту у досліді;
- здійснити економічну оцінку систем удобрення при вирощуванні сорго.

## 5.Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне (чи енергетичне) обґрунтування результатів досліджень	Малаховська В.А., викладач		

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ П/П	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1.Огляд наукової літератури. Розділ 5. Охорона праці та довкілля	14.10.2025 р.	
2.	Розділ 2.Місце та умови проведення досліджень	21.10.2025 р.	
3.	Розділ 3. Спеціальна частина	17.11.2025 р.	
4.	Розділ 4.Економічне обґрунтування результатів досліджень	24.11.2025 р.	
5.	Висновки, список літератури, вступ.	27.11.2025 р.	

**Дата видачі завдання**

« 4 » вересня 2025 р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_ Сало Л.В

Завдання прийнято до виконання

« 4 » вересня 2025 р.

Підпис здобувача

\_\_\_\_\_ Антоненко В.В.

## ЗМІСТ

Вступ	5
РОЗДІЛ 1. Відмінні риси культури сорго і перспектива його вирощування в північному Степу України (огляд літератури)	8
1.1. Чому сорго? Обґрунтування вирощування культури	8
1.2. Ботанічні та біологічні риси сорго, що визначають його характеристики	12
1.3. Елементи живлення та їх значення для сорго	15
Розділ 2. Характеристика місця та умов проведення досліджень	18
2.1. Організаційно-економічні умови місця проведення досліджень	18
2.2. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови місця проведення досліджень	19
Розділ 3. Спеціальна частина	25
3.1. Методика досліджень	25
3.2. Результати досліджень та їх аналіз	32
3.2.1. Динаміка розвитку сорго зернового залежно від мінерального живлення	32
3.2.2. Динаміка наростання та відмирання листкової поверхні сорго у основні фази розвитку рослин	38
3.2.3. Вплив рекомендованих та розрахованих норм добрив на врожайність зерна сорго	48
Розділ 4. Економічне обґрунтування результатів досліджень	58
Розділ 5. Охорона праці та довкілля, пов'язана із застосуванням рекомендованих агрозаходів у кваліфікаційній роботі	62
5.1. Охорона праці у галузі сільськогосподарського виробництва	62
5.2. Охорона довкілля	64
Висновки та пропозиції виробництву	66
Список використаних джерел	68
Додатки	75

## ВСТУП

У структурі землеробства регіонів України беззаперечним фактором є кліматичні зміни. Для Зони Степу завжди характеризувалась посушливими умовами, а останнім часом вегетаційний сезон тут став ще більш екстремальним. Тому вже давно назрів перегляд набору вирощуваних культур. Пошук здійснюється у напрямі вибору культур, що здатні протистояти незворотним екстремальним умовам і формувати при цьому хорошу врожайність продукції.

Культура сорго є однією з найбільш перспективних в цьому відношенні. Воду для формування одиниці сухої речовини сорго витрачає більш економно і ефективно, ніж такі популярні культури, як кукурудза і соя. Його коренева система добре проникає вглиб, забезпечуючи вологу для формування біомаси. Сорго має високий потенціал урожайності і може давати за сприятливих умов до 8–10 т/га зерна. Ще однією перевагою сорго є широкий спектр використання його продукції. Зернове сорго використовують для виробництва крупи, в тому числі для дитячого харчування завдяки значному вмісту добре засвоюваних білків, у спиртовому виробництві, у складі кормів. Цукрове сорго також є сировиною для виробництва біоетанолу. Здатність представників роду сорго відростати кілька разів після скошування і давати кілька урожаїв зеленої маси робить сорго і сорго-суданкові гібриди важливим резервом у кормовиробництві [1].

**Актуальність.** Сорго зернове тривалий час вважали культурою південних регіонів. Зараз регіони центральної України, а саме Кіровоградська область активно впроваджує культуру сорго. З 2018 року площі, виділені під сорго в нашому регіоні становили 3,5 тисячі гектарів [2].

Сорго добре відзивається на удобрення, і на тлі постійного зростання цін на мінеральні добрива раціональним є визначення найбільш економічно вигідної системи удобрення. Крім того, різні гібриди внаслідок своїх біологічних особливостей по різному реагують на ті самі добрива.

Тому протягом двох років ми досліджували вплив різних систем мінерального удобрення на формування врожайності зерна трьох сортів сорго Янкі, ЕС Тіфон і Сват.

***Зв'язок роботи з науковими програмами.*** Тема проведених досліджень узгоджена з напрямками наукової тематики кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету та співпадає з планом наукового керівника цієї роботи Л.Сало.

***Мета і завдання дослідження*** Мета кваліфікаційної роботи визначити кращу систему удобрення з врахуванням біологічних особливостей гібридів сорго зернового в умовах Степу України.

Завдання:

- дослідити вплив удобрення на ріст і розвиток рослин сорго;
- дослідити вплив удобрення на врожайність зерна сорго;
- дослідити вплив підживлення на показники структури врожаю зерна сорго;
- обґрунтувати вибір кращого варіанту у досліді;
- здійснити економічну оцінку систем удобрення при вирощуванні сорго.

Об'єкт дослідження – процеси формування врожайності сорго під впливом мінеральних добрив.

Предмет дослідження – формування морфо-біологічних показників рослин гібридів сорго, які визначають рівень врожайності.

Методи досліджень: польовий - дослідження елементів технології вирощування; візуальний - визначення фенологічних фаз росту та розвитку рослин; вимірювально-ваговий: визначення фізичних показників (маси, розмірів) органів рослин; статистичний: визначення достовірності одержаних результатів; табличний - для систематизації, впорядкування й подання отриманих даних; графічний - для візуалізації результатів дослідження; розрахунково-порівняльний: оцінка економічної ефективності елементів технології вирощування кукурудзи.

**Наукова новизна отриманих результатів:** обґрунтовано вибір кращого гібриду та його живлення, що забезпечує високу врожайність зерна.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у розробці рекомендацій по вирощуванню сорго. Результати досліджень також можуть бути використані у виробництві.

За одержаними результатами розроблено рекомендації для аграрного виробництва щодо ефективного вибору удобрення гібридів сорго в умовах Степу України. Є також довідка про впровадження результатів досліджень.

**Особистий внесок здобувача в наукові дослідження** полягає у проведенні аналітичного огляду та аналізу наукової літератури, постановці завдань, розробленні методів їх вирішення, проведенні експериментальних досліджень, статистичній обробці отриманих результатів, їх узагальненні й практичному впровадженні, підготовці до опублікування наукових статей, написанні та підготовці до захисту кваліфікаційної роботи під керівництвом наукового керівника доцента Сало Лариси Віталіївни.

**Апробація результатів роботи.** Результати роботи були оприлюднені автором у вигляді доповіді «Врожайність сорго залежно від мінеральних добрив в Степу України» на VI Міжнародній Інтернет-конференції «ІННОВАЦІЇ: теорія і практика», яка тривала 17 листопада-19 грудня 2025 року у Академії Прикладних Наук, м. Кропивницький.

**Публікації.** За результатами наукової роботи опубліковано тези на тему: «Перспективи вирощування сорго в центральному регіоні» у збірнику Вісник Степу. Матеріали XXI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України» 20 березня 2025 року, м. Вінниця, а також тези на тему «Врожайність сорго залежно від мінеральних добрив в Степу України» у збірнику «Матеріали VI міжнародної Інтернет-конференції «ІННОВАЦІЇ: теорія і практика» (17 листопада – 19 грудня 2025 року, Академія Прикладних Наук м. Кропивницький).

# РОЗДІЛ 1. ВІДМІННІ РИСИ КУЛЬТУРИ СОРГО І ПЕРСПЕКТИВА ЙОГО ВИРОЩУВАННЯ В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

(огляд літератури)

## 1.1. Чому сорго? Обґрунтування вирощування культури

Найхарактернішою рисою клімату минулого та початку нинішнього століття стало глобальне потепління, що проявляється у зростанні середньої приземної температури повітря. Негативний вплив несприятливих кліматичних умов може зумовити зниження врожайності основних сільськогосподарських культур на 50–60 %, а в окремі роки – навіть більше. Збільшення тривалості посух є однією з найсерйозніших проблем, пов'язаних зі зміною клімату, яка впливає на сільське господарство як на регіональному, так і на глобальному рівні.

Посилення посушливості клімату зумовило необхідність перегляду підходів до систем землеробства, особливо в Степовій зоні України. За результатами моделювання кліматичних змін, проведеного науковцями Кембриджської кліматологічної групи під егідою ФАО ООН, прогнозується, що до 2100 року температура повітря може підвищитися на 2–6 °С, зросте концентрація CO<sub>2</sub>, а також зміниться стан біосфери Землі. Це, у свою чергу, потребуватиме адаптації аграрних технологій, зокрема, перегляду структури посівних площ, сівозмін, систем удобрення та обробітку ґрунту, із розширенням вирощування посухостійких, маловибагливих до вологи культур [3].

Для вирішення даної проблеми одним із варіантів є правильний підбір сільськогосподарських культур, які характеризуються високою посухостійкістю, зберігаючи при цьому високу урожайність. Сорго можна віднести до таких культур. Воно має багато переваг перед іншими зерновими культурами у вирощуванні [4].

Якщо проаналізувати стан виробництва сорго у світі, то маємо наступну ситуацію.

За даними наукових джерел, сорго за площею світових посівів займає п'яту позицію, поступаючись лише пшениці, кукурудзі, рису та ячменю. Цю культуру вирощують більш ніж у 90 країнах світу на понад 40 млн га, що становить близько 16,6 % орних земель. Найбільшими виробниками зерна сорго є США (9,8 млн т), Нігерія (6,7 млн т), Ефіопія (4,9 млн т), Мексика (4,4 млн т), Індія (4,2 млн т), Судан (3,5 млн т), Аргентина (3,4 млн т), Китай і Бразилія (по 3,0 млн т), а також Австралія (2,6 млн т). Для багатьох країн світу культура є ключовою продовольчою, кормовою та технічною зерною. [5, 6]. У США сорго, поряд із кукурудзою, широко застосовується як сировина для виробництва біоетанолу завдяки високому виходу спирту.

Середній світовий рівень урожайності зернового сорго становить 1,5–2,0 т/га. В країнах Африки він коливається між 0,8–1,6 т/га, але у Єгипті сягає 5,0 т/га, а в Південній Африці та Ефіопії – 2,8 і 2,7 т/га відповідно. В країнах Азії урожайність становить 0,8–1,1 т/га. Найвищі результати демонструють США – 4,3–4,6 т/га, Мексика – 4,4–4,8 т/га та Китай – близько 3,0 т/га. [7, 8].

Динаміка вирощування зеленої маси сорго відрізняється між країнами: у США, Аргентині та Китаї площі за останні два десятиріччя зменшилися у 3–4 рази, тоді як у Бразилії та Нігерії, навпаки, зросли. В Австралії, Індії й Ефіопії обсяги виробництва залишаються стабільними.

Поява сорго (саме цукрового) в Європі зафіксована у 19 сторіччі. В літературі є інформація, що посол Франції в Китаї (Шанхай) привіз насіння цієї культури з острова Цзунг-Мінг. Проросток одного зернятка сформував повноцінну рослину, у волоті якої було близько 800 зернівок, кожна з яких була продана по 1 франку [9].

Сьогодні провідним виробником сорго в Європі є Франція, (що логічно впливає з історії).на яку припадає 52 % обсягів. Далі йдуть Угорщина (33%), Іспанія (10 %) та Італія (5 %) [10].

В Україні розвиток виробництва зернового сорго визначається природними та економічними умовами. У 2001–2010 рр. посівні площі змінювалися в межах 5,8–51,9 тис. га, валовий збір – 7,7–78,2 тис. т, а

врожайність – 1,29–2,68 т/га. У 2008 році площа різко зросла до 112,2 тис. га, а виробництво – до 231,8 тис. т [11, 12].

У 2011–2021 рр. максимальні площі були зафіксовані у 2012 р. – 136,9 тис. га, а мінімальні у 2021 р. – 41,7 тис. га. Найбільший урожай отримано у 2013 р. – 354,4 тис. т. Середня врожайність варіювала від 1,52 т/га (2012 р.) до рекордних 4,63 т/га (2018 р.).

У 2017–2021 рр. 70–80 % посівів зосереджені в степовій зоні, переважно у центральних і південних областях. Найвищу врожайність зафіксовано в Кіровоградській (5,82 т/га), Луганській (5,32 т/га), Запорізькій (5,24 т/га) та Дніпропетровській (4,77 т/га) областях. В Україні є підприємства, які щороку висівають понад 1000 га сорго й стабільно збирають 6,5–7,9 т/га.

Площі під цукровим сорго значно менші й нині становлять 15–20 тис. га. Степові умови з рівнем опадів нижче 400 мм і сумою температур 2600–3000°C є сприятливими для розширення сорго, і науковці оцінюють потенціал цієї культури в Україні у 0,5 млн га. ) [4, 13, 14].

Висока продуктивність соргових культур можлива лише при дотриманні технології вирощування та врахуванні регіональної специфіки.

Цінність сорго визначається його універсальністю. Зерно є важливим концентрованим кормом, близьким за поживністю до кукурудзи, але з вищим вмістом протеїну (на 2–3 %). У зерні міститься до 80 % крохмалю, 12–14 % білка, 3,5–4,5 % жиру, 2,4–4,8 % клітковини та до 130 кормових одиниць у 100 кг продукту.

У посушливий період сорго та сорго-суданкові гібриди забезпечують високі врожаї зеленої маси там, де природні пасовища вигоряють. Водночас у ранні фази росту рослини можуть накопичувати синильну кислоту, тому для годівлі їх рекомендують використовувати у фазі воскової чи повної стиглості, або після короткого пров'ялювання.

Сіно сорго високоякісне та добре поїдається тваринами. За поживністю воно не поступається сінажу однорічних злакових культур.

Силос із цукрового сорго, зібраного у фазі воскової стиглості, дає найбільшу кількість кормових одиниць. Сінаж забезпечує якісний корм завдяки пров'яленню та подрібненню сировини. У північному Степу ефективним є вирощування сумішок із бобовими, що збільшує вміст білка на 15–20 %. Відомі також успішні сумішки сорго з кукурудзою та амарантом.

Для продовольчих потреб перспективною є культура соризу – рисоподібного сорго. Через скорочення площ під рисом сориз стає важливою альтернативою. Його крупа має цінні фізико-хімічні властивості, а продукти переробки включають шліфовану крупу, пластівці, подрібнену крупу, спучені крупи та борошно.

В Україні створені сорти соризу Перлина та Самаран 6, зерно яких за якістю не поступається традиційним крупам.

Зернове сорго вважають цінною харчовою культурою. В зерні зернового сорго вміст крохмалю перевищує 80%. За даним показником сорго часто перевищує кукурудзу. З 1 т зерна отримують 65 кг крохмалю або до 35 кг спирту, причому вихід етанолу з 1 га у 2–2,5 рази більший, ніж у ячменю. За структурою сорговий крохмаль не відрізняється від картопляного і значно кращий від кукурудзяного.

Цукрове сорго — важлива сировина для виробництва сиропу, меду, патоки та рідкого цукру, який можна використовувати в дієтичному харчуванні, зокрема для людей із діабетом. Воно також перспективне для виробництва біоетанолу, біогазу та твердого біопалива. Завдяки високому вмісту простих цукрів етанол із сорго виробляється простіше й дешевше, ніж із кукурудзи [15-17].

У біоенергетиці сформовано три напрями використання цукрового сорго: виробництво біоетанолу, твердого палива та біогазу. Оскільки цукрові буряки на півдні України майже не вирощують, сорго може значно компенсувати цукрове виробництво.

Таким чином, сорго має величезний потенціал для розвитку аграрного виробництва й переробної промисловості, є універсальною культурою для кормових, продовольчих та енергетичних потреб [18].

1.2. Ботанічні та біологічні риси сорго, що визначають його характеристики.

Сорго (*Sorghum* spp.) — представник роду однорічних і багаторічних рослин родини Poaceae, який охоплює понад 30 видів, серед яких провідне аграрне значення має *Sorghum bicolor* (L.) Moench. За даними численних дослідників, сорго характеризується високою пластичністю, стійкістю до абіотичних стресів і універсальністю використання (Вожегова та ін., 2019; Дубровін, 2021). Сорго двокольорове або зернове є прадавньою культурою світового землеробства. Його батьківщиною вважають країни Африки, Індію і Китай [13, 14, 19].

Коренева система — потужна мичкувата, з проникненням у ґрунт до 2,5-3 м і на 1-1,2 м вшир, що забезпечує рослині можливість активно використовувати вологу з глибоких шарів ґрунту. За даними Фао [20], глибоке коріння та здатність до відновлення ростових процесів після стресу визначають сорго як одну з найбільш посухостійких культур серед злакових. За силою росту корені значно випереджають ріст надземної частини.

Цікавою особливістю є те, що при сильних посухах на коренях утворюється кремнієвий захисний шар, який оберігає коріння від висихання. Таку ж функцію виконує восковий наліт на стеблах і листках рослин, який здатен відбивати надмірну сонячну радіацію і запобігає перегріванню рослини.

Як і більшість злакових культур, сорго проростає, одним корінцем. Перший час він є основним органом ґрунтового живлення.

Стебло сорго — соломина. Воно прямостояче, циліндричне, добре облиственене, висотою від 0,6 до 5 м та діаметром від 1 до 5 см, залежно від виду та сорту. Його внутрішня частина заповнена паренхімною тканиною,

що підвищує міцність і стійкість до вилягання. Зовні стебло може мати антоціанове забарвлення. Стійкою генетичною ознакою є кількість міжвузлів на головному стеблі. Так, у ранньостиглих сортів від 7 до 10 міжвузлів, у середньостиглих 11-15 а у пізньостиглих до 16-25 міжвузлів. Нижні міжвузля коротші, від 0,5 до 2,0 см, у верхній частині стебла вони досягають 40 см і більше. Сорго здатне кушитися, за сприятливих умов може утворювати 5-6 стебел [21].

Листки чергові, подовжені до 50 – 100 см, вкриті восковим нальотом, який зменшує випаровування та формує важливу адаптивну ознаку посухостійкості [22]. Ширина листової пластинки досягає 1-6 см. Язичок виражений, вушка відсутні. При сильних і тривалих посухах рослина переходить у анабіотичний стан. Продихові замикаючі клітини здатні відновлювати свій тургор навіть після двотижневої посухи [18, 23].

Суцвіття представлене волоттю різного типу — від розлогої до компактної. Кожен колосок містить дві квітки, одна з яких зазвичай плодоносна. Сорго – це факультативна перехреснозапильна рослина.

Плід — зернівка гола або плівчаста, округлої або овальної форми, забарвлення біле, жовте, коричневе, чорне. маса 1000 зерен становить 20–35 г і залежить від морфологічної групи сорго (зернове, цукрове, віничне, кормове) Кількість зерен у волоті від 800 до 3000 [24].

Зерно сорго містить у середньому 70–80 % крохмалю, 10–15 % білка, 3–4 % жиру, що визначає його харчову, кормову та технічну цінність. Цукрові форми відзначаються високим вмістом розчинних цукрів у стеблах (до 18–22 %), що робить їх перспективними для виробництва біопалива [25].

