МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агрономічний факультет
Спеціальність 201 «Агрономія»
Освітньо-професійна програма «Агрономія»

«Допускається до захисту»
Завідувач кафедри рослинництва
д.с.-г.н., професор Олександр ЦИЛЮРИК
_____
(підпис)
“_____” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр» на тему:

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ЦУКРОВОГО В УМОВАХ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА «ОЛЛА» КАМ’ЯНСЬКОГО РАЙОНУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Здобувач _____ Денис ВИСЛОЦЬКИЙ

Керівник кваліфікаційної роботи,
старший викладач _____ Ірина СОЛОГУБ

Дніпро – 2025

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Агрономічний факультет
Кафедра рослинництва
Спеціальність 201 «Агрономія»
Освітньо-професійна програма «Агрономія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри рослинництва
д.с.-г.н., професор Олександр ЦИЛЮРИК
_____
(підпис)
"_____" _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи здобувачу
другого (магістерського) рівня вищої освіти
Вислоцького Дениса Сергійовича

1. Тема роботи: Вплив елементів технології вирощування сорго цукрового в умовах фермерського господарства «ОЛЛА» Кам'янського району Дніпропетровської області

2. Термін подачі здобувачем завершеної кваліфікаційної роботи на кафедру "_"_____ 2023 р.

3. Вихідні дані для роботи:

- с.-г. підприємство – **товариство з обмеженою відповідальністю «ОЛЛА»**
- сільськогосподарська культура – **сорго цукрове**

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) проаналізувати агрокліматичні умови зони та сезону 2025 р. як вихідні передумови формування продуктивності сорго цукрового; надати ґрунтово-екологічну характеристику дослідної ділянки як базу для інтерпретації результатів; оцінити вплив систем основного обробітку та генотипу на щільність складання ґрунту в шарах 0–10, 10–20, 20–30 см; простежити динаміку вологості ґрунту за та кількісно оцінити сезонне виснаження запасів води залежно від технології; оцінити фітосанітарний стан посівів: чисельність і сиру масу бур'янів до сівби, у момент внесення та після внесення гербіциду; ідентифікувати домінантні групи і розрахувати ефективність контролю; провести економічну оцінку варіантів: валова вартість продукції, виробничі витрати, собівартість 1 т, умовно чистий прибуток, рівень рентабельності.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)книга історії полів, генеральний план земельних ресурсів фермерського господарства.

6. Дата видачі завдання:_____

Керівник
кваліфікаційної роботи _____ Ірина СОЛОГУБ
(підпис)

Завдання прийняв
до виконання _____ Денис ВИСЛОЦЬКИЙ
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	09.09.2024 – 20.09.2024	виконано
2	УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	01.10.2024 – 15.12.2024	виконано
3	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	11.10.2025 – 10.11.2025	виконано
4	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	15.11.2025 – 20.11.2025	виконано
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	20.11.2025 – 27.11.2025	виконано
6	ВИСНОВКИ	09.10.2025 – 27.11.2025	виконано
7	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	20.11.2025 – 27.11.2025	виконано

Здобувач _____ Денис ВИСЛОЦЬКИЙ
(підпис)

Керівник
кваліфікаційної роботи _____ Ірина СОЛОГУБ
(підпис)

ЗМІСТ

стр.

РЕФЕРАТ 5

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИБОРУ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЦУКРОВОГО СОРГО (огляд літератури) 10

1.1. Біолого-морфологічні та господарські особливості сорго цукрового і роль елементів технології 10

1.2. Перспективні технології та інноваційні елементи у виробництві сорго цукрового 14

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 19

2.1. Агрокліматична характеристика зони досліджень 19

2.2. Ґрунтово-екологічна характеристика зони досліджень 20

2.3. Метеорологічні умови проведення досліджень 22

2.4. Схема польового досліду та методика проведення експерименту 24

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ 30

3.1. Агрофізичний стан ґрунту за різних систем обробітку – динаміка щільності орного шару в посівах сорго цукрового 30