Культурне сорго об'єднують у чотири основні групи: зернове (*S. bicolor*), цукрове (*S. sacchar-tum*), віничне (*S. technicum*) та трав'янисте (*S. sudanense*) [23].

Біологічні особливості сорго свідчать про його теплолюбність: мінімальна температура проростання становить 8–10 °С, оптимальна — 25–30 °С.

Сорго краще за інші культури, витримує повітряну та ґрунтову посуху, суховії і високі температури повітря завдячуючи тому, що типу фотосинтезу у листках С4 і транспіраційний коефіцієнт малий, порівняно з іншими культурами. [26, 27]. Для створення одиниці сухої речовини сорго витрачає 300 частин води, для порівняння кукурудза — 388, пшениця — 515, ячмінь — 543, горох — 730. Також для набубнявіння зерна сорго потребує теж менше вологи, ніж інші культури. Для сорго цей показник становить 35 % від маси зернівки, для кукурудзи — 40, для пшениці — 58, для гороху — 95.

Ще однією перевагою сорго перед іншими злаковими культурами є порівняно слабка ушкоджувальність сорго шкідниками. Наприклад, сорго пошкоджують лише злакові попелиці, дротяники і підгризаючі совки [4].

Сорго має назву «верблюд рослинного світу» саме за невибагливість до складних умов, посухо- та солевитривалість. Завдяки солевитривалості сорго можна вирощувати на засолених чи солонцюватих ґрунтах, де концентрація солей складає від 0,6 до 0,8%, і містить хлориди і сульфати.

Культура надзвичайно невибаглива до ґрунтових умов і може забезпечувати стабільну врожайність на чорноземах, каштанових та навіть слабкосолонцюватих ґрунтах [28].

У зв'язку з невибагливістю сорго до ґрунтових умов його використовують як першу культуру при освоєнні еродованих схилів. З непридатних для сорго ґрунтів можна відзначити надмірно зволожені, заболочені ґрунти з близьким заляганням ґрунтових вод. Також кислі ґрунти з рН менше як 5,5 є непридатними.

Таким чином, згідно з літературними даними, сорго є високоперспективною культурою для регіонів із недостатнім зволоженням, зокрема Степу України. Поєднання морфологічних і фізіологічних властивостей визначає його як важливу складову адаптивних систем землеробства в умовах кліматичних змін. [29, 30].

### 1.3. Елементи живлення та їх значення для сорго

Сорго позитивно відкликається на покращення умов мінерального живлення, особливо на бідних ґрунтах. Мінеральні добрива відіграють ключову роль у продуктивності сорго, оскільки ця культура формує значну біомасу та зернову врожайність за умов оптимального забезпечення елементами живлення. Найбільш критичними для сорго є азот, фосфор і калій.

Найбільший дефіцит сорго відчуває у азоті. Максимально культура використовує азот у міжфазні періоди інтенсивного росту й формування генеративних органів (особливо за два тижні до початку викидання волотей і 10–15 днів після цвітіння). Азот забезпечує активний ріст надземної маси, формування листків і колоса, проте надлишок може затримувати досягання та підвищувати ризик накопичення нітратів. Дослідження свідчать, що внесення 60–120 кг/га азоту може збільшувати врожайність зернового сорго на 25–45 % залежно від погодних умов і родючості ґрунту [31, 32].

Фосфор сприяє розвитку кореневої системи та прискорює досягання. За даними польових дослідів, оптимальне внесення  $P_{40-60}$  забезпечує підвищення врожайності на 8–15 % та покращує енергію проростання насіння [33, 34].

Корені починають поглинати фосфор з перших днів вегетації. Половина фосфору засвоюється до фази викидання волоті.

Калій підвищує посухостійкість, що особливо важливо для вирощування сорго в умовах Степу. Калійні добрива сприяють ефективнішому використанню вологи та збільшують вміст цукрів у стеблах цукрового сорго [35].

Калій рослини сорго засвоюють рівномірно протягом вегетаційного періоду.

Слід зазначити, що азотні добрива збільшують вміст отруйної синильної кислоти на 5–17 мг а фосфорні навпаки, зменшують на 1–2 мг в розрахунку на 100 г абсолютно-сухої речовини.

В наукових дослідженнях виявлено, що мінеральні добрива впливають на продуктивність та на тривалість вегетації сорго.

Комплексне застосування NPK дає найбільший ефект: згідно з результатами багаторічних досліджень, поєднане внесення азоту, фосфору та калію може підвищувати врожайність сорго на 30–60 % порівняно з біологічним контролем [32, 36]. Особливо важливо враховувати агрокліматичні умови зони Степу — за дефіциту вологи потреба в збалансованому живленні ще зростає.

В дослідженнях Коваленко М.О. вищу врожайність зерна сорго отримали за внесення норми мінеральних добрив  $N_{70}P_{70}K_{70}$ . Також мінеральні добрива впливали на якість насіння сорго. Так внесення добрив підвищувало масу 1000 насінин. Тоді як довжина волоті під впливом добрив не змінювалася. Також добрива збільшували тривалість вегетації. Найбільш чутливою до удобрення була фаза від цвітіння до стиглості, а досягання зерна при застосуванні вищевказаної норми добрив наставало на 8-10 днів пізніше, ніж у контролі. Збільшувався також показник кущистості [37].

В інших дослідах добрива посилили ріст і розвиток листкової поверхні рослин сорго до 0,23–0,27 м<sup>2</sup>/рослину у фазі викидання волоті та 0,15–0,17 м<sup>2</sup>/рослину у фазі повної стиглості, що перевищило контроль без добрив на 0,01–0,05 та 0,01–0,03 м<sup>2</sup>/рослину відповідно. Максимальна листкова поверхня була сформована у фазі викидання волоті за норми добрив  $N_{120}P_{120}K_{120}$ . Врожайність зерна порівняно з контролем без добрив підвищилась на 12–39 %. Застосування добрив істотно покращувало також якість зерна сорго. Вміст білка в зерні був більшим на 0,5–1,8 %, жиру – на 0,08–0,20 % на суху речовину, маса 1000 зерен зроста на 1,6–4,9 г [38].

Аналіз наукових досліджень системи удобрення сорго свідчить, що завдяки добривам можна отримати майже половину приросту врожайності. Хоча сорго невибагливе до родючості ґрунтів, при застосуванні органіко-мінеральних систем удобрення де використовували гній, торф, сидерати і компости продуктивність рослин істотно підвищувалась.

Загалом, раціональна система мінерального удобрення є одним із визначальних факторів отримання стабільно високих врожаїв сорго та підвищення його кормової та технологічної цінності.

Таким чином, можна підсумувати – сорго є культурою, що вимагає дотримання певних вимог при вирощуванні. Оскільки різні сорти реагують неоднаково на удобрення, необхідно дослідити різні сорти в умовах кожного конкретного господарства.

## РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЯ ТА УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Організаційно-економічні умови місця проведення досліджень.

Місцем проведення досліджень із визначення оптимальної системи удобрення та вибору найперспективнішого гібриду у 2023–2024 роках було обрано селянське фермерське господарство «Рижкова В. П.», розташоване поблизу села Олексіївка Кропивницького району Кіровоградської області.

Згідно з офіційною реєстрацією, господарство спеціалізується на вирощуванні зернових і бобових культур, а також насінневому виробництві олійних. У структурі зернових культур представлено й сорго. Крім основних напрямів, підприємство займається вирощуванням овочевих і баштанних культур, коренеплодів і бульбоплідних рослин, а також провадить допоміжну діяльність у сфері рослинництва. У господарстві також здійснюють виробництво олії, тваринних жирів і різних харчових продуктів. Станом на 2024 рік на підприємстві працювало 36 осіб.

Керівником господарства є Рижков Микола Володимирович. Загальна площа орних земель становить 2500 га, що дорівнює близько 90 % території. Структура посівних площ охоплює різні зернові та технічні культури. Основними є озима пшениця та соняшник — під ними зайнято відповідно 1100 та 1200 га. Серед зернових вирощується також ячмінь (близько 100 га). З бобових культур представлено горох, який займає 18 га. Площа під посівами сорго у господарстві становить 82 га.

Рівень урожайності основних культур є середнім, що частково пояснюється несприятливими погодними умовами періоду вегетації. Так, у 2024 році врожайність озимої пшениці та ячменю становила близько 40 ц/га, соняшнику — лише 16 ц/га, тоді як сорго сформувало приблизно 40 ц/га.

Господарство вирощує декілька гібридів зернового сорго, серед яких ЕС Тіфон (звичайне двокольорове зернове сорго), Сват (звичайне двокольорове зернове), а також Янкi (зернове сорго).

Використовувані мінеральні добрива відповідають технологічним вимогам вирощування сільськогосподарських культур. Для основного внесення застосовують сульфат амонію та хлорид калію, а в припосівне удобрення вносять амофос.

Матеріально-технічна база господарства забезпечена сучасною технікою для всіх виробничих операцій. Тракторний парк включає моделі ХТЗ-150К-09, МТЗ-892, John Deere 8345R та John Deere 8310R. Автотранспорт представлений машинами КамАЗ-5511 та МАЗ-автоцистерною. Збирання врожаю здійснюється комбайнами John Deere S770i. Ґрунтообробіток проводять за допомогою культиваторів John Deere 2210, КРН-5,4 та плугів Kverneland RN100 і Lemken Vari Diamant 8. Для внесення добрив використовують розкидач Amazone ZA-M 1001 Special, а для захисту рослин — обприскувач Berthoud Tracker 3200. Додатково господарство має причіп-контейнеровоз ВУК-3, причепи 2ПТС-4 та ПЦ-6,7. Посів виконують сівалкою точного висіву John Deere DB55 та Vaderstad.

Тобто, усіма необхідними видами техніки господарство забезпечене.

## 2.2. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови місця проведення досліджень

Оскільки селянське фермерське господарство «Рижкова В. П.» розташоване в північній частині Кіровоградської області, його землі належать до поширення чорноземів глибоких середньогумусних. Цей тип ґрунтів належить до найпродуктивніших в Україні та формується переважно в умовах Лісостепу й частково північного Степу.

Профіль таких чорноземів має значну потужність — 120–150 см і більше, а гумусовий горизонт добре виражений і сягає 70–100 см. Вміст гумусу в верхньому шарі становить 4–6 %, що забезпечує високу катіонно-обмінну здатність (30–45 мг-екв/100 г ґрунту) і сприяє накопиченню доступних поживних елементів.

За гранулометричним складом ці чорноземи здебільшого важкосуглинкові або середньосуглинкові, що створює оптимальні умови для поєднання водопроникності з вологоємністю. Вони мають добрий структурний стан: частка агрегатів фракції 0,25–10 мм становить 70–80 %, що забезпечує сприятливий повітряний режим та підвищену стійкість до ущільнення.

Реакція ґрунтового розчину варіює від нейтральної до слабколужної — рН 6,8–7,5. Забезпеченість ґрунту доступними формами азоту, фосфору та калію загалом висока, хоча фактичний рівень живлення рослин залежить від обсягів удобрення та інтенсивності обробітку. Чорноземи мають значну польову вологоємність (30–35 %) і високий рівень агрегованості, що дозволяє ефективно зберігати продуктивну вологу навіть у посушливі періоди. Це робить їх особливо придатними для вирощування посухостійких культур — сорго, озимої пшениці, кукурудзи та соняшнику.

Структурно-агрегатні властивості цих ґрунтів забезпечують високий рівень біологічної активності. У ґрунтовому профілі активно відбуваються процеси мінералізації органічної речовини, гуміфікації рослинних решток та кругообігу поживних елементів. Загалом чорноземи глибокі середньогумусні малосхильні до ерозії за умов традиційної технології, однак у степовій зоні можливий розвиток вітрової ерозії за тривалого відсутнього рослинного покриву або надмірно глибокого розпушування. [39-43].

Північний Степ України характеризується помірно континентальним кліматом із чітко вираженими континентальними рисами та дефіцитом вологи. Для цієї кліматичної зони властиві такі основні параметри:

Температурний режим. Середньорічна температура повітря становить 8–9 °С. У зимовий період середня температура січня коливається в межах –4...–6 °С, хоча під час сильних морозів може знижуватися до –20...–25 °С. Літні температури досить високі: середня температура липня становить 21–23 °С, а максимальні значення часто досягають 35–40 °С. В останні роки

спостерігається тенденція до підвищення температури влітку та збільшення тривалості періодів спеки, що пов'язано зі змінами клімату.

Опади та рівень зволоження. Річна кількість опадів у Північному Степу становить 350–450 мм, причому до 70 % припадає на теплий період року. Для регіону характерна значна нерівномірність опадів як у межах сезону, так і в багаторічній динаміці. Більшість дощів у теплу пору року має зливовий характер і не забезпечує достатнього накопичення ґрунтової вологи. Потенційне випаровування перевищує річну кількість опадів у 2–3 рази, що формує стійкий дефіцит вологи. Коефіцієнт зволоження становить 0,6–0,7, що відповідає посушливим агрокліматичним умовам.

Тривалість вегетаційного періоду. Вегетаційний період триває 260–280 днів, з яких 160–180 днів мають середньодобову температуру понад +10 °С. Такі умови є сприятливими для вирощування теплолюбних культур, зокрема сорго, кукурудзи, соняшнику, сої та проса.

Вітровий режим та ерозійні явища. У регіоні часто спостерігаються суховії, особливо в травні — липні. На відкритих ділянках із середніми та легкими ґрунтами фіксуються прояви вітрової ерозії. Нестійкий сніговий покрив узимку та періоди відлиг спричиняють оголення ґрунту, що підвищує ризику зимових ерозійних процесів.

Кліматичні ризики. До основних обмежувальних чинників належать тривалі атмосферні й ґрунтові посухи, нестача продуктивної вологи на початку вегетації, часті теплові стреси влітку, а також низький сніговий покрив, що може спричинити підмерзання озимих культур.

У роки проведення експерименту кліматичні умови загалом були сприятливими для вирощування зернового сорго, хоча за окремими показниками спостерігалось перевищення середніх багаторічних норм. Згідно з архівними даними метеостанції, погодні умови різнилися між роками, що стало однією з причин варіації рівня врожайності сорго.

Погодні умови вегетаційного періоду мають істотний вплив на формування продуктивності сільськогосподарських культур, зокрема сорго,

яке, хоча й характеризується високою посухо- та жаростійкістю, чутливо реагує на дефіцит вологи на початкових етапах органогенезу. Нижче подано характеристику агрометеорологічних умов 2023–2024 років у зоні проведення досліджень та їх вплив на ріст і урожайність сорго (Рис. 2.1) [46].

Аналіз агрометеорологічних умов у 2023–2024 роках показав суттєві відмінності між роками за температурним режимом і забезпеченістю вологою, що безпосередньо вплинуло на формування врожайності сорго.

У 2023 році поєднання достатньої кількості опадів у квітні–червні та сприятливих температур, а також відсутність тривалих посух забезпечили оптимальні умови для проростання насіння, рівномірного росту рослин та формування високої продуктивності. Влітку, попри періоди спеки, рослини сорго отримали достатню кількість вологи, що дало можливість сформувати врожайність на високому рівні.




















Місяць	Середня температура	Максимальна температура	Мінімальна температура	Середня швид. вітру	Опадів всього	Максим. глибина снігу	Роза вітрів
1.2023	-0.3 °	13.1°	-9.8°	2.3 м/с	20.2 мм	6 см	
2.2023	-0.3 °	+9.3°	-10.2°	2.7 м/с	30.1 мм	5 см	
3.2023	+4.8 °	+18.6°	-3.4°	2.5 м/с	40.7 мм	4 см	
4.2023	+9.6 °	+19.9°	+1.2°	1.9 м/с	102.6 мм	-	
5.2023	+16.2 °	26.9°	+5.3°	1.9 м/с	1 мм	-	
6.2023	+19.6 °	+30.4°	+8.4°	1.6 м/с	87.6 мм	-	
7.2023	+21.5 °	+31.8°	+13.6°	1.6 м/с	136.1 мм	-	
8.2023	+23.8 °	+35.7°	+13.8°	1.1 м/с	19.6 мм	-	
9.2023	+18.8 °	+28.3°	+9.6°	1 м/с	8.6 мм	-	
10.2023	+11.4 °	+22°	+1°	2 м/с	67.2 мм	-	
11.2023	+4.1 °	+15.5°	-6.6°	2.6 м/с	99.2 мм	7 см	
12.2023	+0.7 °	+10.5°	-8.9°	2.3 м/с	63.5 мм	16 см	
							

Рис. 2.1. Режим погоди у 2023 році досліджень

У квітні середня температура повітря становила 9,6 °С, максимальні значення досягали 20 °С, а мінімальні опускалися до 1,2 °С. Кількість опадів була достатньою — 102,6 мм, що забезпечило добру вологозапаси у ґрунті.

Вітровий режим був слабким (до 2 м/с), що сприяло проведенню сівби у оптимальні строки.

Травень відзначився підвищеними температурами: середньомісячна становила 16,2 °С, максимальна — 26,9 °С. Опадів за місяць практично не випадало — лише 1 мм. Проте завдяки ґрунтовій волозі, накопиченій у квітні, насіння сорго забезпечило дружні сходи.

У червні температура продовжувала зростати, але з'явилися дощі. За місяць випало 87,6 мм опадів, що сприяло активному росту й розвитку рослин.








Місяць	Середня температура	Максимальна температура	Мінімальна температура	Середня швид. вітру	Опадів всього	Максим. глибина снігу	Роза вітрів
1.2024	-2.6 °	+6.8°	-15.6°	2.7 м/с	48.4 мм	10 см	
2.2024	+2.9 °	+11.6°	-3.8°	2.5 м/с	49.3 мм	11 см	
3.2024	+4.8 °	+25°	-4.1°	1.6 м/с	54.8 мм	7 см	
4.2024	+12.8 °	+25.9°	+0.2°	2.1 м/с	79 мм	-	
5.2024	+16.3 °	+27.3°	+3.5°	1.5 м/с	15.3 мм	-	
6.2024	+21.6 °	+31.3°	+13.8°	1.6 м/с	136.5 мм	-	
7.2024	+24.1 °	+35.9°	+15.1°	1.3 м/с	51.9 мм	-	
8.2024	+23.1 °	+35.1°	+13.9°	1 м/с	24.7 мм	-	
9.2024	+20.5 °	+32.5°	+10.8°	1.6 м/с	20.5 мм	-	
10.2024	+10.9 °	+22.4°	+2.3°	1.5 м/с	64.1 мм	-	
11.2024	+2.7 °	+12.1°	-5.8°	1.9 м/с	51.7 мм	7 см	
12.2024	-0.9 °	+5.8°	-9.2°	2 м/с	37.3 мм	8 см	
							

Рис. 2.2. Режим погоди у 2024 році досліджень

Липень і серпень були доволі спекотними: максимальна температура сягала 35,7 °С. Водночас гідротермічні умови залишалися задовільними — протягом двох місяців випало 155,7 мм опадів, більша частина яких у липні. Сукупність цих факторів забезпечила сприятливі передумови для формування високої урожайності зернового сорго. У 2023 році погодні умови загалом були сприятливими для вирощування сорго.

Натомість у 2024 році дефіцит опадів у квітні–травні, значні коливання температури на початку сезону та тривалі періоди високих

температур у літні місяці створили стресові умови для розвитку сорго. Особливо негативно вплинув недолік продуктивної вологи на стартових етапах вегетації та перевищення температурних норм у липні–серпні. Це призвело до уповільнення ростових процесів, зниження інтенсивності накопичення сухої речовини та відповідно — до зменшення врожайності в порівнянні з попереднім роком. Погодні умови 2024 року суттєво відрізнялися і були значно менш сприятливими для вирощування сорго, а в окремі періоди носили екстремальний характер.

У квітні спостерігалися різкі коливання температури — від 0,2 °C до 25,9 °C. Кількість опадів становила лише 79 мм, що майже на третину менше, ніж у попередньому році. Це негативно вплинуло на вологозабезпечення ґрунту та умови проростання насіння.

Травень був, як і у 2023 році, посушливим — за місяць випало лише 15,3 мм опадів, що призвело до дефіциту продуктивної вологи на ранніх етапах розвитку рослин.

Покращення ситуації відбулося у червні, коли пройшли дощі, що тимчасово підвищили вологість ґрунту та активізували ріст надземної маси сорго.

Найбільш складними для культури були липень і серпень. Середньомісячні температури становили 24,1–23,1 °C, що супроводжувалося тривалими періодами спеки й високою інтенсивністю випаровування. Такі умови спричинили теплові стреси та зниження темпів накопичення біомаси.

У цілому сукупність погодних факторів — нестача вологи на початку вегетації, недостатні опади в травні та високі літні температури — призвели до істотного зниження врожайності сорго у 2024 році, незважаючи на природну адаптивність культури до посушливого клімату.

Отже, результати досліджень чітко демонструють, що сорго, попри свою посухостійкість, істотно реагує на водний режим на початкових етапах розвитку, а агрокліматичні умови можуть суттєво змінювати продуктивність культури між роками.

## РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1. Методика досліджень

В аналітичних публікаціях відмічають поступове зростання виробництва сорго у 2020-2024 роках в Україні. Повідомляють, що площі посіву виросли на 38,8% (з 12,9 до 17,9 тис. га), а валовий збір зріс на 9,7%. Однак, при цьому урожайність знизилася на 19,2%, що є свідченням необхідності вдосконалення агротехніки вирощування даної культури [47]. Найбільш впливовим фактором регулювання рівня врожайності є мінеральні добрива. Рекомендовані норми добрив досить помітно різняться залежно від зони вирощування, сортів, ґрунтово-кліматичних умов а ін. Тому є сенс розраховувати норми добрив залежно від планового рівня врожайності та забезпеченості ґрунтів елементами мінерального живлення.

З такою метою ми проводили польові дослідження порівняння ефективності рекомендованих та розрахункових норм добрив при вирощуванні сорго.

Заплановані в роботі польові дослідження здійснювали протягом 2023-2024 років на території СФГ «Рижкова В.П.», яке розташоване на землях с.Олексіївка, Кропивницького району, Кіровоградської області. Об'єктами досліджень (фактор А) були сорти Янкi, Сват і ЕС Тiфон та норми добрив (фактор В):  $N_0P_0K_0$  – контроль без добрив;  $N_{80}P_{50}K_{50}$  – середня рекомендована норма;  $N_{64}P_{33}K_{39}$  – розрахункова доза добрив. Для розрахунку норми добрив використовували балансовий метод.

Дослід був спланований методом систематичних повторювань: ділянках досліді розміщували послідовно. Повторюваність дослідів – триразова. Сівбу здійснювали у першій декаді травня, норма висіву становила 200 тис. шт./га, ширина міжрядь 35 см.

Добрива в удобрюваних варіантах вносили у два прийоми: основне і припосівне. При сівбі вносили амофос із розрахунку 70 кг/га фізичної маси. За такої дози в ґрунт потрапляло  $N_7P_{33}K_0$  Решту елементів вносили в основне

внесення у вигляді сульфату амонію, хлориду калію і простого суперфосфату.

Схема польового дослідження наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

## Схема дослідження

Варіанти		
№	Фактор А (сорт)	Фактор В (добрива)
1	Янкі	контроль без добрив
2		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)
3		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)
4	Сват	контроль без добрив
5		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)
6		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)
7	ЕС Тіфон	контроль без добрив
8		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)
9		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)

Нижче додаємо характеристику сортів, які вивчали у дослідженнях.

Гібрид ЯНКІ, створений компанією Advanta Seeds International (США) і внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2016 році, належить до групи ранньостиглих зернових висококрохмальних гібридів сорго. Умовами Степу його середня врожайність становить 36,7 ц/га, а в Лісостепу — 56,9 ц/га. Тривалість вегетаційного періоду від повних сходів до початку воскової стиглості становить 103–109 діб. Гібрид вирізняється високою стійкістю до вилягання, обсіпання, ураження гелмінтоспоріозом, пухирчастою сажкою та стебловим метеликом — усі показники становлять 8,9–9,0 балів. Стійкість до посухи варіює у межах 7,6–9,0 бала. Зерно містить 13,6–13,9 % сирого протеїну та 72,7–73,2 % крохмалю. До морфологічних ознак гібриду належить майже непомітне антоціанове забарвлення

колеоптиля, раннє формування волоті, дуже низька висота рослин у фазі викидання волоті та світло-зелений колір листкової пластинки. Колоскові луски під час цвітіння залишаються зеленими, волоть має середню довжину, симетричну форму та помірну щільність. На момент досягання рослини дуже низькорослі (92,3–93,5 см), із тонким стеблом у верхній частині. Після досягання зернівки мають оранжево-червоне забарвлення, середню масу 1000 зерен (23,4–30,4 г), округлу форму та на три чверті скловидний ендосперм білого кольору [48].

Гібрид СВАТ, оригінований Інститутом зернових культур НААН України і зареєстрований у 2017 році, створений шляхом схрещування лінії Дн37с та сорту Гран на стерильній основі. Він належить до ранньостиглих висококрохмальних гібридів сорго фуражного й харчового напрямку та рекомендований для вирощування в умовах Степу й Лісостепу. Урожайність гібриду у Степу становить 41,0 ц/га, у Лісостепу — 38,7 ц/га. Рослини мають висоту 115–130 см, добре облиствені, формують прямостоячу, помірно розлогу волоть довжиною 20–25 см із виходом із піхви останнього листка на 15–20 см. Зерно червоно-коричневе, з таніном, маса 1000 зерен становить 25–28 г. Листки довгі (40–45 см) та широкі (6–7 см), висота стебла у період досягання — 102,0–115,0 см. Вегетаційний період триває 96 діб. Гібрид характеризується високою стійкістю до вилягання (8,3–8,7 бала), обсіпання (8,3–9,0), посухи (7,7–8,6), гельмінтоспоріозу (8,3–8,7), а також практично абсолютною стійкістю до стеблового метелика та пухирчастої сажки (9,0 балів). Вміст сирого протеїну становить 10,8–12,2 %, крохмалю — 72,0–73,6 %. Гібрид ранньостиглий, досягає за 95–100 діб, здатний формувати до двох волотей на рослину, характеризується середньою жаро- і посухостійкістю, у прохолодні весняні періоди проявляє добру холодостійкість. Урожайність у виробничих умовах коливається в межах 4,5–5,8 т/га, а за достатнього забезпечення вологою може досягати 8,0 т/га. Досягання відбувається у першій–другій декаді вересня, вологість зерна на момент збирання складає

16–18 %. Гібрид добре реагує на зрошення та підвищений рівень удобрення, а його насінництво відзначається стабільністю [49].

Гібрид ЕС ТІФОН (ES Tiphon), створений французькою компанією Euralis Semences, належить до середньоранніх висококрохмальних зернових гібридів сорго та рекомендований для вирощування в Степовій зоні. Урожайність у Степу становить 41,0 ц/га, а в Лісостепу — до 56,9 ц/га. Гібрид має високі показники стійкості до вилягання та обсіпання (8,9–9,0 балів), посухи (7,9–9,0), а також практично абсолютну стійкість до ураження гельмінтоспориозом, стебловим метеликом і пухирчастою сажкою (9,0 балів). Вміст сирого протеїну у зерні становить 12,0–12,9 %, крохмалю — 75,8–76,1 %. Морфологічно гібрид характеризується дуже слабким або відсутнім антоціановим забарвленням колеоптиля, раннім формуванням волоті та низьким габітусом рослин у фазі викидання. Листкові пластинки світло-зелені, волоть під час цвітіння щільна, при досяганні — менш щільна, симетричної форми та середньої довжини. Висота рослин у фазі досягання становить 117,0–120,2 см. Зернівки після досягання мають оранжево-червоне забарвлення, округлу форму та велику масу 1000 зерен (26,0–28,3 г). Ендосперм переважно крохмалистий, білий і займає приблизно три чверті об'єму зерна [50].

В якості добрив вносили амофос, сульфат амонію, простий суперфосфат і хлористий калій. Наведемо коротку характеристику вказаних добрив.

АМОФОС 10–46–0 є концентрованим подвійним азотно-фосфорним добривом, до складу якого входить 10 % азоту в амонійній формі та 46 % фосфору у вигляді водорозчинного  $P_2O_5$ . Хімічна формула добрива —  $NH_4H_2PO_4$ , що відображає поєднання амонію та ортофосфатної групи. Амофос належить до групи високоефективних водорозчинних фосфатів амонію і випускається у формі гранул марок А та Б. Гранульована структура забезпечує легкість у застосуванні, відсутність злежування та можливість змішування з іншими мінеральними добривами (за винятком лужних).

Завдяки розчинності понад 95 % фосфор у добриві доступний для рослин одразу після внесення, що особливо важливо на початкових етапах росту культур, коли формується коренева система. Амонійна форма азоту знижує ризики його вимивання та підвищує використання елементів живлення, створюючи локальний слабокислий ефект, який покращує доступність фосфору на ґрунтах із високим рН.

Застосування амофосу забезпечує рівномірний стартовий розвиток рослин та підвищує енергію проростання, тому добриво широко використовують у зонах ризикованого землеробства, зокрема в Північному та Центральному Степу. Його вносять переважно під передпосівну культивуацію або локально під час сівби просапних культур — кукурудзи, сорго, соняшнику.

Норми внесення становлять: для зернових — 80–120 кг/га, кукурудзи та сорго — 100–150 кг/га, соняшнику — 70–100 кг/га. До основних переваг добрива належать високий вміст водорозчинного фосфору, відсутність хлору та важких металів, а також стабільна ефективність на чорноземах, бідних рухомими фосфатами, де амофос сприяє формуванню потужної кореневої системи [51].

СУЛЬФАТ АМОНІЮ  $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$  є висококонцентрованим мінеральним добривом, яке поєднує амонійний азот (21 %) і сірку у доступній сульфатній формі (24 %  $\text{SO}_4^{2-}$ ). Речовина отримується шляхом нейтралізації сірчаної кислоти синтетичним аміаком та має кристалічну структуру, що вирізняється хорошою розчинністю у воді й стійкістю до злежування, оскільки добриво мало гігроскопічне. Амонійна форма азоту засвоюється рослинами поступово, повільніше вимивається з ґрунту порівняно з нітратною та забезпечує тривале живлення культур, особливо на легких і середніх ґрунтах. Сірка в складі добрива бере участь у синтезі білка, ферментів та амінокислот, підвищує вміст олії у соняшнику та ріпаку, а також оптимізує якість зерна культур.

Сульфат амонію особливо ефективний для культур, чутливих до дефіциту сірки, — соняшнику, ріпаку, зернових, кукурудзи, сорго та сої. Добриво має слабкокисло реакцію (рН 5–6), що позитивно впливає на карбонатні та нейтральні ґрунти, проте на кислих ґрунтах потребує вапнування.

З-поміж переваг варто відзначити низькі втрати азоту під час поверхневого внесення (1–3 %), що суттєво менше, ніж у карбаміду чи аміачної селітри. Норми внесення добрива становлять: озима пшениця — 60–120 кг/га, соняшник — 80–100 кг/га, ріпак — 100–150 кг/га, кукурудза та сорго — 80–120 кг/га. Проте сульфат амонію небажано застосовувати на кислих ґрунтах і змішувати з вапняковими матеріалами, оскільки це спричиняє втрати аміаку [52].

ХЛОРИСТИЙ КАЛІЙ (KCl) є концентрованим однокомпонентним калійним добривом, яке містить 55–61 % калію в перерахунку на  $K_2O$  та приблизно 47 % хлору. Добриво отримують у процесі переробки природних калійних мінералів — силвініту та карналіту — шляхом галургічного або флотаційного методів. Залежно від технології очищення гранули можуть мати рожеве, червоно-рожеве або біле забарвлення. Хлористий калій добре розчиняється у воді та швидко переходить у ґрунтовий розчин.

Калій забезпечує регуляцію водного режиму рослин, підвищує їхню посухо- і морозостійкість, покращує синтез вуглеводів, зміцнює імунітет рослин та сприяє підвищенню якості врожаю, зокрема олійності у соняшнику й ріпаку. Крім того, калій знижує накопичення нітратів і радіонуклідів, підвищує утворення бульбочок у бобових культур. Основна перевага хлористого калію — його висока концентрація та доступність.

Найефективніше його вносити восени, коли хлор встигає вимиватися із верхнього шару ґрунту, не завдаючи шкоди культурам, чутливим до нього. Весняне внесення можливе тільки під культурі, які добре переносять хлор: зернові, кукурудзу, сорго та соняшник. Орієнтовні норми внесення становлять: зернові — 60–90 кг/га  $K_2O$ , кукурудза та сорго — 60–100 кг/га,

соняшник — 40–60 кг/га, цукрові буряки — 90–120 кг/га. Однак добриво небажано використовувати на культурах, чутливих до хлору (картопля, тютюн, виноград, овочі), а також на легких ґрунтах, де воно може підвищувати осмотичний тиск ґрунтового розчину. [53].

ПРОСТИЙ СУПЕРФОСФАТ є універсальним фосфорним добривом кислої дії, яке виготовляють шляхом обробки фосфоритів або апатитів сірчаною кислотою. Добриво містить 16–20 %  $P_2O_5$ , з яких 13–15 % — у водорозчинній формі, а також значну кількість кальцію (28–30 % Ca у формі гіпсу) та 8–12 % сірки. Суперфосфат може бути гранульованим або порошкоподібним; гранульована форма є більш технологічною та рівномірно розподіляється під час внесення.

Фосфор у складі добрива швидко доступний для рослин, що активізує розвиток кореневої системи, прискорює формування генеративних органів, покращує енергетичні процеси, фотосинтез та накопичення вуглеводів. Наявність кальцію й сірки сприяє покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунту, нейтралізації солонців та синтезу білкових сполук у рослинах.

Простий суперфосфат придатний для основного, припосівного та рядкового внесення під більшість сільськогосподарських культур і особливо ефективний на ґрунтах із низьким вмістом рухомого фосфору. До обмежень можна віднести нижчу концентрацію фосфору порівняно з подвійним суперфосфатом, підвищену гігроскопічність та кислотну реакцію, що потребує коригування на кислих ґрунтах.

Рекомендовані норми внесення становлять: для зернових — 60–90 кг/га  $P_2O_5$ , кукурудзи та сорго — 60–100 кг/га, олійних культур — 60–80 кг/га, цукрових буряків — 90–120 кг/га, овочевих — 80–120 кг/га. Добриво доцільно вносити восени або перед сівбою культур, а для стартового живлення можливе рядкове внесення у дозі 10–20 кг/га  $P_2O_5$  [54].

Технологія вирощування сорго в досліді була загальноприйнята для зони Степу.

В дослідженнях визначали такі показники, як:

Показник	Методика
1. Тривалість міжфазних періодів	між основними фазами розвитку рослин (сходи, кущіння, викидання волоті, цвітіння, повна стиглість), днів
2. Площа листків	методом висічок: знімали всі продуктивні листки з рослини, зважували, складали в стопку і вирізали максимальне число кружечків спеціальним циліндром діаметром 1 см. Висічки зважували і розраховували площу листків за співвідношенням маси і площі.
4. Облік врожайності	здійснювали методом пробного снопа з трьох ділянок площею 1 м <sup>2</sup> з подальшим перерахунком на площу 1 га.

Економічну ефективність розраховували на умовно чистий прибуток. Розрахунки проводили згідно методичних вказівок кафедри [55].

### 3.2. Результати досліджень та їх аналіз

3.2.1. Динаміка розвитку сорго зернового залежно від мінерального живлення.

Формування врожаю зерна сорго визначається як біологічними й генетичними властивостями окремих гібридів, так і рівнем забезпеченості рослин сприятливими умовами, особливо в критичні періоди їхнього розвитку. Тому, щоб повністю задовольнити потреби культури в процесі формування врожаю, важливо розуміти основні етапи її росту та органогенезу. У життєвому циклі сорго виділяють два ключові періоди: формування вегетативних органів (кореневої системи, стебла та листків) і розвиток генеративних структур (суцвіть, квіток і насіння). Загалом сорго проходить 12 етапів органогенезу.

Однак у практиці агровиробництва зазвичай орієнтуються на зовнішні ознаки рослин. Зокрема, у США описані та широко застосовуються дев'ять фенологічних стадій розвитку. Сорго проходить послідовність фаз, які визначають швидкість наростання вегетативної та генеративної маси й безпосередньо впливають на формування врожаю. Розподіл росту здійснюється за стадіями — від нульової (сходи) до дев'ятої (повна стиглість), а також на два періоди: вегетативний (стадії 0–5) і генеративний (стадії 6–9).

Тривалість окремих фаз залежить від типу стиглості гібриду (раннього, середнього чи пізнього), температурних умов і забезпеченості вологою. Час, необхідний для переходу рослини до кожної наступної стадії, визначається як генетичними особливостями гібрида, так і умовами середовища. Навіть у межах одного гібрида тривалість фаз може змінюватися залежно від строків сівби. Крім того, на розвиток рослин та тривалість їхніх стадій впливають удобрення, хвороби, надмірна вологість, густина посівів і рівень забур'яненості [56-58].

Добрива є одним із найбільш помітних факторів, які впливають на розвиток рослин сорго. Ми досліджували не усі фази, а лише найбільш показові, такі як сходи, кушіння, викидання волоті та повна стиглість зерна. Всі фази визначали, як повні, коли у фазі знаходилось близько 70 % рослин. Результати відобразили у вигляді таблиць 3.2, 3.3 і графіку 3.1.

Фаза сходів характеризується появою паростка на поверхні ґрунту. Оптимальна температура для проростання насіння сорго 12–15<sup>0</sup>С, мінімальна — 8-10<sup>0</sup>С.

Фаза кушіння. У цей період рослини мають перші 3–6 справжніх листків, формують головний та бічні пагони, починають кущитися. Темпи росту інтенсивно прискорюються після встановлення температур 25–30<sup>0</sup>С.

Перший рік досліджень показав відмінність тривалості міжфазного періоду між сходами та кушінням як між сортами, так і за впливом норм

добрив. Найменша тривалість була у сортів Янкі та Сват, у сорту ЕС Тіфон кушіння спостерігалось на 2-4 дні пізніше, ніж у попередніх сортів.