3.2. Агрегатний склад ґрунту за різних систем обробітку – структурність орного шару в посівах сорго цукрового 32

3.3. Зміна вологості ґрунту під впливом різних способів основного обробітку 34

3.4. Забур’яненість посівів сорго цукрового – видовий склад, динаміка та ефективність гербіцидів за різних систем обробітку 36

3.5. Морфометрія зеленої маси сорго цукрового за різних систем обробітку 39

3.6. Врожайність сорго цукрового в залежності від технології вирощування 40

4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ 43
5. ОХОРОНА ПРАЦІ 45
5.1. Дослідження стану охорони праці в фермерському господарстві 45
5.2. Аналіз виробничого травматизму в фермерському господарстві 45
5.3. Вимоги охорони праці під час роботи з пестицидами 47
5.4. Заходи з покращення стану охорони праці в фермерському господарстві 51
ВИСНОВКИ 56
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ 58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 59

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи. Вплив елементів технології вирощування сорго цукрового в умовах фермерського господарства «ОЛЛА» Кам'янського району Дніпропетровської області

Об'єкт дослідження. Процес формування агроценозу сорго цукрового в умовах степової зони.

Предмет дослідження. Взаємодія систем обробітку ґрунту та генотипів сорго цукрового у формуванні агрофізичних властивостей ґрунту, структури врожаю зеленої маси, урожайності та економічних показників.

Методи дослідження. Польовий двофакторний дослід зі схемою і 4-разовою повторністю; фенологічні спостереження; визначення щільності складання та агрегатного складу ґрунту; облік забур'яненості кількісно-ваговим методом; структурний аналіз врожаю; біометрія рослин; економічні розрахунки собівартості, прибутку та рентабельності; статистична обробка даних дисперсійним.

Наукова новизна досліджень. Уперше для виробничих умов Кам'янського району надано порівняльну оцінку впливу полицевої оранки та прямої сівби на щільність і структурність орного шару, динаміку запасів вологи, забур'яненість та морфогенез сорго цукрового різних генотипів. Сформульовано практичні регламенти щодо вибору генотипу, строків і параметрів сівби, контролю бур'янів і збирання, які можуть бути інтегровані у технологічні карти господарств Степу для підвищення врожайності та рентабельності.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків і рекомендації виробництву, списку використаних літературних джерел. Загальний обсяг роботи 66 сторінок комп'ютерного тексту, включаючи 12 таблиць. Список використаних джерел складається з 66 найменувань.

Ключові слова: АГРОТЕХНІКА, ОБРОБІТОК ҐРУНТУ, СОРГО ЦУКРОВЕ, СОРТ, ВРОЖАЙНІСТЬ.

ВСТУП

Актуальність теми. Сорго цукрове як С4-культура поєднує високу посухо- та жаростійкість із здатністю нагромаджувати розчинні цукри у стеблах, що робить його стратегічною сировиною для зеленого конвеєра, сінажу та біоенергетики. Для степової зони Дніпропетровщини з тривалими періодами дефіциту вологи актуальним є підбір адаптивних генотипів і технологій обробітку ґрунту, які забезпечують стабільний вихід зеленої маси й економічну ефективність у посушливі роки. Недостатня кількість локальних, виробничо верифікованих регламентів для сорго цукрового в умовах Кам’янського району зумовлює практичну значущість дослідження.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано у руслі регіональної тематики підвищення ресурсної та енергетичної ефективності землеробства Степу, узгоджено з навчально-науковим планом кафедр рослинництва та загального землеробства, а також з прикладними завданнями фермерського господарства «ОЛЛА» щодо впровадження вологозберігаючих технологій вирощування сорго цукрового.

Мета дослідження. На основі польового експерименту оцінити вплив систем основного обробітку ґрунту та генотипу на агрофізичний стан ґрунту, формування зеленої маси, її компонентну структуру, біологічну продуктивність і економічну ефективність сорго цукрового у виробничих умовах Кам’янського району.