Таблиця 3.2

Тривалість міжфазних періодів розвитку сорго залежно від  
мінеральних добрив у 2023 році, днів

№	Фактор А (сорт)	Фактор В (добрива)	Періоди між фазами				Повний період вегетації
			сходи- кушіння	кушіння- викидання волоті	викидання волоті- цвітіння	цвітіння- повна стиглість	
1	Янкі	контроль без добрив	14	29	12	43	98
2		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	17	30	15	48	110
3		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	16	28	13	45	102
4	Сват	контроль без добрив	15	31	10	41	97
5		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	18	32	15	46	111
6		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	17	31	13	44	106
7	ЕС Тіфон	контроль без добрив	18	26	16	46	106
8		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	20	31	18	51	120
9		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	18	29	15	49	111

Що стосується впливу добрив, то вже з перших фаз очевидно що збільшення норми добрив викликає подовження тривалості вегетації. Рекомендована норма збільшувала міжфазний період порівняно з контролем на 3 дні у сортів Янкі і Сват, сорт ЕС Тіфон реагував менш помітно, різниця склала 2 дні. Цікаво, що розрахункова норма у даного сорту не змінювала тривалість періоду сходи-кушіння порівняно до контролю, тоді як у попередніх сортів цей період був на 2 дні довшим.

Посушливий період 2024 року проявився на тривалості вегетації в цілому і на довжині перших досліджуваних періодів. Всі вони були коротшими на 1-3 дні. Так, для сорту Янкі період кушіння відносно періоду

сходів відмічали через 12-14 днів, у сорту Сват 14-17 днів і найдовший період був у сорту ЕС Тіфон – від 16 до 18 днів.

Таблиця 3.3

Тривалість міжфазних періодів розвитку сорго залежно від мінеральних добрив у 2024 році, днів

№	Фактор А (сорти)	Фактор В (добрива)	Періоди між фазами				Повний період вегетації
			сходи-кущіння	кущіння-викидання волоті	викидання волоті-цвітіння	цвітіння-повна стиглість	
1	Янкi	контроль без добрив	12	26	11	40	89
2		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	14	29	13	45	101
3		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	14	27	11	43	95
4	Сват	контроль без добрив	14	28	9	38	89
5		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	17	30	14	44	105
6		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	15	29	13	42	99
7	ЕС Тіфон	контроль без добрив	16	23	14	45	98
8		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	18	29	17	48	112
9		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	17	26	15	46	104

Що стосується впливу мінеральних добрив, то залежність була схожою. Більші норми добрив викликали подовження періоду на 2-3 дні відносно контролю. Порівнюючи рекомендовану і розрахункову норми відмічаємо, що у сорту Янкi їх вплив не відрізнявся, а у інших двох сортів при розрахунковій нормі період сходи-кущіння був коротшим на 1-2 дні.

Фаза викидання волоті. За час від попередньої фази формується стебло заввишки 40–60 % від майбутньої висоти рослини. Волоть повністю виходить над листовим апаратом. В цей період формується до 80% усієї листової поверхні, ріст стебла поступово припиняється.

Це одна з найважливіших фаз, яка визначає кількість зерен у волоті. Рослини особливо чутливі до дефіциту вологи та поживних речовин,

особливо азоту та фосфору. Зазвичай через 2–4 дні після повного виходу волоті починається цвітіння.

Між періодом кушіння і викиданням волоті відбувається багато важливих фізіологічних процесів. Тому цей період помітно довший, ніж описаний попередньо. Його тривалість становила, залежно від сорту і впливу добрив, від 26 до 32 днів у 2023 році і була коротшою у 2024 році, від 23 днів до місяця. В перший рік досліджень найдовшим періодом кушіння-викидання волоті характеризувався сорт Сват (31-32 дні), у сорту Янкі цей період був на рівні 28-30 днів, найбільшою різницею по варіантах характеризувався сорт ЕС Тіфон, у нього на контролі фаза виметування волоті спостерігалась через 26 днів, а найбільша рекомендована норма добрив збільшувала його тривалість до 31 дня. Залежність: «більша норма – довша тривалість періоду» зберігалась у всіх сортів.

Екстремально посушливі умови вегетації 2024 року теж вплинули на міжфазний період кушіння-викидання волоті у бік його скорочення. У сорту Янкі він склав 26-29 днів, у сорту Сват 28-30 дні і найбільшою варіабельністю характеризувався сорт ЕС Тіфон 23-29 днів. Найменш помітна різниця між рекомендованою та розрахованою нормами добрив була у сорту Сват.

Коли формується волоть, у ній закладаються майбутні квітки, тому від появи волоті над верхнім листком до повного цвітіння 70-80 % квіток проходить невеликий відрізок часу. В наших дослідженнях він становив від 10 до 18 днів у сприятливий 2023 рік і скорочувався до 9-17 у 2024 році.

Найдовший період викидання волоті-цвітіння був у сорту ЕС Тіфон – від 15 до 18 днів, у сортів Янкі та Сват цей період склав 12-15 та 10-15 днів відповідно. Цікаво, що у цих двох сортів рекомендована і розрахована норми добрив мали однаковий вплив, відповідно 15 і 13 днів.

Фаза повної стиглості (збирання врожаю). Величезне значення для формування врожаю має період між цвітінням та повною стиглістю. Сорго, як і більшість зернових, проходить ряд стадій стиглості зерна: молочна,

воскова і повна. Фізіологічно зріле зерно тверде, завершення наливу, формування остаточної маси 1000 зерен. Вегетаційний період сорго завершується. Ці процеси дуже енергоємкі і вимагають багато часу. Тому даний період був найдовшим в наших дослідженнях.

У 2023 році він тривав від 43 до 51 дня. Найдовший термін характерний для сорту ЕС Тіфон. Це логічно, оскільки даний сорт відноситься до середньоранніх, тоді як Янкі і Сват є ранньостиглими сортами.

У всіх трьох сортів рекомендована норма добрив викликала максимальну тривалість періоду між цвітінням та повною стиглістю, найкоротший термін був характерний для контролів. Очевидно, що нестача елементів живлення призводила до того, що рослини намагалися швидше завершити процеси формування врожаю за рахунок його зменшення. В той же час, надмірна кількість поживних речовин викликала подовження вегетації, хоча це не завжди супроводжується ростом врожайності.

У 2024 році період цвітіння-повна стиглість був коротшим на 3 дні у всіх досліджуваних сортів. Залежність впливу норм добрив була аналогічною – чим більшою була норма, тим довший був міжфазний період. Найбільші зміни спостерігали у сорту Сват.

Таким чином, повний вегетаційний період у 2023 році склав у досліджуваних сортів ранньостиглої групи Янкі і Сват 97-111 днів а у середньораннього сорту ЕС Тіфон він був 106-120 днів. У 2024 році період вегетації був коротшим в зв'язку з посухою та високими температурами і коливався від 89-105 у ранньостиглих сортів та 98-112 у середньораннього сорту.

Підводячи підсумки спостережень протягом двох років (Рис. 3.1), можна зробити наступні висновки: найкоротшим є період від викидання волоті та її цвітінням.

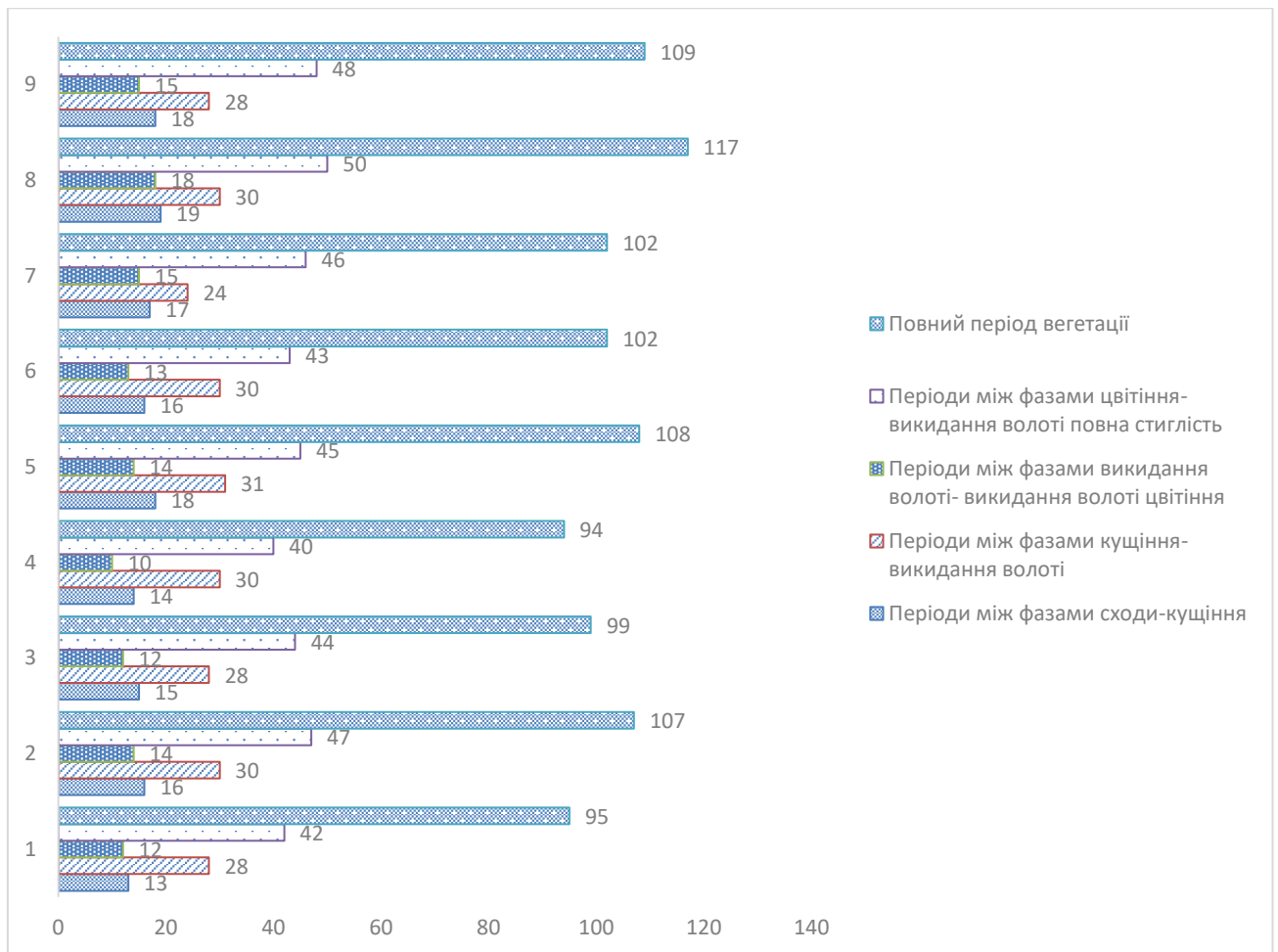


Рис. 3.1. Тривалість міжфазних періодів розвитку сорго залежно від мінеральних добрив, середня за два роки, днів

В середньому за два роки він тривав від 10 до 18 днів. Найдовше рослини розвивались між фазами цвітіння-повна стиглість.

Найкоротші міжфазні періоди були у неудобренних контрольних варіантах. Збільшення норм мінеральних добрив викликало подовження всіх міжфазних періодів і вегетаційного періоду в цілому.

3.2.2. Динаміка наростання та відмирання листкової поверхні сорго у основні фази розвитку рослин.

Листкова поверхня сорго є одним із визначальних компонентів, що формують інтенсивність фотосинтезу та рівень продуктивності зерна. Найефективніше наростання листкової маси спостерігається у фазах виходу в трубку та викидання волоті, коли рослини максимально перетворюють

сонячну енергію на органічну речовину. Саме в цей період формується потенціал наливу зерна та маси 1000 насінин. Вважається, що оптимальна площа асиміляційної поверхні для зернового сорго в умовах Степу становить 30–40 тис. м<sup>2</sup>/га у період цвітіння. Менші значення обмежують накопичення асимілятів, тоді як надмірний листковий апарат (>45 тис. м<sup>2</sup>/га) призводить до нераціонального використання вологи й поживних елементів, що особливо критично за посушливих умов. Важливою ознакою є також здатність листя довше залишатися зеленим у другій половині вегетації, оскільки ефект «stay-green» забезпечує активний налив зерна навіть за високих температур і дефіциту вологи.

Результати численних досліджень свідчать, що формування листкової поверхні тісно пов'язане з умовами живлення рослин. Так, за даними Л. А. Правдивої та В. А. Дороніна, [59].найбільша площа листків у фазу викидання волоті та цвітіння спостерігалася за внесення розрахункової норми добрив (N50P40K70) та підвищених доз (N90P90K90 і N120P120K120). Аналогічно у дослідях В. В. Іваніна, К. Л. Пашинської та М. В. Косташук відмічено, що мінеральні добрива стимулювали ріст листкової поверхні: у фазу викидання волоті вона становила 0,23–0,27 м<sup>2</sup> на рослину, тоді як у контролі цей показник був меншим на 0,01–0,05 м<sup>2</sup>. У фазу повної стиглості листкова площа зменшувалася до 0,15–0,17 м<sup>2</sup>, що також перевищувало контроль на 0,01–0,03 м<sup>2</sup>. [60].

Дослідження, проведені О. І. Гришковим та Н. В. Новицькою, підтверджують ці дані: максимальна площа листкового апарату у середньораннього гібриду ЕС Муссон у фазу викидання волоті за удобрення N120P100K60 досягала 50,27 тис. м<sup>2</sup>/га. [61].Загалом отримані результати показують, що площа листків зростає від появи сходів до фази викидання волоті й цвітіння, після чого темпи її приросту знижуються через природне відмирання нижніх листків та перерозподіл пластичних речовин у генеративні органи.

Найменший розвиток листкового апарату відзначався у варіантах без внесення добрив. Зі збільшенням дози від N30P30K30 до N120P120K120 площа листкової поверхні в період її максимального розвитку зростала: у сорту Дніпровський 39 — від 36,88 до 40,24 тис. м<sup>2</sup>/га, а у сорту Вінець — від 35,40 до 38,69 тис. м<sup>2</sup>/га. За рекомендованої норми удобрення асиміляційна поверхня перевищувала контроль на 11,9 % у сорту Дніпровський 39 та на 19,6 % у сорту Вінець. [60].

Максимальні показники листкової площі на рівні 0,26–0,27 м<sup>2</sup> з рослини відмічали у фазу викидання волоті за дози N120P120K120 або за поєднання цієї норми з внесенням 4 т/га соломи. У фазу повної стиглості листковий апарат природно зменшувався у 1,5–1,6 раза, проте найбільшу площу зберігали рослини, удобрені за нормою N120P120K120 або її поєднанням із соломою: 0,16–0,17 м<sup>2</sup> на рослину.

Таким чином, за результатами дослідів багатьох дослідників, мінеральне живлення істотно посилює формування листкової поверхні сорго, а максимального розвитку асиміляційного апарату рослини досягають за підвищених доз добрив, що забезпечує ефективніший фотосинтез і, відповідно, вищу врожайність зерна.

Ми також досліджували даний показник протягом двох років і отримали наступні результати (табл. 3.4, 3.5 та рис. 3.2). Оскільки від фази викидання волоті і фазою цвітіння минало небагато часу і рослини не набагато збільшували площу листків, ми навели дані лише за ключовими фазами: куціння, викидання волоті та повна стиглість.

Вплив мінеральних добрив проявився вже з перших стадій розвитку рослин сорго у 2023 році. Так, у фазі куціння рослини сорту Янкі розвинули фотосинтетичну поверхню на рівні 0,063-0,079 м<sup>2</sup>/рослину. Найменший показник був у варіанті без добрив. Додаткове мінеральне живлення викликало помітне наростання площі листків. Стосовно порівняння впливу рекомендованої та розрахованої норм добрив, то їх ефект був близьким,

тобто, збільшення кількості елементів живлення мало менший ефект, ніж просто їх збалансоване застосування.

Листковий індекс, це важливий показник, який ілюструє ступінь покриття гектарної площі. Він показав, що у варіантах 2 і 3 з внесенням добрив листки більш ніж у півтора рази перекривали площу поля. Навіть у контрольному варіанті перекриття було ефективним (1,26 разів).

У сорту Сват у початковій фазі площа листків була дещо меншою, ніж у попереднього сорту – від 0,056 до 0,072 м<sup>2</sup>/рослину. Це відповідало листовому індексу 1,13-1,44. Скоріш за все, зменшення показників пов'язане з меншим біологічним потенціалом сорту, оскільки решта факторів була ідентичною. Але, незважаючи на незначне зниження показників, вплив мінеральних добрив підтвердився у даного сорту також.

Найвищими показниками у фазі кушіння пагонів характеризувався сорт ЕС Тіфон – від 0,084 до 0,092 м<sup>2</sup>/рослину. Листковий індекс показує, що рослини максимально ефективно використовують площу поля, перекриваючи її майже вдвічі.

Але, якщо проаналізувати відгук сортів у досліджуваній фазі, то у даного сорту реакція на мінеральні добрива порівняно до контролю була найменша і склала близько 8%, тоді як сорт Янкі збільшував площу листків на 25 %, а сорт Сват – на 28 %. Тобто, чим менший рівень врожайності, тим більша реакція рослин на додаткове мінеральне живлення.

До наступної фази минув значний відрізок часу і це співпало з інтенсивним розвитком рослин сорго, що проявилось, в першу чергу, у площі фотосинтетичного апарату. Вона збільшилась в 2,5-3 рази, порівняно до попередньо описаної фази і склала, відповідно, у сорту Янкі 0,178-0,186, у сорту Сват 0,171-0,182 та у сорту ЕС Тіфон 0,193-0,209 м<sup>2</sup>/рослину. Як і в попередньо описаному випадку, найменші показники були у сорту Сват, найвищими відрізнявся сорт ЕС Тіфон.

Відносно дії мінеральних добрив, то в даній фазі він був відмічений, але слід зазначити, що відсоткова різниця між удобреними та неудобреним

варіантами була набагато менш помітною. Так, у сорту Янкі при використанні рекомендованої норми добрив порівняно до контролю площа листків однієї рослини збільшувалась з 0,178 до 0,186 м<sup>2</sup>. Це становить лише 4 % (для порівняння, у попередній фазі ефект склав 25 %). Це ж саме можна відмітити і у інших варіантах. Це можна пояснити тим, що у даній фазі рослини добре розвинені і ефективно використовують як запаси елементів живлення з ґрунту, так і з добрив.

Крім того, спостерігаємо ще одну залежність: якщо у попередній фазі при меншій площі листків відгук на добрива був більшим, то в даному випадку максимальний відсоток відгуку був у сортів Сват і ЕС Тіфон (6 та 8% відповідно), тоді як реакція сорту Янкі була лише на рівні 4 %.

Листковий індекс у описуваній фазі бум максимальним за вегетацію сорго. В цей період рослини мають максимально потужну масу, яка обумовлює створення певного рівня врожайності зерна. Навіть у варіантах без добрив рослини перекривали листками площу поля більш як у 3,5 рази. Максимальним листковим індексом характеризувався сорт ЕС Тіфон, він коливався від 3,86 до 4,18 разів.

Слід відмітити, що при такому інтенсивному розвитку листкової поверхні різниця між удобреними варіантами була мінімальна і становила 0,002-0,003 м<sup>2</sup>/рослину, тоді як до контролів ця різниця по сортах була в межах 0,008-0,016 м<sup>2</sup>/рослину.

До фази повної стиглості листковий апарат повністю виконує свою функцію і рослина використовує поживні речовини листків для формування генеративної частини, тому листки масово відмирають, в результаті чого листкова поверхня зменшується. Це підтвердили наші дослідження. У фазі повної стиглості площа фотосинтетичного апарату була найменшою і склала 0,028-0,032, 0,026-0,029 та 0,036-0,042 м<sup>2</sup>/рослину відповідно у сорту Янкі, Сват і ЕС Тіфон. Перекриття площі поля при цьому становило лише 52-85%.

При менших показниках даної фази у досліді збереглася залежність, набута під час попередньої фази. Тобто, добрива впливали, але відсоток їхнього впливу залишився на рівні 4, 6, 8 % для сортів Янкі, Сват і ЕС Тіфон.

Таблиця 3.4

Площа листової поверхні сорго у 2023 році залежно від мінеральних добрив, м<sup>2</sup>/рослину

№	Фактор А (сорт)	Фактор В (добрива)	Площа листків за фазами			Листковий індекс за фазами		
			кущіння	викидання волоті	повна стиглість	кущіння	викидання волоті	повна стиглість
1	Янкі	контроль без добрив	0,063	0,178	0,028	1,26	3,56	0,57
2		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	0,079	0,186	0,032	1,58	3,72	0,63
3		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	0,078	0,184	0,030	1,56	3,69	0,61
4	Сват	контроль без добрив	0,056	0,171	0,026	1,13	3,42	0,52
5		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	0,072	0,182	0,029	1,44	3,63	0,58
6		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	0,070	0,178	0,028	1,41	3,57	0,56
7	ЕС Тіфон	контроль без добрив	0,084	0,193	0,036	1,67	3,86	0,73
8		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	0,091	0,209	0,042	1,82	4,18	0,85
9		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	0,092	0,206	0,041	1,85	4,12	0,82

У 2024 році ми отримали показники, помітно менші, ніж у попередньому році досліджень. Пояснення цьому – несприятливі погодні умови 2024 року.

Отримані дані свідчать про чітку диференціацію показників площі листової поверхні та листового індексу між сортами сорго та варіантами удобрення. Загалом встановлено, що як сортові особливості, так і

застосування мінеральних добрив істотно впливають на формування асиміляційної поверхні рослин упродовж усього вегетаційного періоду.

Таблиця 3.5

Площа листкової поверхні сорго у 2024 році залежно від мінеральних добрив, м<sup>2</sup>/рослину

№	Фактор А (сорт)	Фактор В (добрива)	Площа листків за фазами			Листковий індекс за фазами		
			кущіння	викидання волоті	повна стиглість	кущіння	викидання волоті	повна стиглість
1	Янкі	контроль без добрив	0,044	0,142	0,022	0,87	2,83	0,43
2		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	0,066	0,164	0,024	1,33	3,27	0,49
3		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	0,064	0,162	0,024	1,29	3,25	0,48
4	Сват	контроль без добрив	0,041	0,140	0,018	0,82	2,81	0,35
5		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	0,054	0,158	0,022	1,07	3,16	0,44
6		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	0,052	0,155	0,020	1,03	3,10	0,41
7	ЕС Тіфон	контроль без добрив	0,071	0,178	0,028	1,42	3,55	0,57
8		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	0,081	0,186	0,031	1,62	3,73	0,62
9		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	0,079	0,185	0,039	1,58	3,70	0,78

Почнемо з фази кущіння. У цій фазі всі сорти демонстрували невеликі значення площі листків, проте між ними спостерігалися суттєві відмінності. Найнижчі показники відмічено у сортів Янкі (0,044 м<sup>2</sup>) та Сват (0,041 м<sup>2</sup>) у варіантах без добрив. Натомість гібрид ЕС Тіфон вирізнявся найбільшою листковою площею — 0,071 м<sup>2</sup> у контролі, що майже вдвічі перевищує сорти Сват і Янкі.

Застосування мінеральних добрив забезпечило приріст листкової поверхні у всіх сортів: у сорту Янкі — до 0,066–0,064 м<sup>2</sup>, у сорту Сват — до 0,054–0,052 м<sup>2</sup>, у сорту ЕС Тіфон — до 0,081–0,079 м<sup>2</sup> для однієї рослини. Це свідчить про високу чутливість рослин до мінерального живлення.

Листковий індекс у фазу кущіння загалом корелював із площею листків: найменший був у сорту Сват на контрольній ділянці (0,82), найбільший показник перекриття поверхні поля спостерігали у сорту ЕС Тіфон (1,42 у контролі та 1,62 за рекомендованої норми добрив).

Наступна фаза викидання волоті є фазою активного росту та максимального розвитку асиміляційного апарату. У цій фазі всі сорти демонстрували суттєве збільшення площі листкової поверхні. Найвищі показники в середньому на рослину знову відмічали у гібриду ЕС Тіфон: 0,178 м<sup>2</sup> у контролі та 0,186–0,185 м<sup>2</sup> за внесення добрив. Сорти Янкі та Сват мали близькі значення, проте також відреагували на удобрення приростом площі листків, від 0,140 до 0,164 м<sup>2</sup> у сорту Янкі та від 0,140 до 0,158 м<sup>2</sup> у сорту Сват.

Листковий індекс у цей період досяг максимальних значень: від 2,81–2,83 у контролі до 3,70–3,73 за внесення добрив, що вказує на інтенсивне наростання фотосинтетичного потенціалу.

На завершальному етапі вегетації у фазі повної стиглості закономірно спостерігалось зменшення площі листкової поверхні, пов'язане з відмиранням нижніх листків і відтоком асимілятів у генеративні органи. Найвищі значення зберігав гібрид ЕС Тіфон (0,028–0,039 м<sup>2</sup>), тоді як у сортів Янкі та Сват листкова поверхня була меншою, від 0,022–0,024 і до 0,018–0,022 м<sup>2</sup>/рослину відповідно.

Застосування мінеральних добрив дозволило зберегти більшу частину фотосинтетично активного листа до кінця вегетації. Найбільший листковий індекс у фазі стиглості зафіксовано у ЕС Тіфон з розрахунковою нормою добрив — 0,78, що майже удвічі перевищує контроль (0,57).

За проведеним аналізом можна узагальнити результати. Сортовий фактор відіграє ключову роль у розвитку рослин. Гібрид ЕС Тіфон стабільно формував найбільшу площу листкового апарату у всіх фазах розвитку.

Мінеральні добрива позитивно впливають на площу листків незалежно від сорту, але найбільшу реакцію проявляє саме ЕС Тіфон.

Найбільша площа листкової поверхні та листковий індекс відзначені у фазу викидання волоті, це період максимальної інтенсивності фотосинтезу.

Рекомендована ( $N_{80}P_{50}K_{50}$ ) і розрахована ( $N_{64}P_{33}K_{39}$ ) норми добрив забезпечили подібний ефект, хоча рекомендована доза дещо переважала за всіма сортами.

У фазу повної стиглості збереження листкової поверхні було кращим за внесення добрив, що свідчить про їхній вплив на пролонгування асиміляційної активності (ефект stay-green).

Аналіз показників площі листкової поверхні в середньому за два роки демонструє однакову біологічну здатність рослин сорго спочатку інтенсивно нарощувати площу фотосинтетичного апарату, починаючи від моменту кушіння, з 9,8-17,2 до максимального 31,2-39,6 тис. м<sup>2</sup>/га. Потім, коли пластичні речовини, утворені в результаті фотосинтезу, упаковуються в зерновій масі, листки відмирають і площа листків різко скорочується до 4,4-8,0 тис. м<sup>2</sup>/га.

Динаміка зміни показника площі листків свідчить також про чітку позитивну реакцію рослин сорго на внесення мінеральних добрив. За даними графіка, мінімальна площа листкового апарату формувалася у варіантах без добрив, що підтверджує недостатність природного забезпечення поживними речовинами для повноцінного розвитку асиміляційної поверхні.

Так, у сортів Янкі, Сват і ЕС Тіфон у контрольних варіантах показники площі листків складали відповідно по фазах 10,6-32,0-5,0, 9,8-31,2-4,4, 15,4-37,0-6,5 тис. м<sup>2</sup>/га.

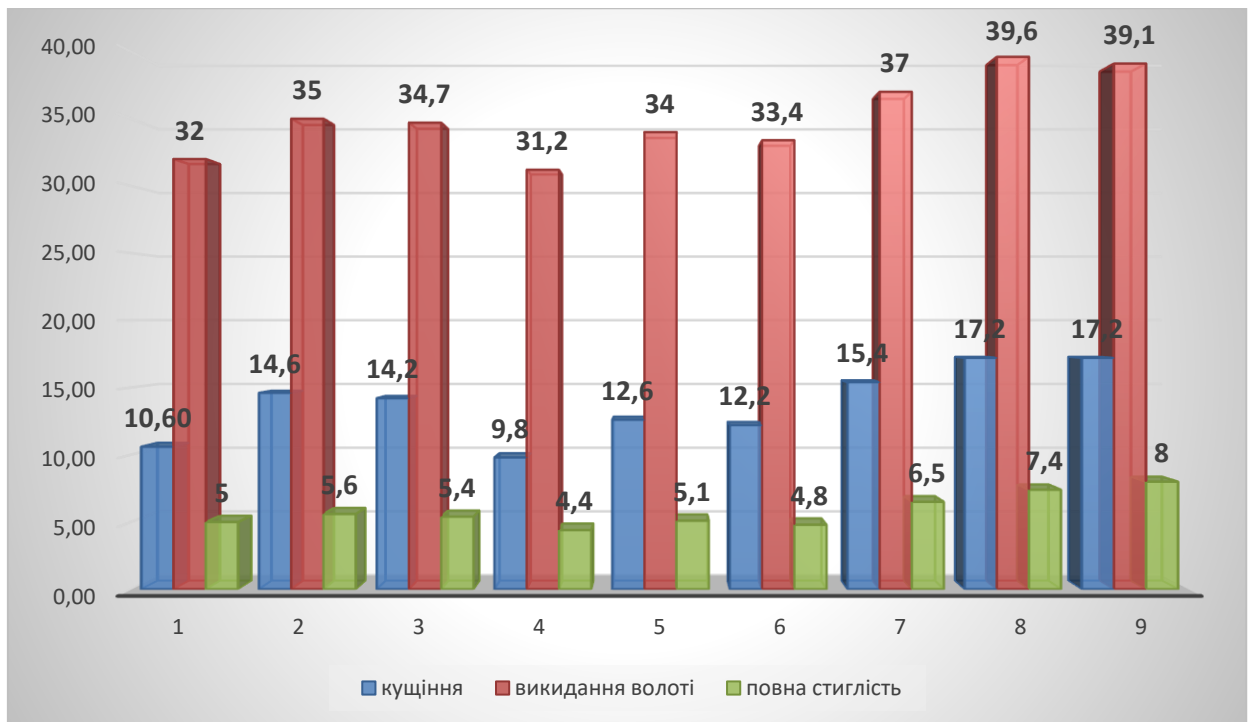


Рис. 3.2 Площа листової поверхні рослин сорго залежно від мінеральних добрив, тис. м<sup>2</sup> (середня за 2 роки)

За використання мінеральних добрив площа листків зростала, максимальних значень досягали за внесення високих рекомендованих норм добрив. Така закономірність демонструє пряму залежність між рівнем мінерального живлення та інтенсивністю формування фотосинтетичного апарату.

Збільшення площі листової поверхні спостерігається за рахунок застосування збалансованих норм NPK, що свідчить про синергетичний ефект азоту, фосфору й калію у формуванні потужної асиміляційної поверхні. Більша площа листків створює більш інтенсивний фотосинтетичний потенціал рослин, що, у свою чергу, забезпечує кращий ріст, активніший налив зерна й підвищену врожайність.

Усі досліджувані варіанти з внесенням добрив перевищували контроль за площею листків, що вказує на високу чутливість сорго до рівня живлення.

Таким чином, представлені результати свідчать, що застосування мінеральних добрив є ключовим фактором формування потужної листової

поверхні рослин сорго. Це підкреслює необхідність оптимізації системи удобрення для забезпечення максимальної продуктивності культури.

3.2.3. Вплив рекомендованих та розрахованих норм добрив на врожайність зерна сорго.

За оцінками фахівців, Україна протягом останніх кількох років, попри порівняно невеликі посівні площі, стабільно входить до першої п'ятірки світових експортерів сорго, посідаючи четверте місце за обсягами експорту. Водночас за масштабами виробництва та розмірами посівних площ ця культура поки не забезпечує Україні місця серед десяти найбільших світових виробників. Найбільший показник посівних площ зернового сорго був зафіксований у 2012 році — 171,8 тис. га, після чого вони стрімко скорочувалися і в 2018–2019 роках досягли мінімальних значень — 43,1 та 46,4 тис. га відповідно. Основними регіонами вирощування залишалися Дніпропетровська, Миколаївська, Черкаська, Херсонська, Кіровоградська та Одеська області [62].

Попри зменшення площ, певну компенсацію забезпечило підвищення врожайності сорго. Протягом восьмирічного періоду середня врожайність збільшилася з 15,2 ц/га у 2012 році до 46,3 та 40,8 ц/га у 2018 та 2019 роках. Проте загальний обсяг виробництва в ці роки залишився приблизно на рівні 2012 року, що пояснюється значним скороченням посівних площ.

Добрива є одним із провідних чинників, що визначають продуктивність сорго. Польові дослідження В.В.Іваніної із співавторами свідчать, що внесення мінеральних добрив забезпечує суттєве підвищення урожайності порівняно з контролем без удобрення, прирости становили 12–39 % залежно від норм NPK. Так, за застосування  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{90}P_{90}K_{90}$  та  $N_{120}P_{120}K_{120}$  урожайність зерна досягала відповідно 6,8; 7,4 та 7,9 т/га, що перевищувало контроль на 0,7; 1,3 і 1,8 т/га [60].

Результати, отримані С.Г.Козловим та колегами, свідчать про чітку тенденцію: максимальні прирости урожайності спостерігалися при

підвищенні норм добрив до рівня  $N_{90}P_{90}$ . Проте подальше збільшення доз азоту понад 90 кг/га було економічно і агрономічно менш виправданим, оскільки забезпечувало набагато менший додатковий ефект. Наприклад, приріст урожайності при збільшенні норми з  $N_{90}P_{90}K_{60}$  до  $N_{120}P_{120}K_{90}$  становив лише 0,9 ц/га, тоді як перехід від  $N_{45}P_{45}K_{30}$  до  $N_{90}P_{90}K_{60}$  забезпечував додатково 4,1 ц/га.

Щодо калійних добрив, їх дія виявляється переважно за підвищених норм азоту та фосфору: позитивний ефект простежується при дозах 60–90 кг/га  $K_2O$ . Однак навіть у цих умовах прирости врожайності, отримані від збільшення внесення калію, як правило, не перевищують меж статистичної похибки. Це свідчить про те, що у більшості випадків калій не є лімітуючим фактором формування врожаю зернового сорго на досліджуваних ґрунтах. [63].

Таким чином, оптимальною та найбільш ефективною нормою удобрення для сорго слід вважати дози, близькі до  $N_{90}P_{90}K_{60}$ , оскільки вони забезпечують високий приріст урожайності за відносно помірних витрат добрив, тоді як подальше підвищення норм NPK дає незначний агрономічний ефект.

Твердження авторів дещо різняться, тому ми мали зробити власні спостереження по впливу рекомендованих і розрахованих норм добрив на врожайність сорго. Дослідження даного питання ми проводили у 2023-2024 роках. Роки помітно відрізнялись за погодними умовами, тому ми отримали різну залежність.

Результати досліджень викладені у таблицях 3.6 Та графіках 3.3.

Аналіз результатів 2023 року показав, що рівень врожайності зерна сорго був досить високим і коливався від 36,6 до 52,3 ц/га. Така помітна різниця пояснюється, в першу чергу, біологічними особливостями сортів, а також впливом мінеральних добрив, оскільки умови вегетаційного періоду були, в цілому, досить сприятливими.

## Врожайність зерна сорго залежно від мінеральних добрив у 2023 році

№	Фактор А (сорт)	Фактор В (добрива)	Врожайність, ц/га	Різниця до контролю		Середня за фактором	
				ц/га	%	А	В
1	Янкі	контроль без добрив	38,6	-	-	43,5	40,9
2		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	46,3	7,7	20,0		
3		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	45,6	7,0	18,1		
4	Сват	контроль без добрив	36,6	-	-	40,3	47,0
5		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	42,5	5,9	16,1		
6		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	41,8	5,2	14,2		
7	ЕС Тіфон	контроль без добрив	47,4	-	-	50,4	46,3
8		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	52,3	4,9	10,3		
9		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	51,6	4,2	8,9		
НІР <sub>05</sub>			А-1,74 В-1,56 АВ-3,50				
Частка впливу фактора, %						60,8	25,8

Сорт Янкі мав врожайність у контролі 38,6 ц/га. В цілому, це відповідає його характеристикам. Внесення рекомендованої норми добрив помітно збільшувало дослідований показник, різниця до контролю без добрив становила 7,7 ц/га, що у відсотковому відношенні становить п'яту частину від контрольної врожайності. Внесення розрахункової норми добрив також збільшувало врожайність, щоправда, дещо менше, на 7,0 ц/га, або на 18,1 % порівняно до контролю. Це пояснюється помітно меншою розрахованою нормою порівняно до рекомендованої. Але математичний аналіз підтвердив достовірність обох прибавок, найменша істотна різниця для фактору В становила 1,56 ц/га. Якщо ж порівняти між собою рівень врожайності, отриманий від рекомендованої норми з врожайністю при використанні розрахованої норми, то істотної прибавки ми не спостерігаємо. Різниця між

показниками варіантів 2 і 3 становить лише 0,7 ц/га. Тобто, можна стверджувати, що збільшення норми добрив відносно розрахованої не викликає математично доведеної прибавки.

Відносно сорту Сват, то він мав у всіх варіантах врожайність меншу, ніж попередній сорт. У контролі цей показник становив 38,6 ц/га. Застосування рекомендованої норми добрив, як і у попередньо описаного сорту Янкі, збільшувало врожайність зерна, різниця до неудобреного контролю становила 5,9 ц/га, що становить 16,1 % від контрольної врожайності. Розрахункова норма добрив теж позитивно впливала на збільшення врожайності, різниця склала 5,2 ц/га, або 14,2 % порівняно до контролю. З математичної точки зору достовірність обох прибавок підтверджена найменшою істотною різницею для фактору В (1,56 ц/га). Що характерно, порівняння врожайності, отриманої від обох досліджуваних норм, як і для попереднього сорту, істотної прибавки не виявило. Різниця між показниками варіантів 5 і 6 була ідентичною попередньому сорту Янкі, 0,7ц/га. Отже, в даному випадку теж можна стверджувати, що збільшення норми добрив відносно розрахованої не викликає математично доведеної прибавки.