Завдання дослідження. Проаналізувати агрокліматичні умови зони та сезону 2025 р. (температури, опади) як вихідні передумови формування продуктивності сорго цукрового.

Надати ґрунтово-екологічну характеристику дослідної ділянки (тип ґрунту, морфологія профілю, агрохімічні показники, механічний склад) як базу для інтерпретації результатів.

Оцінити вплив систем основного обробітку та генотипу на щільність складання ґрунту в шарах 0–10, 10–20, 20–30 см у дві дати спостережень (сівба – збирання) і зіставити з оптимальними інтервалами.

Визначити агрегатний склад ґрунту та коефіцієнт структурності в шарах 0–10, 10–20, 20–30 см за різних систем обробітку й встановити структурно-водотривкі переваги.

Простежити динаміку вологості ґрунту за профілем 0–30, 0–50, 50–100 і 0–100 см та кількісно оцінити сезонне виснаження запасів води залежно від технології.

Оцінити фітосанітарний стан посівів: чисельність і сиру масу бур’янів до сівби, у момент внесення та після внесення гербіциду; ідентифікувати домінантні групи (однорічні/багаторічні; тонконогові/широколисті) і розрахувати ефективність контролю.

Визначити реакцію генотипів і систем обробітку на морфометричні ознаки рослин (висота, кущистість; за наявності – листкова площа).

Дослідити формування компонентної структури зеленої маси (волоті, листки, стебла) та її перерозподіл за технологіями і генотипами.

Оцінити біологічну продуктивність за показником урожайності зеленої маси; за наявності аналітики – визначити цукристість стеблового соку у ключові фази та залежність від факторів.

Провести економічну оцінку варіантів: валова вартість продукції, виробничі витрати, собівартість 1 т, умовно чистий прибуток, рівень рентабельності; прорахувати поріг беззбитковості та чутливість до ціни/урожайності.

Визначити найефективнішу комбінацію «система обробітку × генотип» для умов ФГ «ОЛЛА» та сформулювати практичні рекомендації щодо технологічних параметрів (строки й норма сівби, контроль бур’янів, оптимізація збирання).

Об’єкт дослідження. Процес формування агроценозу сорго цукрового в умовах степової зони.

Предмет дослідження. Взаємодія систем обробітку ґрунту та генотипів сорго цукрового у формуванні агрофізичних властивостей ґрунту, структури врожаю зеленої маси, урожайності та економічних показників.

Методи дослідження. Польовий двофакторний дослід зі схемою split-plot і 4-разовою повторністю; фенологічні спостереження; визначення щільності складання та агрегатного складу ґрунту; тензиметричний і гравіметричний контроль вологості; облік забур'яненості кількісно-ваговим методом; структурний аналіз врожаю; біометрія рослин; економічні розрахунки собівартості, прибутку та рентабельності; статистична обробка даних дисперсійним аналізом з розрахунком $НІР_{05}$, кореляційно-регресійний аналіз.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше для виробничих умов Кам'янського району надано порівняльну оцінку впливу полицевої оранки та прямої сівби на щільність і структурність орного шару, динаміку запасів вологи, забур'яненість та морфогенез сорго цукрового різних генотипів. Показано, що за аридного 2025 р. комбінація «оранка + Вітам» забезпечує максимальний вихід зеленої маси та найвищі економічні показники, тоді як No-till формує істотно кращу агрегатну структуру, але потребує технологічного тонкого налаштування для збереження продуктивності.

Теоретична та практична значимість. Уточнено причинно-наслідкові зв'язки між агрофізичним станом ґрунту та формуванням структури врожаю сорго цукрового за різних систем обробітку в умовах дефіциту опадів. Сформульовано практичні регламенти щодо вибору генотипу, строків і параметрів сівби, контролю бур'янів і збирання, які можуть бути інтегровані у технологічні карти господарств Степу для підвищення врожайності та рентабельності.