Найбільші показники отримали від сорту ЕС Тіфон. Це є нормою, бо даний сорт відноситься до групи середньоранніх і має більш тривалу вегетацію, що і підтвердили наші дослідження. Так, для сортів Янкі і Сват тривалість вегетаційного періоду становила у 2023 році 98-110 та 97-111 днів відповідно, тоді як сорт ЕС Тіфон вегетував 106-120 днів і мав більше часу для формування врожайності.

Отож, врожайність останнього з досліджуваних сортів коливалась від 47,4 до 52,3 ц/га. Максимальну врожайність отримали за рекомендованої норми, мінімальну – у контролі. Порівняння врожайності з удобрених варіантів до контрольної підтвердило достовірність прибавки, яка склала 4,2-4,9 ц/га при НІР 1,56. У відсотковому вираженні це дорівнювало 8,9-10,3 %. Різниця між обома удобреними варіантами 8 і 9 була досить близькою до

найменшої істотної різниці, що підтверджує раціональність розрахованої норми.

Надзвичайно важливим є порівняння незалежних показників, які висвітлюють вплив того чи іншого фактору. Такими показниками є усереднені дані. Так, порівнюючи середні за фактором А, можна констатувати, що найбільш продуктивним був сорт ЕС Тіфон. Незалежно від удобрення цей сорт мав середню врожайність 50,4 ц/га. Найменшим потенціалом виділявся сорт Сват (40,3 ц/га). Користуючись показником найменшої істотної різниці, маємо можливість підтвердити чи спростувати достовірність росту чи зменшення врожайності. Різниця між середніми значеннями врожайності сортів Янкі і Сват склала 3,2 ц/га на користь Янкі. Тобто, при НІР для фактору А 1,74, даний сорт істотно більш врожайний, ніж інший. Але середній показник сорту ЕС Тіфон (50,4 ц/га) теж істотно перевищував показник сорту Янкі (43,5 ц/га). Різниця була ще більш помітною і склала 10,1 ц/га, що майже в шість разів більше за НІР фактору А. Ну і, звісно, сорт ЕС Тіфон доведено кращий за сорт Сват. Отже, усі сорти істотно відрізняються між собою за рівнем врожайності, кращі показники були характерні для сорту ЕС Тіфон, найменшу врожайність мав сорт Сват.

Перейдемо до фактору В – удобрення. Аналіз середніх показників за фактором В показав, що обидві досліджувані норми добрив істотно відрізнялись від контролю. Для рекомендованої норми середня врожайність по сортам склала 47,0 ц/га, для розрахованої – 46,3 ц/га, що на 6,1 та 5,4 ц/га, тоді як НІР для фактору В 1,56. Різниця між середніми показниками ділянок з удобренням становила лише 0,7 ц/га, тобто, ми не можемо стверджувати, що рекомендована норма викликає формування істотно більшої врожайності, ніж розрахована за забезпеченістю елементами живлення.

Це підтвердило також дослідження частки впливу факторів, зображене на рисунку 3.3.

Щоб виявити, який з факторів був більш впливовим залежно від погодних умов періоду вегетації, розглянемо діаграму із статистичної обробки даних врожайності (Рис. 3.3 та 3.4).

Очевидно, що фактор сорту є більш впливовим, ніж фактор добрива. Його частка впливу становила 60,8 %, порівняно до 25,8%. Сукупна дія факторів майже не відображалась, зате недосліджувані фактори мали більше 10 % впливу.

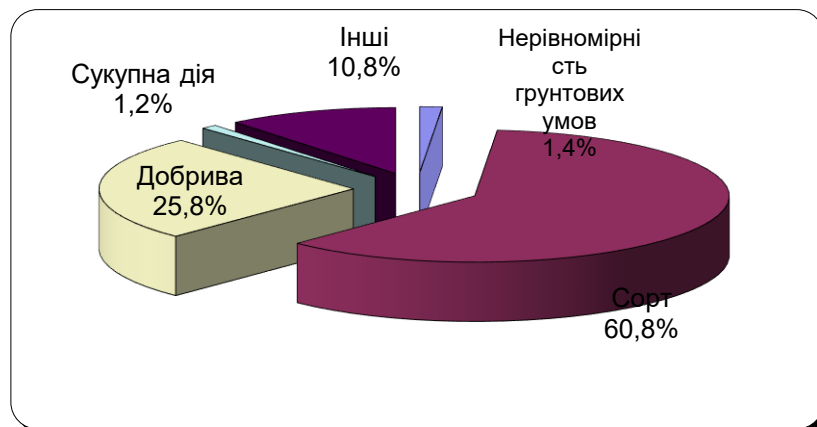


Рис. 3.3. Частка впливу факторів А сорти та В добрива на врожайність сорго у 2023 р.

Аналіз отриманих у 2024 році результатів свідчить про істотне зниження врожайності сорго порівняно з попереднім роком. Показники варіювали в межах 28,3–46,7 ц/га, що пояснюється переважно несприятливими умовами вегетації, зокрема вираженою посушливістю протягом критичних періодів розвитку культури сорго.

У сорту Янкі врожайність у контролі становила 29,1 ц/га. Застосування рекомендованої дози добрив суттєво підвищувало цей показник: приріст до контролю досягав 11,1 ц/га, що відповідає приблизно 40 %. Використання розрахункової норми добрив також забезпечило істотний ефект — прибавка складала 10,2 ц/га, або 35 % порівняно з контролем. Обидва прирости підтвержені математично, оскільки перевищували найменшу істотну різницю за фактором В (1,31 ц/га). Водночас порівняння двох норм добрив

між собою засвідчило відсутність статистично значущої різниці: різниця становила лише 0,9 ц/га, що не перевищує НІР. Таким чином, збільшення норми добрив понад розраховану не забезпечувало додаткового доведеного ефекту.

Таблиця 3.7

## Врожайність зерна сорго залежно від мінеральних добрив у 2024 році

№	Фактор А (сорт)	Фактор В (добрива)	Врожайність, ц/га	Різниця до контролю		Середня за фактором	
				ц/га	%	А	В
1	Янкі	контроль без добрив	29,1	-	-	36,2	33,0
2		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	40,2	11,1	38,1		
3		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	39,3	10,2	35,0		
4	Сват	контроль без добрив	28,3	-	-	31,6	40,2
5		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	33,6	5,3	18,7		
6		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	32,8	4,5	15,9		
7	ЕС Тіфон	контроль без добрив	41,5	-	-	44,7	39,3
8		N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (рекомендована)	46,7	5,2	12,5		
9		N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрахована)	45,9	4,4	10,6		
НІР <sub>05</sub>			А-1,47 В-1,31 АВ-2,9				
Частка впливу фактора, %						65,1	22,7

Сорт Сват, порівняно з Янкі, характеризувався нижчим рівнем продуктивності. У контролі врожайність становила 28,3 ц/га. Рекомендована норма добрив забезпечила приріст 5,3 ц/га (або 18,7 % до контролю), тоді як розрахункова — 4,5 ц/га (або 15,9 %). Обидві прибавки були достовірними (НІР<sub>(В)</sub> = 1,31 ц/га). Як і у попереднього сорту, різниця між удобреними варіантами була неістотною, оскільки становила лише 0,8 ц/га, що свідчить про відсутність переваги рекомендованої норми над розрахунковою.

Найвищі показники врожайності продемонстрував сорт ЕС Тіфон, у якого врожайність змінювалась у діапазоні 41,5–46,7 ц/га. Найменший показник зафіксовано в контролі, тоді як максимальний — у варіанті з рекомендованою нормою добрив. Прибавка врожайності становила 5,2–4,4ц/га, що є достовірним за НІР 1,31. У відсотковому вираженні прирости дорівнювали 12,5–10,6 %. Різниця між обома удобреними варіантами була мінімальною та статистично недоведеною.

Узагальнене порівняння середніх даних за фактором А (сорт) показало, що сорти істотно різняться між собою за рівнем врожайності. Найпродуктивнішим був ЕС Тіфон, тоді як найнижчі показники притаманні сорту Сват.

Аналіз середніх даних за фактором В (добрива) свідчить про значущий вплив удобрення на врожайність. Середній показник для рекомендованої норми становив 40,2 ц/га, а для розрахункової — 39,3 ц/га, що на 7,2 та 6,3 ц/га відповідно перевищує контроль. Обидва прирости достовірні, оскільки  $НІР(В) = 1,56$  ц/га. Водночас різниця між двома удобреними варіантами становила лише 0,9 ц/га, що знову ж таки не перевищує межу істотності. Це дозволяє зробити висновок, що підвищення дози добрив понад розраховану норму не забезпечує додаткового підтверженого приросту врожайності.

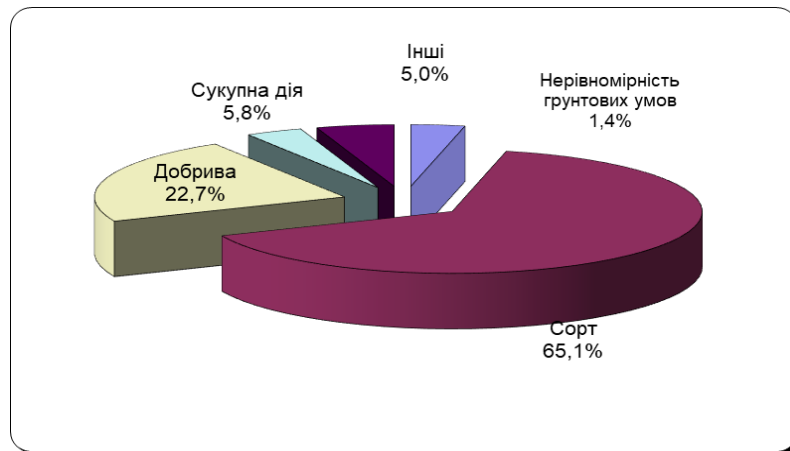


Рис. 3.4. Частка впливу факторів А сорти та В добрива на врожайність сорго у 2024 р.

Аналіз розподілу впливу факторів для 2024 року підтвердив, що біологічний потенціал сорту є визначальним, фактор добрива впливав лише на 22% до 65 % впливу сорту.

Щоб абстрагуватись від погодних умов, доцільно розглядати усереднені по роках дані, що ми і показали на рисунку 3.4.

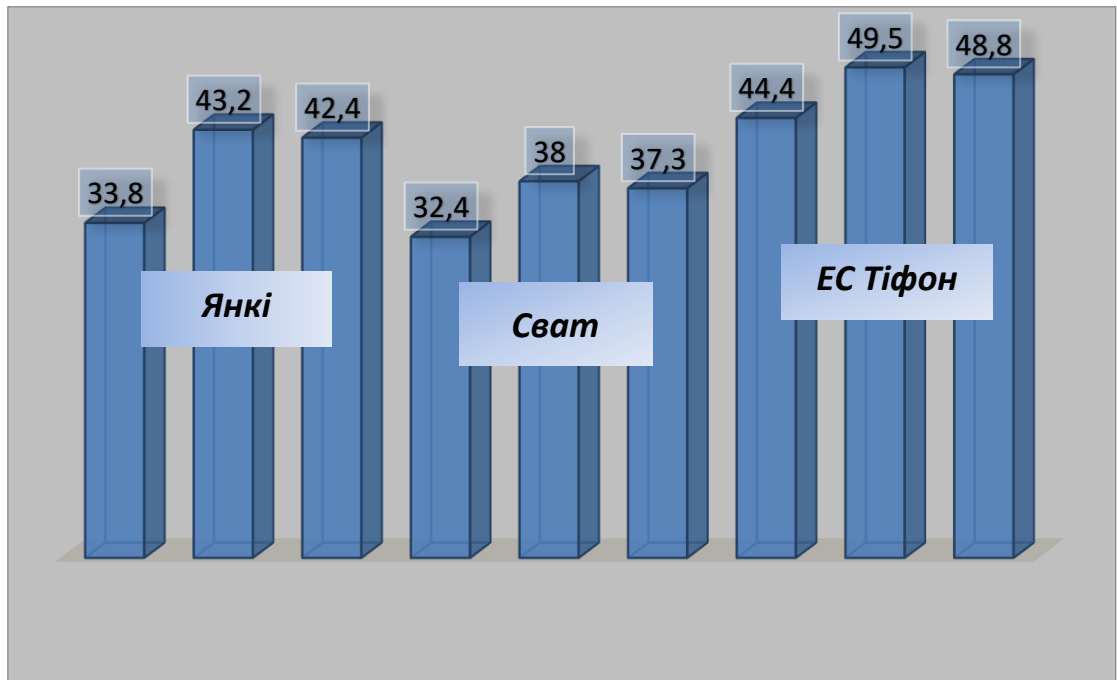


Рис. 3.4. Середня за 2 роки врожайність сорго залежно від удобрення, ц/га

У контролі сорт Янкi формував середню врожайність серед трьох сортів. Застосування добрив суттєво впливало: обидві норми, як рекомендована, так і розрахована, забезпечували значний приріст врожайності. На графіку видно, що врожайність в удобрених варіантах наближається одна до одної, різниця між ними мінімальна. Це свідчить про те, що сорт Янкi добре реагує на покращення живлення, однак підвищення дози мінеральних добрив понад розраховану норму не дає суттєво кращого результату.

Сорт Сват демонстрував найнижчий базовий рівень врожайності серед досліджуваних, що узгоджується з його загальною характеристикою як менш

продуктивного. Проте застосування добрив позитивно впливало на урожайність, хоча величина приросту була помітно меншою, ніж у сорту Янкі. Як і у попереднього сорту, різниця між рекомендованою та розрахованою нормами на графіку мінімальна, що дозволяє зробити висновок: сорт Сват чутливий до удобрення, але його потенціал приросту врожайності обмежений генетично.

Гібрид ЕС Тіфон стабільно мав найвищий рівень врожайності в усіх варіантах. Навіть у контролі він значно перевищував показники сортів Янкі та Сват. Обидві норми удобрення забезпечували чітке збільшення врожайності, але як і у випадку інших сортів, перевага рекомендованої дози над розрахованою не була вираженою. Графік демонструє, що саме цей гібрид найефективніше реалізував потенціал мінерального живлення.

На графіку чітко простежується сортова різниця: ЕС Тіфон є найпродуктивнішим сортом, що підтверджує його високий генетичний потенціал. Янкі займає середнє положення, демонструючи суттєвий відгук на мінеральне живлення. Сват стабільно є найменш продуктивним, навіть за удобрених варіантів.

Такий розподіл свідчить, що сорти реагують на удобрення по-різному, що підтверджує значущість фактора А (сорт).

Слід також відзначити, що обидві норми добрив, і рекомендована ( $N_{80}P_{50}K_{50}$ ), і розрахована ( $N_{64}P_{33}K_{39}$ ) забезпечують істотне підвищення врожайності порівняно з контролем, різниця між ними є мінімальною для всіх сортів.

Це дає підстави зробити висновок, що розрахована норма добрив діє не гірше за рекомендовану, а отже може бути більш економічно доцільною.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур є важливими для підвищення ефективності агровиробництва. Хоча їх реалізація потребує певних витрат, результати часто виправдовують ці інвестиції. Основними факторами успіху є збільшення врожайності та покращення якості зерна [64].

Тривалий період однією з провідних культур для Кіровоградської області була кукурудза, але, в зв'язку з помітними змінами клімату, її з успіхом замінює сорго. Ця культура витримує тривалі посухи та температури понад 40 °С, де кукурудза «зупиняється»; формує стабільні врожаї навіть у роки з дефіцитом опадів; має низькі витрати на обробіток і захист (в 1,5–2 рази менші, ніж у кукурудзи). Сорго часто перевершує кукурудзу саме у посушливі роки, забезпечуючи стабільну продуктивність.

Для порівняння наведемо середні показники витрат на вирощування (орієнтовно для Кіровоградської області 2023–2024 рр.). Основні статті витрат: насіння: 1200-2000 грн/га; обробіток ґрунту: 1500-2000 грн/га; добрива: 2000-3500 грн/га; ЗЗР: 700-1200 грн/га; паливо: 1500-2000 грн/га; збір урожаю: 900-1300 грн/га; собівартість у середньому: 8000-12000 грн/га. Для порівняння: собівартість кукурудзи 15000-20000 грн/га [65, 66].

Для оцінки економічної ефективності впровадження інтенсивних технологій використовуються різноманітні показники. Серед них технологічні карти, які містять детальну інформацію про етапи вирощування та обробки культур. Виробничі витрати враховують витрати на сировину, трудові ресурси та інші матеріали. Вартість валової продукції включає насіння та іншу продукцію, отриману в результаті вирощування. Чистий прибуток відображає фінансовий результат діяльності, тоді як собівартість показує витрати на одиницю продукції. Рівень рентабельності є важливим індикатором ефективності інвестицій.

Розрахунки базуються на нормативних витратах праці та ресурсів, необхідних для вирощування різних гібридів сорго. Це включає витрати на насіння, добрива, засоби захисту рослин, а також витрати на обробку ґрунту та догляд за рослинами.

У результаті проведених досліджень (табл. 4.1.) встановлено, що економічна ефективність вирощування сорго зернового значною мірою залежить від застосування різних норм добрив.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що економічна ефективність вирощування сорго суттєво змінюється залежно від сорту та системи удобрення. Для сорту Янкі контрольний варіант забезпечив урожайність 33,85 ц/га, тоді як внесення рекомендованої дози  $N_{80}P_{50}K_{50}$  підвищило її до 43,25 ц/га, тобто на 9,4 ц/га або 27,8% більше. Проте саме варіант  $N_{64}P_{33}K_{39}$ , який дав урожайність 42,45 ц/га, виявився економічно найвигіднішим. Його чистий дохід становив 21611,20 грн/га, що на 5 364,47 грн/га більше, ніж у контролі, і на 2 388,57 грн/га більше порівняно з рекомендованою дозою добрив. Рентабельність у цьому варіанті досягла 103,7%, що на 11,4 процентних пункти вище, ніж у контролі, і на 23,7 % більше, ніж у варіанті  $N_{80}P_{50}K_{50}$ . Собівартість знизилася до 4 909,02 грн/т, що на 291,35 грн/т менше, ніж у контролі.

Для сорту Сват урожайність у контрольному варіанті становила 32,45 ц/га, а за внесення  $N_{80}P_{50}K_{50}$  зросла до 38,05 ц/га, тобто на 5,6 ц/га або 17,3% більше. Проте незважаючи на вищу врожайність, чистий дохід у рекомендованому варіанті зменшився і становив лише 14 105,97 грн/га, що на 827,35 грн/га менше, ніж у контролі, та на 2 437,77 грн/га менше, ніж у варіанті  $N_{64}P_{33}K_{39}$ . Система  $N_{64}P_{33}K_{39}$  забезпечила чистий дохід 16 543,74 грн/га, що на 1 610,42 грн/га більше, ніж у контролі, і на 17,1% більше, ніж у рекомендованій дозі добрив. Рентабельність зросла до 79,7%, що на 20,8 п.п. більше, ніж у  $N_{80}P_{50}K_{50}$ . Собівартість зменшилася до 5 564,68 грн/т, що на 728,1 грн/т менше порівняно з рекомендованою нормою удобренням.

Таблиця 4.1

## Економічна ефективність вирощування сорго

Спосіб сівби		Урожайність зерна, ц/га	Виручка, грн./га	Затрати, грн./га	Чистий дохід, грн/га	Рівень рентабельності, %	Собівартість, грн./т
Янкі	без добрив (контроль)	33,85	33 850,0	17 603,27	16 246,73	92,3	5 200,37
	N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (реком)	43,25	43 250,0	24 027,37	19 222,63	80,0	5 555,46
	N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрах)	42,45	42 450,0	20 838,80	21 611,20	103,7	4 909,02
Сват	без добрив (контроль)	32,45	32 450,0	17 516,68	14 933,32	85,3	5 398,05
	N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (реком)	38,05	38 050,0	23 944,03	14 105,97	58,9	6 292,78
	N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрах)	37,30	37 300,0	20 756,26	16 543,74	79,7	5 564,68
ЕС Тіфон	без добрив (контроль)	44,45	44 450,0	18 258,84	26 191,16	143,4	4 107,72
	N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> (реком)	49,50	49 500,0	24 127,54	25 372,46	105,2	4 874,25
	N <sub>64</sub> P <sub>33</sub> K <sub>39</sub> (розрах)	48,75	48 750,0	20939,77	27 810,23	132,8	4 295,34

Найвищі показники врожайності були отримані при вирощуванні сорту ЕС Тіфон, де контроль становив 44,45 ц/га, рекомендована доза добрив - 49,5 ц/га (на 5,05 ц/га або 11,4% більше), а розрахункова - 48,75 ц/га. Незважаючи на те, що  $N_{80}P_{50}K_{50}$  забезпечив найвищу врожайність, максимальний умовно чистий дохід був отриманий у варіанті  $N_{64}P_{33}K_{39}$ , де він склав 27810,23 грн/га. Це на 1619,07 грн/га більше, ніж у рекомендованій дозі, і на 1 619,07 грн/га (приблизно 6,2%) більше порівняно з нею. Рентабельність у розрахунковому варіанті досягла 132,8%, що на 27,6 п.п. менше, ніж у контролі, але при цьому чистий прибуток був вищим на 1 619,07 грн/га. Найнижча собівартість - 4 295,34 грн/т - була також отримана саме у варіанті  $N_{64}P_{33}K_{39}$ , що на 578,91 грн/т менше, ніж у рекомендованій системі удобрення.

Узагальнюючи результати, можна зробити висновок, що розрахункова система удобрення  $N_{64}P_{33}K_{39}$  забезпечує найвищу економічну ефективність у всіх досліджуваних сортів. Вона дозволяє отримати врожайність, близьку до рекомендованої дози добрив, але при цьому знижує виробничі витрати і підвищує чистий дохід у межах 6-26% порівняно з іншими варіантами. Найбільш вигідним виявилось вирощування сорту ЕС Тіфон за цією системою удобрення, оскільки саме він забезпечив максимальний прибуток - 27,8 тис. грн/га - і найнижчу собівартість продукції. Тому ми будемо рекомендувати виробництву саме цей варіант.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ, ПОВ'ЯЗАНА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РЕКОМЕНДОВАНИХ АРГОЗАХОДІВ У КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ

### 5.1. Охорона праці у галузі сільськогосподарського виробництва.

Організація безпечних умов праці при вирощуванні сорго ґрунтується на вимогах Закону України «Про охорону праці», який зобов'язує роботодавця створити безпечні й нешкідливі умови праці, забезпечити навчання, інструктажі, медогляди та засобами індивідуального захисту. Профспілка освіти і науки України

Спеціальні вимоги до робіт у рослинництві встановлено «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві» (НПАОП 01.0-1.01-12), які поширюються на всі види виробництва продукції рослинництва, включно з вирощуванням зернових культур, і регламентують безпеку експлуатації техніки, організацію робочих місць, робіт у полі, на токах та складах [67].

Основні небезпечні та шкідливі фактори при вирощуванні сорго [68]. При технології вирощування сорго працівники можуть зазнавати дії таких факторів: рухомі частини сільськогосподарських машин і знарядь (ґрунтообробна, посівна, обприскувальна, збиральна техніка); підвищена запиленість повітря (під час культивуації, збирання, перевантаження зерна), шум і вібрація; вплив пестицидів і агрохімікатів при протруюванні насіння, обробці посівів; метеорологічні чинники відкритого простору (висока температура, сонячна радіація, вітер); небезпека загоряння сухої рослинної маси й пилу на токах і в зерносховищах; підвищена напруга в електромережах, що живлять стаціонарне обладнання (очищення, сушіння, транспортування зерна).

Організаційні заходи з охорони праці включають певні дії з боку роботодавця, він має розробити та затвердити інструкції з охорони праці для всіх видів робіт (обробіток ґрунту, сівба, внесення добрив, обприскування,

збирання, робота на току) відповідно до НПАОП 01.0-1.01-12; забезпечити навчання і перевірку знань з охорони праці працівників, допуск до роботи тільки після первинного інструктажу та стажування; проводити попередні та періодичні медогляди для осіб, які працюють з пестицидами та в умовах шкідливих факторів; забезпечити працівників сертифікованими засобами індивідуального захисту (спецодяг, респіратори/протигази, захисні окуляри, рукавиці, діелектричні засоби тощо) відповідно до характеру робіт; організувати безпечні шляхи руху техніки й людей на полі, стоянках машин, території токів і складів зерна [66].

Вимоги безпеки за основними етапами технології. Обслуговування тракторів, ґрунтообробних і посівних агрегатів дозволяється тільки механізаторам, які пройшли навчання й мають відповідну кваліфікацію. Перед початком змін проводять огляд техніки: справність гальм, рульового керування, гідросистеми, захисних кожухів, освітлення й сигналізації. Забороняється очищувати робочі органи машин, усувати несправності та змащувати вузли при ввімкненому двигуні або піднятих гідросистемою робочих органах. При роботі в запиленому середовищі (культивация сухого ґрунту, посів під пил) працівники мають користуватися респіраторами.

Протруювання насіння сорго проводять у спеціально відведених місцях із вентиляцією, із застосуванням засобів захисту органів дихання, шкіри й очей. Заправка обприскувачів пестицидами здійснюється на майданчиках з твердим покриттям, з обмеженням доступу сторонніх осіб і тварин; проливи негайно засипаються адсорбентом (пісок, тирса) та збираються в герметичну тару для утилізації. Працівники, які здійснюють обприскування посівів, зобов'язані дотримуватися регламентів застосування пестицидів (клас безпеки, норми витрати, строки виходу людей на поле), встановлених санітарними правилами. Зернозбиральні комбайни та транспортні засоби повинні бути технічно справними, обладнаними іскрогасниками; при збиранні сухих посівів сорго необхідно регулярно очищувати комбайни від пилу та рослинних решток, щоб запобігти загорянню. Транспортування зерна

здійснюється машинами з бортами, що щільно прилягають, забороняється перебування людей на платформі під час руху. На токах і в зерноскладах слід передбачити місцеву вентиляцію та регулярне видалення пилю, що зменшує ризик пилових вибухів і респіраторних захворювань.

Сухі стебла й листя сорго, а також зерновий пил відносяться до легкозаймистих матеріалів, тому на полях і токах забороняється розводити вогонь, палити, використовувати відкритий вогонь для нагрівання елементів машин. Необхідно забезпечити поля, стоянки техніки та зернотоки первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, бочки з водою, пожежний інвентар).

## 5.2. Охорона довкілля

Вирощування сорго, як посухостійкої та пластичної культури, дає змогу зменшити навантаження на агроєкосистеми, однак потребує дотримання комплексу природоохоронних заходів. Основні екологічні аспекти включають мінімізацію ерозійних процесів, оскільки сорго, в більшості випадків, є просапною культурою, шляхом застосування безполицевого або мінімальної обробки, збереження післяжнивних решток на поверхні ґрунту, розміщення сорго на ділянках зі схилом не більше 5°. Підтримання родючості ґрунту шляхом чергування сорго в сівозміні з бобовими культурами, внесення органічних добрив та сидератів для відновлення гумусу.

Використання добрив має бути спрямоване розраховані норми добрив, що запобігає накопиченню нітратів і забрудненню ґрунтових вод. Перевага локального внесення фосфорних і комплексних добрив, що підвищує коефіцієнт їх використання та зменшує втрати у довкілля. Застосування препаратів із мінімальним вмістом важких металів.

Система захисту має включати використання інтегрованих систем захисту, де хімічні засоби застосовуються лише за порогів шкодочинності. Надання переваги малотоксичним, вибірково препаратом, застосування

біологічних інсектицидів і фунгіцидів. Чітке дотримання регламентів: норм, строків застосування та періодів очікування. Використання сучасних агрегатів з GPS-навігацією для точного внесення добрив та ЗЗР.

За умови дотримання вищеперелічених вимог технологія вирощування сорго є безпечною і нешкідливою.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Найкоротшим є міжфазний період від викидання волоті до її цвітіння. В середньому за два роки він тривав від 10 до 18 днів. Найдовше рослини розвивались між фазами цвітіння-повна стиглість.

2. Найкоротші міжфазні періоди були у неудобрених контрольних варіантах. Збільшення норм мінеральних добрив викликало подовження всіх міжфазних періодів і вегетаційного періоду в цілому.

3. Максимальною площею фотосинтетичного апарату в усі фази розвитку характеризувався сорт ЕС Тіфон, мінімальну формував сорт Сват.

4. Найбільша площа листків формується у всіх досліджуваних сортів у фазі викидання волоті, 31,2-39,6 тис. м<sup>2</sup>/га. В цій же фазі відмічали найбільший листковий індекс.

5. Усі досліджувані варіанти з внесенням добрив перевищували контроль за площею листків, в середньому на 2,1-3 тис. м<sup>2</sup>/га.

6. Найбільш високий рівень врожайності зерна сорго у 2023-2024 рр. отримали від сорту ЕС Тіфон, відповідно 52,3 та 46,7 ц/га. Різниця до контролю була помітно більше за НІР, що засвідчує достовірність результатів.

7. Мінеральні добрива достовірно підвищували врожайність сортів порівняно до контролю, в середньому на 9,4-8,6 ц/га по сорту Янкі, на 5,9-4,9 по сорту Сват і на 5,1-4,4 по сорту ЕС Тіфон. Янкі був найбільш реакційносприйнятним.

8. Підвищення норми добрив вище розрахованої не забезпечує додаткового підтвердженого приросту врожайності.

9. Більш вагомий вплив на врожайність має сорт, частка впливу фактору А від 60,8 до 65,1 %, фактор В був менш впливовий.

10. Найкращі показники економічної доцільності отримали при вирощуванні сорго сорту ЕС Тіфон у варіанті з розрахованою нормою

добрив: умовно чистий дохід склав 27810,23 грн/га. Це на 6,2% більше порівняно з рекомендованою нормою. Рентабельність досягла 132,8%, собівартість була найнижча - 4 295,34 грн/т.

За результатами дворічних досліджень можна рекомендувати виробництву вирощування гібриду сорго ЕС Тіфон за використання норми добрив  $N_{64}P_{33}K_{39}$ , розрахованої за вмістом у ґрунті елементів живлення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Подлесний М., Гайденко О., Чіпляка С. Найкращі культури для кормовиробництва. Агрономія Сьогодні. 2021. № 2. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/20614-naikrashchi-kultury-dlia-kormovyrobnytstva.html>
2. А що в нас там у полях росте?. Україна-Центр. Газета для тих, хто думає і вирішує. URL: [https://uc.kr.ua/2018/06/05/a-shho-v-nas-tam-u-polyah-roste/?utm\\_source=chatgpt.com](https://uc.kr.ua/2018/06/05/a-shho-v-nas-tam-u-polyah-roste/?utm_source=chatgpt.com).
3. Kovalenko A. Increasing aridity climate of southern steppe of Ukraine. Its effects and remedies, 3rd UNCCD Scicntific Conference, 9–12 March 2015, Cancun.Mexico:Book of Abstracts. 2015. P. 293–294.
4. Сорго: технологія, переробка, використання, насінництво та селекція. Каталог гібридів та сортів / Черчель В. Ю., Дзюбецький Б. В., Яланський О. В. та ін. ДУ Інститут зернових культур НААН України. Дніпро : ДУ ІЗК НААН України, 2023. 68 с.
5. Динаміка виробництва та площ сорго в світі. URL:[www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat)
6. Сорго – харчовий продукт у дусі часу URL:[www.sorghum-ринки-збуту-сорго-це-надійно](http://www.sorghum-ринки-збуту-сорго-це-надійно)
7. Світовий експорт-імпорт сорго за країнами у 2021-2022 рр. Закордонна сільськогосподарська служба Міністерства сільського господарства США. URL:<http://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer>
8. Маслак О. Ринок сорго в Україні та світі. Агробізнес сьогодні. 2014. № 24. (295). С.10-14.
9. Сторожик Л.І. Формування продуктивності сорго цукрового залежно від прояву алелопатично активних речовин культури : монографія / Л.І Сторожик, І.С. Терещенко, С.В.Завгородня, Г.А. Кулик, В.І. Серeda. – Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2025. – 198 с.

10. Насінницькі посіви сорго в ЄС зросли на 58%. Пропозиція. URL : <http://propozitsiya.com/ua/nasainnytski-posivy-sorgo-v-es-zrosly-na-58/>
11. Регіони посівних площ 2020 рік. URL: <https://ecosap.ua/>
12. Державна служба статистики України. URL: <https://ukrstat.gov.ua/>
13. Каражбей Г. М. Стан і перспективи сорго зернового в Україні. Селекція і насінництво. 2012. № 101. С. 37–42. DOI: <https://www.doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59749>.
14. Каленська С. М., Найденко В. М. Якісний склад зерна сорго залежно від елементів технології вирощування. Таврійський науковий вісник. 2019. № 105. С. 82–89.
15. Алексєєв Я. В. Продуктивність сорго зернового гібриду Прайм залежно від площі живлення в умовах Північного Степу України. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2020. Вип. 33. С. 9–15. DOI: <https://www.doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-1>.
16. Гирка А. Д., Алексєєв Я. В. Особливості росту і розвитку сорго зернового сорту Дніпровський 39 залежно від щільності агроценозу в умовах Північного Степу України. Аграрні інновації. 2020. № 4. С. 10–17. DOI: <https://www.doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.3>.
17. Іваніна В. В., Пашинська К. Л., Смірних В. М. Винос і баланс елементів живлення в агроценозі сорго зернового залежно від удобрення. Вісник аграрної науки. 2021. № 12. С. 28–32. DOI: <https://www.doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-03>.
18. Методичні рекомендації з інноваційних технологій вирощування та переробки сорго для використання в якості альтернативних джерел енергії : метод. рек. Херсон : Вид. центр «Колос» Херсон. держ. аграр. ун-т, 2017. 22с.
19. Якубенко Б.Є. Ботаніка. Підручник. / Б.Є. Якубенко, І.М. Алейніков, С.І. Шабарова, С.П. Машковська. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2018. – 436 с.
20. FAO. Sorghum and Millets in Human Nutrition. Rome: Food and Agriculture Organization, 2020. — 120 p.

21. Сидоренко В., Малярчук В. Вирощування сорго в Південному Степу. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-vyroshchuvannya/vyroshchuvannya-sorho-v-pivdenному-stepu>.
22. Коломієць Л.М. Морфологічні та фізіологічні особливості сорго в умовах Південного Степу. Наукові праці НУБіП, 2018. Вип. 287. — С. 112–120.
23. Лихочвор В. В., Петриненко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: Українські технології, 2006. 730 с.
24. Роїк М.В., Демидов М., Колодій В. Соргові культури в Україні: потенціал і технології. Київ: Аграрна наука, 2022. — 312 с.
25. Wortmann C.S., Liska A.J., Ferguson R.B. et al. Grain Sorghum Production and Use. *Agronomy Journal*, 2017. — Vol. 109(2). — pp. 1–12.
26. Присяжнюк О. І., Сторожик Л. І., Завгородня С. В. Екологічна пластичність сорго зернового. Новітні агротехнології. 2019. № 7. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/novagr\\_2019\\_7\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/novagr_2019_7_11)
27. Безручко О. І., Джулай Н. П. Поповнення ринку сортів рослин України: сорго звичайне (двокольорове) (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). *Plant Var. Stud. Prot.* 2012. № 3. С. 45–51. DOI: [https://www.doi.org/10.21498/2518-1017.3\(17\).2012.58830](https://www.doi.org/10.21498/2518-1017.3(17).2012.58830).
28. Шпаар Д. Сорго та суданська трава: біологія й агротехніка. Київ: Землеробство, 2014. — 184 с.
29. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В. Сорго: біологія, вирощування, використання. Херсон: Айлант, 2019. — 256 с.
30. Дубровін В.О. Сорго зернове: сучасний стан та перспективи вирощування в Україні. *Агробіологія.*, 2021. №1. С. 45–58.
31. Грицаєнко, З.М. Агрохімія. Київ: Вища школа, 2012. — 327 с.

32. Reddy, B.V.S., Kumar, A.A. Nutrient management in grain sorghum. — International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), 2013. — 52 p.
33. Панасюк, В.І., Бабій, В.Ф. Живлення сільськогосподарських культур. — Київ: Урожай, 2010. — 284 с.
34. Roy, R.N., Misra, R.V. Fertilizer use by crop in sorghum systems. — FAO Soils Bulletin. — Rome: FAO, 2003. — 78 p.
35. Schaffert, R.E., Girdthai, T. Potassium nutrition and drought tolerance in sorghum. — Journal of Plant Nutrition, 2014. — 37(10). — 1590–1603.
36. FAO. Fertilizer management for sorghum under dryland conditions. — FAO Land and Water Division Report, 2017. — 41 p.
37. Коваленко М.О. Вплив мінерального удобрення на розвиток та продуктивність сорго зернового в умовах північно-східного Лісостепу України. December 2023 Bulletin of Sumy National Agrarian University The series Agronomy and Biology 53(3):16-22 DOI:10.32782/agrobio.2023.3.3
38. Ivanina, V. V., Pashynska, K. L., & Kostashchuk, M. V. (2019). Вплив добрив на врожайність та якість зерна сорго зернового. Новітні агротехнології, (7), 6–6. <https://doi.org/10.47414/na.7.2019.204801>
39. Агрохімія чорноземів України / За ред. М.М. Гуцуляка. Київ: Наукова думка, 2008. — 312 с.
40. Грінченко О.С. Чорноземи України: генезис, властивості, родючість. Київ: Аграрна освіта, 2016. — 278 с.
41. Пилипенко О.І., Медведєв В.В. Ґрунтознавство. Харків: ХНАУ, 2012. — 384 с.
42. Методи визначення родючості чорноземів / Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. Соколовського. Харків, 2015. — 196 с.
43. Лактіонова Т.М. Ґрунтово-агрохімічна характеристика чорноземів Лісостепу України. Полтава: Астрєя, 2019. — 204 с.
44. Барабаш М.Б., Гребенюк В.В., Паливода О.М. Клімат України. К.: Видавництво Раєвського, 2019. — 344 с.

45. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні за 2022 рік. К.: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2023. — 412 с.