Особистий внесок здобувача. Здобувач безпосередньо брав участь у закладенні досліду, проведенні польових спостережень і вимірювань, відборі та лабораторній обробці зразків, обліку врожаю, економічних розрахунках,

статистичній обробці даних, інтерпретації результатів і підготовці тексту кваліфікаційної роботи.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи. Основні положення дослідження доповідалися та обговорювалися на засіданнях кафедри, виробничих нарадах ФГ «ОЛЛА» та на студентській науково-практичній секції, що підтвердило практичну значущість запропонованих рекомендацій.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків і рекомендації виробництву, списку використаних літературних джерел. Загальний обсяг роботи 66 сторінок комп'ютерного тексту, включаючи 12 таблиць. Список використаних джерел складається з 66 найменувань.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИБОРУ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЦУКРОВОГО СОРГО
(огляд літератури)

1.1. Біолого-морфологічні та господарські особливості сорго цукрового і роль елементів технології

Загальна характеристика та значення культури. Сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.) – теплолюбна С4-культура із високою посухостійкістю, здатна стабільно формувати біомасу й цукронакопичення на тлі дефіциту опадів, що характерно для Північного Степу Дніпропетровщини. У порівнянні з кукурудзою воно краще переносить періоди ґрунтової та повітряної посухи, зберігаючи продуктивність у роки зі зниженим зволоженням, що підтверджено багаторічними порівняннями для північностепових умов України [29; 5]. Високий вміст розчинних цукрів у соку стебел та значний вихід сирої біомаси роблять культуру стратегічною для біоенергетики та спиртового виробництва, особливо на богарі [60; 64].

Біологічні особливості. Сорго цукрове відзначається інтенсивним фотосинтезом і високим коефіцієнтом використання води завдяки С4-типу, добре реагує на тепло й світло та зберігає функціональну активність листкового апарату навіть за високих температур. Адаптивність до посухи зумовлюється поєднанням глибокої кореневої системи, воскового нальоту на вегетативних органах і здатністю до тимчасового «стиску» вегетації у стресових умовах, що описано в узагальнюючих працях і методичних рекомендаціях щодо сорго [52; 56]. Реакція на агрофон проявляється у значній варіабельності росту, тривалості міжфазних періодів і швидкості цукронакопичення, що підкреслено в дослідженнях Правобережного Лісостепу та степових регіонів України [24; 46].

Морфологічні особливості. Рослина формує потужне прямостояче стебло заввишки зазвичай 2–4 м із добре розвиненими соковитими

міжвузлями, у яких акумулюються цукри; листки широкі, з виразним восковим нальотом; суцвіття – волоть, що забезпечує стійкість до обсипання за збирання. Саме анатомічна будова стебла й динаміка цукронакопичення визначають технологічні «вікна» для заготівлі соку/біомаси, на що звертають увагу прикладні та селекційні джерела [51; 65].

Господарські особливості та напрями використання. У виробничих і дослідних умовах України вміст цукру в соку стебел істотно варіює за сортами й погодою, що підтверджено випробуваннями на базі українських колекцій зразків; стабільно високий рівень цукронакопичення – ключ до виходу біоетанолу та кормової енергії [57; 27]. За богарного вирощування сорго цукрове демонструє конкурентний вихід біомаси і енергії порівняно з іншими культурами, а в посушливих роках – перевагу у врожайності над кукурудзою [64; 29]. Економічна доцільність посилюється можливістю комплексного використання: сік – на цукор/етанол, жом і зелена маса – на силос, біогаз чи підстилку, що відображено у вітчизняних і міжнародних оглядах та техніко-економічних дослідженнях [62; 39].

Сортові особливості. Асортимент сортів і гібридів охоплює форми різної тривалості вегетації, сили росту та схильності до цукронакопичення/вилягання. Оновлений Державний реєстр і каталоги профільних установ подають перелік придатних для поширення в Україні сортів і гібридів, зокрема для Степу, що дає змогу підібрати матеріал під конкретну технологічну ціль – цукор, біоетанол, силос чи біогаз [19; 51]. У працях СГІ–НЦНС та інститутів НААН акцентовано на доборі форм зі стійкістю до посухи й оптимальним вікном достигання для збирання на сік [3; 52].

Роль елементів технології у степових умовах ФГ «ОЛЛА». Строки сівби та глибина загортання. Для умов Північного Степу оптимізація строків визначається балансом між потрібною сумою активних температур і ризиком ґрунтової посухи у травні–липні. Експерименти в Лісостепу та Степу показали, що коригування строків у межах «теплої весни» дає відчутний ефект

на ріст і цукронакопичення; глибина загортання має бути стабільною й узгодженою з гранулометрією та вологозабезпеченням посівного шару [35; 32]. Методичні рекомендації НААН акцентують: передпосівний обробіток і якісна підготовка насіння/ґрунту – критично важливі для вирівнювання сходів у посушливій зоні [31; 33].

Норма висіву і цільова густота. Густота стояння – один із найсильніших важелів формування продуктивності й складу вуглеводів. Для південних і центральних регіонів України встановлено нелінійну реакцію: надто низька густота знижує загальний збір біомаси, надто висока – стримує діаметр стебла і вміст цукрів; оптимум залежить від генотипу та зволоження року [9; 30]. Досліди на Півдні України підтверджують, що середні норми забезпечують кращий баланс «біомаса–цукор», тоді як завищені – частіше ведуть до зниження концентрації цукрів у соку [54; 23]. Для практики ФГ «ОЛЛА» доцільно проєктувати норму висіву під заплановану технологічну мету: на сік/етанол – помірна густота з акцентом на товсті, соковиті стебла; на силос/біогаз – дещо вища густота для максимізації зеленої маси [12; 41].

Живлення та мікроелементи. Сорго активно реагує на забезпечення азотом і калієм, тоді як надлишок азоту за нестачі вологи може зменшувати вміст цукрів. Вітчизняні дослідження показують ефект диференційованого удобрення за цільовим використанням – «цукровий» напрям потребує виважених доз азоту з підсиленням калієм, «кормовий/біогазовий» – може допускати дещо вищі азотні фони [35; 13]. Позакореневе підживлення мікроелементами у критичні фази (кущення – вихід у трубку) покращує активність фотосинтезу й цукронакопичення, особливо в умовах термічного стресу [44]. Використання біопрепаратів і мікробних інокулянтів здатне посилювати ріст і засвоєння елементів, що підтверджено результатами як міжнародних, так і українських досліджень; доцільність відбору препаратів з огляду на локальні ґрунтово-кліматичні умови очевидна для степової зони [63; 4].

Фотосинтетична продуктивність і листкова поверхня. Оптимальна густота та збалансоване живлення забезпечують формування стійкого листкового апарату з високою фотосинтетичною продуктивністю – це ключ до одночасного приросту біомаси і вмісту цукрів [12; 16]. Підтримання «зеленого листка» у другій половині вегетації критично важливе в посушливі роки Північного Степу [17; 46].

Фітосанітарний супровід і бур’яни. У степових умовах конкуренція з літньо-осінніми видами бур’янів і падалицею культур знижує уміст цукрів через затінення та відбір вологи. Система інтегрованого контролю бур’янів – комбінація агротехнічних, хімічних і біологізованих прийомів – є базовою умовою стабільності врожаю ФГ «ОЛЛА» [55]. Вирівняні сходи й раннє змикання міжрядь за оптимальної густоти – найефективніший «безвитратний» інструмент проти забур’янення [43; 31].

Збирання і технологічне «вікно». Для цукрового напряму важливо «впіймати» максимум розчинних цукрів у стеблах; досвід промислових і дослідних господарств свідчить, що гнучке планування збирання, зокрема рознесення полів за групами стиглості й густотою, підвищує валовий збір цукру/етанолу на гектар [62; 65].