46. Метеопост. Архів метеоданих. Перегляд фактичної погоди на певну дату. URL: <https://meteopost.com/weather/archive/>.

47. Нішеві культури в Україні: аналітика за 2020–2024 роки (гречка, сорго, просо, нут, сочевиця, люпин солодкий, гірчиця, коноплі, коріандр, льон олійний, льон-довгунець) СуперАгроном, 2025. URL: <https://superagronom.com/multimedia/infographics/101-nishevi-kulturi-v-ukrayini-analitika-za-20202024-roki-grechka-sorgo-proso-nut-sochevitsya-lyupin-solodkiy-girchitsya-konopli-koriandr-lon-oliyniy-lon-dovgunets>

48. Сорт Янкi (сорго зернове) URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/yanki>

49. Сорт СВАТ (Сорго звичайне двокольорове (батьківські компоненти), Сорго зернове) <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/svat>

50. Перелік сортів Сорго зернове. Сорт ЕС ТІФОН (Сорго звичайне двокольорове (батьківські компоненти), Сорго зернове) URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/es-tifon>

51. Добриво Амофос 10:46 Казахстан. URL: <https://growex.market/product/amofos-10-46-kazahstan>

52. Добриво сульфат амонію Китай (мішок, бег) (1 тона) URL: <https://growex.market/product/sulfat-amoniyu-gran-kitay-mishok-50-kg>

53. Добриво Калій хлористий (хлорид калію) URL: <https://agrarii-razom.com.ua/basic-fertilizers/kaliy-hloristiy-hlorid-kaliyu#taxonomy-term-body>

54. Суперфосфат простий гранульований P(Ca:S) 19,5(30:32), 50 кг. Агролеон Захід. URL: [https://agroleon.com.ua/product-superfosfat-prostij-granulovaniy-pcas-19\\_51830-ua](https://agroleon.com.ua/product-superfosfat-prostij-granulovaniy-pcas-19_51830-ua).

55. Методичні поради щодо визначення економічної ефективності наукових досліджень в агрономії : для студ. спец. 201 - Агрономія / [уклад.: М.І. Мостіпан, О. О. Андрієнко, К. В. Васильковська, В. О. Малаховська] ;

М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. загального землеробства. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. — 44 с.

56. Бабич А.О., Пабат І.А. Сорго: біологія, вирощування, використання. — Київ: Урожай, 2010. — 320 с.

57. Моргун В.В., Шелудько О.Л. Фізіологія та екологія рослин. Київ: Логос, 2016. — 368 с.

58. FAO. Sorghum and Millets Production Manual. – Rome: FAO, 2019. – 112 p.

59. Правдива л. А., Доронін в. А., Вплив мінеральних добрив на фотосинтетичну продуктивність сорго зернового ISSN 0130-8521. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2022. Вип. 72 (1), С.51-64

60. Іваніна В. В., Пашинська К. Л., Костащук М. В. Вплив добрив на врожайність та якість зерна сорго зернового. Новітні агротехнології. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204801>.

61. Гришков О. І., Новицька Н. В. Тенденції та виклики сучасної аграрної науки в умовах війни: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.)/НУБІП України, 2023. С 93.

62. Пропозиція — «Вирощування сорго в Південному Степу» [propozitsiya.com](http://propozitsiya.com) URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-vyroshchuvannya/vyroshchuvannya-sorho-v-pivdenному-stepu>

63. Козлов С.Г., Болдуев В.І., Хоненко Л.Г. Вплив норм добрив на врожайність зерна сорго. Сільськогосподарські науки. Вісник аграрної науки Причорномор'я, Випуск 2, 2009 —С.168-172.

64. Васильковська, К. В. Аналіз експортного потенціалу зернових в Україні / К. В. Васильковська, В. О. Малаховська // Центральноукраїнський науковий вісник. Економічні науки:зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2019. - Вип. 3 (36). - С. 313-320.

65. Тітаренко О. С. Економічна оцінка ефективності вирощування сорго зернового за комплексного впливу елементів технології. Агробіологія. 2022. № 2. —С. 200-206.

66. Бакланова Т. В. Сучасні тенденції наук вирощування сорго в Україні. // Таврійський науковий вісник аграрних. 2023. № 134. —С. 56-59.

67. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ (зі змінами). // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: zakon.rada.gov.ua (дата звернення: 21.11.2025)

68. Сакун М. М., Нагорнюк В. Ф. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур: навч. посібник. Одеса: ОДАУ, 2009. 292 с. lib.osau.edu.ua

## ДОДАТКИ

### Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження (3x3x3)

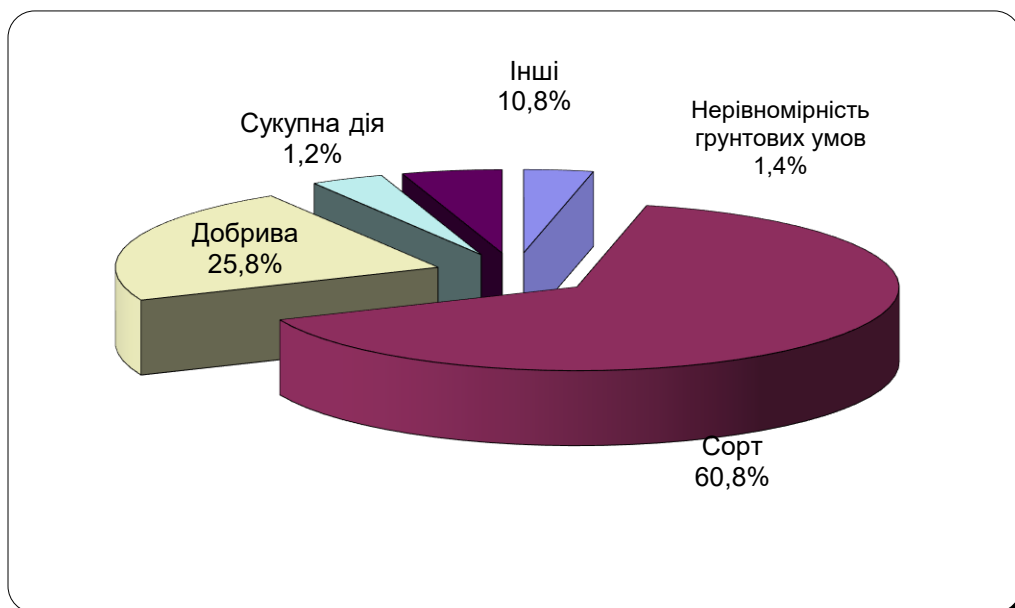
Врожайність сорго 2023 р.

La	Lb	P	N	K		
3	3	3	27	54055,76		
Варіанти		P			Сума	Середнє
La	Lb	I	II	III		
I	1	37,2	40,1	38,5	115,8	38,6
	2	44,6	47,8	46,5	138,9	46,3
	3	43,9	47,6	45,3	136,8	45,6
II	1	35,4	37,6	36,8	109,8	36,6
	2	40,2	39,8	47,5	127,5	42,5
	3	39,7	42,9	42,8	125,4	41,8
III	1	45,6	48,1	48,5	142,2	47,4
	2	53,5	54,3	49,1	156,9	52,3
	3	54,4	49,2	51,2	154,8	51,6
	Сума	394,5	407,4	406,2	1208,1	44,7

#### Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія		Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
					F <sub>ф</sub>	F <sub>05</sub>
Загальна	Sy	793,69	26			
Повторень	Sp	11,287	2			
Варіантів	Sv	696,25	8	87,0	16,16	2,67
Фактору А	Ca	482,987	2	241,5	44,85	3,77
Фактору В	Cb	205,207	2	102,60	19,06	3,77
Фактору АВ	Cab	8,053	4	2,01	0,37	3,11
Інші	Cz	86,153	16	5,385		

<i>НІР<sub>05 заг.</sub></i>	3,5	<i>фактору А</i>	1,74	<i>фактору В</i>	1,56
<i>Точність дослідження, %</i>		2,59%		t <sub>05</sub>	2,12



### Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження (3x3x3)

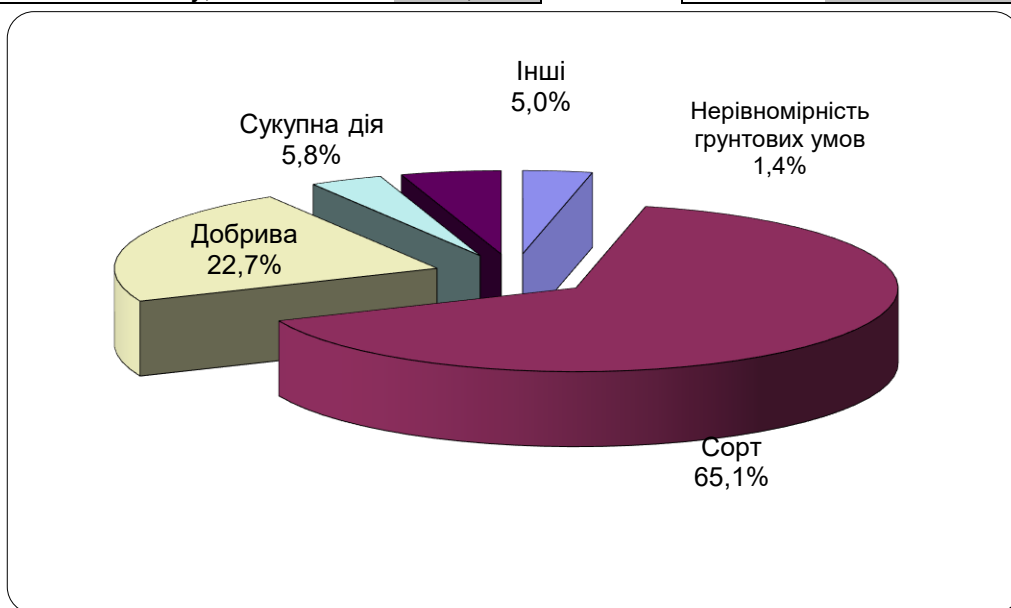
Врожайність сорго 2024 р.

La	Lb	P	N	K		
3	3	3	27	37946,25		
Варіанти		P			Сума	Середнє
La	Lb	I	II	III		
I	1	27,6	30,2	29,5	87,3	29,1
	2	38,6	42,8	39,2	120,6	40,2
	3	37,9	41,6	38,4	117,9	39,3
II	1	26,9	29,6	28,4	84,9	28,3
	2	30,2	35,8	34,8	100,8	33,6
	3	31,7	33,9	32,8	98,4	32,8
III	1	40,6	38,1	45,8	124,5	41,5
	2	43,5	46,3	50,3	140,1	46,7
	3	44,4	47,2	46,1	137,7	45,9
	Сума	321,4	345,5	345,3	1012,2	37,5

#### Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія		Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
					F <sub>ф</sub>	F <sub>05</sub>
Загальна	Sy	1226,81	26			
Повторень	Sp	42,669	2			
Варіантів	Sv	1122,69	8	140,3	36,54	2,67
Фактору А	Ca	798,607	2	399,3	103,97	3,77
Фактору В	Cb	279,207	2	139,60	36,35	3,77
Фактору АВ	Cab	44,873	4	11,22	2,92	3,11
Інші	Cz	61,451	16	3,841		

<i>НІР<sub>05 заг.</sub></i>	2,9	<i>фактору А</i>	1,47	<i>фактору В</i>	1,31
<i>Точність дослідження, %</i>		2,61%		t <sub>05</sub>	2,12



## Технологічна карта

Культура	Кукурудза	Норма висіву, кг/га	20,0		Максим XL, 1 л/т	Урожайність, ц/га	
Сорт, гібрид	СИ Чорінтас	Всього насіння, т	2,0		Еколайн Цинк, 1 л/га	в перерахунку на зерно	106,0
Попередник	Кукурудза	Система удобрення	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> +N <sub>10</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub>		Примекстра, 4,5 л/га	Валовий збір, ц	
Площа, га	100	Всього туків, т	33	7	МайсТер: 150 г/га	в перерахунку на зерно	10600

№	Найменування робіт	Од.вим.	Обсяг робіт		Склад агрегату		Обслуговуючий персонал						Норма виробітку	Кількість нормозмін	Затрати праці, люд-год		Оплата праці по тарифу на весь обсяг робіт, грн.		Разом витрат на оплату праці, грн.	Пальне		Всього затрат, грн.		
			у фіз. од.	в умов. га	трактори, автомоб.	с-т. машини	трактористи-машиністи			робітники ручної праці					механізатори	інші	механізатори	інші		на од.роб.	всього		Вартість, всього грн.	
							кількість	розряд роботи	Розцінка, грн./га	кількість	розряд роботи	Розцінка, грн./га												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	Лущення стерні дворазове	га	200	98,5	Т-150К	БДТ-7	1	V	19,57				26,8	7,5	59,7		3913,4		3913,4	5,8	1160	58000,0	61913	
2	Навантаження міндобрив	т	33		вручну					2	II	35,74	8	4,1		66,0		2358,8	2358,8				2359	
3	Транспортування міндобрив	т	33		ГАЗ-53		1		56,11				погод.	2,4	19,2		1077,3		1077,3		20,6	1031,3	2109	
4	Внесення міндобрив	га	100	13,3	МТЗ-80	РМГ-4	1	IV	10,87				42	2,4	19,0		1087,4		1087,4	1,7	170	8500,0	9587	
5	Оранка	га	100	196,7	Т-150	ПЛН-5-35	1	VI	99,8				6,1	16,4	131,1		9983,0		9983,0	17,9	1790	89500,0	99483	
6	Ранньовесняне боронування	га	100	37,5	Т-150	БЗСС-1	1	V	16,39				32	3,1	25,0		1638,8		1638,8	1,05	105	5250,0	6889	
7	Транспортування води і отрутохімікатів	т	40		ГАЗ-53		1		56,1				погод.	3,1	18,6		1043,6		1043,6		25	1250,0	2294	
8	Внесення гербіцидів	га	100	7,9	МТЗ-80	ОП-2000	1	VI	8,62	1	IV	5,01	53	1,9	11,3	11,3	861,7	151,3	1013,0	1,05	105	5250,0	6263	
9	Передпосівна культивация	га	100	39,7	Т-150	2КПС-4	1	V	17,36				30,2	3,3	26,5		1736,4		1736,4	4,5	450	22500,0	24236	
10	Обробка насіння	т	2,0		ПС-10		1	VI	57,09				2	III	29,51	8	0,3	2,0	114,2	232,2	кВт-год	20	100,0	352
11	Навантаження насіння й добрив	т	9,0		вручну					2	II	71,48	4	2,3		36,0		1286,6	1286,6				1287	
12	Транспортування насіння і добрив	т	9,0		ГАЗ-53		1		56,11				погод.	6,3	50,0		2805,5		2805,5		10	500,0	3306	
13	Сівба з внесенням добрив	га	100	35,0	МТЗ-80	СУПН-8	1	V	32,78	1	III	19,68	16	6,3	50,0	50,0	3277,5	1967,5	5245,0	3,4	340	17000,0	22245	
14	Коткування посіву	га	100	22,4	МТЗ-80	ЗККШ-6	2	IV	9,13				50	2,0	32,0		1826,9		1826,9	1,9	190	9500,0	11327	
15	1-й міжрядний обробіток	га	100	28,7	ЮМЗ-6Л	КРН-5,6	1	IV	27,35				16,7	6,0	47,9		2734,9		2734,9	3,6	360	18000,0	20735	
16	Транспортування води і отрутохімікатів	т	40		ГАЗ-53		1		56,1				погод.	3,1	18,6		1043,6		1043,6		25	1250,0	2294	
17	Внесення гербіцидів	га	100	7,9	МТЗ-80	ОП-2000	1	VI	8,62	1	IV	5,01	53	1,9	11,3	11,3	861,7	236,4	1098,1	1,05	105	5250,0	6348	
18	Транспортування води і отрутохімікатів	т	40		ГАЗ-53		1		56,11				погод.	3,1	18,6		1043,6		1043,6		25	1250,0	2294	
19	Внесення гербіцидів	га	100	7,9	МТЗ-80	ОП-2000	1	VI	8,62	1	IV	5,01	53	1,9	11,3	11,3	861,7	0,0	861,7	1,05	105	5250,0	6112	
20	2-й міжрядний обробіток	га	100	25,3	ЮМЗ-6Л	КРН-5,6	1	IV	24,04				19,0	5,3	42,1		2403,8		2403,8	2,7	270	13500,0	15904	
21	Збирання врожаю	га	100	250	Джон-Дір		2	VI	73,37				8,3	12,0	192,771		14673,7		14673,7	15	1500	75000,0	89674	
22	Транспортування зерна	т	1113		ГАЗ-53		2		56,1				погод.	8,3	132,8		7451,4		7451,4		835	41737,5	49189	
23	Первинна очистка зерна	т	1113		ОВС-25		1	V	20,98	2	III	12,59	25	44,5	356,2	712,32	32684,8	28029,8	60714,6	кВт-год	3562	17808,0	78523	
24	Доосушка зерна	т	1060		СК-20		1	IV	2,85	2	III	1,97	160	6,6	53,0	106	4236,1	4171,1	8407,2	кВт-год	9540	47700,0	56107	
Разом по культурі				771											1329	1007	97361	35961	133322		7590	379519	578469	

## Розрахунок витрат та економічної ефективності вирощування культури

Оплата праці	Відсоток	Сума, грн.
Пряма	X	133322
Підвищена	25	33330
Нарахування на заробітну плату	36,2	60328
Разом	X	226981

Показник	Сума, грн.
Витрати на 1 га	42343
Умовно-чистий дохід на 1 га	127257
Затрати праці на 1 га, люд-год	23,4
Повна собівартість 1 ц	399,5
Рівень рентабельності, %	300,5

Види витрат	Сума, грн.	Витрати на:		Структура витрат, %
		1 га	1 т	
Насіння, п.о.	765700	7657	72,2	18,1
Добрива складні (НАФК), т	1040000	10400,0	98,1	31,9
Засоби захисту рослин	-	-	-	-
в т. ч. протруйники (Максим XL, 1л/т), л	800,0	8,0	0,1	0,0
Еколайн Цинк, 1 л/га	34900,00	349,0	3,3	1,1
гербициди, л (Примекстра 4,5 л/га)	216000	2160,0	20,4	6,6
гербициди, кг (МайсТер: 150 г/га)	52650	526,5	5,0	-
Електроенергія, кВт	65608	656,1	6,2	1,5
ПММ, л	379519	3795,2	35,8	9,0
Оплата праці	226981	2269,8	21,4	5,4
Амортизація	30000	300,0	2,8	0,7
Витрати на ремонт	100000	1000,0	9,4	2,4
Страхові платежі та фіксований податок	45000	450	4,2	1,1
Плата за оренду землі та майна	300000	3000,0	28,3	7,1
<b>Всього прямих витрат</b>	<b>3257157</b>	<b>32572</b>	<b>307,3</b>	<b>76,9</b>
Накладні витрати	977147	9771	92,2	23,1
Всього виробничих витрат	<b>4234305</b>	42343	399,5	100
Витрати на реалізацію	42343	423	4,0	XXX
Повна собівартість	<b>4276648</b>	42766	403,5	XXX