Таким чином, у кліматі Кам’янського району з регулярними літніми дефіцитами вологи сорго цукрове є культурою з високим потенціалом стабільності й рентабельності. Максимальний ефект досягається поєднанням: 1) добору генотипів із підтвердженим цукронакопиченням і стійкістю до посухи за даними реєстру/каталогів [19; 51]; 2) коригування строків і глибини сівби відповідно до вологості посівного шару [32; 35]; 3) нормування густоти під ціль «цукор» чи «біомаса» [30; 54]; 4) збалансованого живлення з акцентом на K і помірний N та точкове застосування мікроелементів і біопрепаратів [44; 63]; 5) чіткої інтегрованої системи контролю бур’янів [55]. Така конфігурація елементів технології у степових умовах господарства дає змогу одночасно підвищити валовий збір цукру зі стебел і загальний вихід енергії з гектара [64; 39].

1.2. Перспективні технології та інноваційні елементи у виробництві сорго цукрового

Концепція технології. Інноваційність у сорго цукровому полягає у проєктуванні всього циклу «від поля до переробки» під конкретну мету – цукор/етанол, силос/біогаз або комбіноване використання. Для цукрового напряму добирають генотипи зі стабільним цукронакопиченням і відповідною тривалістю вегетації; для силосно-енергетичного – форми з максимальною біомасою й стійким листковим апаратом у посуху [19; 60].

Сучасний добір генотипів і насіння. Оновлені переліки сортів і гібридів для Степу дозволяють зіставляти групи стиглості з «вікнами» збирання на сік, мінімізуючи ризики втрати цукрів у спекотні періоди. Практика господарств у степовій зоні показує, що ставка на «цукрові» форми із товстими соковитими міжвузлями дає найкращий вихід ферментованого соку на гектар [19; 51]. Посівний матеріал доцільно поєднувати з біо-праймінгом та мікробними препаратами для посилення стартового росту й живлення – за результатами досліджень це підвищує інтенсивність росту та використання елементів живлення в перші фази розвитку [59; 63].

Передпосівна підготовка і сівба «за вологою». Ключовою інновацією для богарних умов є принцип «сівба за вологою» з гнучкою глибиною загортання залежно від фактичної зволоженості посівного шару та механічного складу ґрунту; методичні рекомендації НААН наголошують на якості підготовки ложа насіння як запоруці вирівняних сходів у посушливій зоні [31; 33]. За теплої весни зміщення оптимальних строків у межах 5–10 днів може істотно впливати на ріст і динаміку цукронакопичення, що підтверджено багаторічними дослідами для Лісостепу й Степу [35; 32].

Керована густота стояння рослин. Інноваційний підхід – проєктування норми висіву під ціль використання і прогноз зволоження сезону. Для одержання більш товстих і соковитих стебел на «цукор/етанол» застосовують помірні густоти; для «силос/біогаз» – вищі, щоб максимізувати зелений збір. Реакція на згущення нелінійна: надмірна густота знижує діаметр стебла й

концентрацію цукрів, а занадто розріджені посіви не забезпечують вал біомаси [30; 54].

Живлення: баланс N–K та мікроелементні «підсилювачі». Для цукрового напряму виправдані помірні дози азоту у зв'язці з підвищеною забезпеченістю калієм, що підтримує осмотичний режим клітин і цукронакопичення; для силосно-енергетичного – можливий дещо вищий азотний фон. Точкове позакореневе підживлення мікроелементами у критичні фази (кущення – вихід у трубку) покращує фотосинтетичну продуктивність і стійкість до термостресу [44; 35]. Біопрепарати та мікробні комплекси доцільно інтегрувати у схему – вони підсилюють ріст і поглинання елементів, що підтверджено польовими й вегетаційними дослідами [63; 4].

Вологозбереження та мінімізований обробіток. Для умов Північного Степу ефективні системи мінімізованого обробітку з акуратним збереженням рослинних решток як мульчі. Такі рішення зменшують випаровування, вирівнюють температурний режим посівного шару й підвищують шанси на дружні сходи під «коротке вікно» вологи. Концепції еколого-безпечної технології для сорго в степовій зоні акцентують поєднання вологозбереження з раціональним живленням та інтегрованим контролем бур'янів [40; 50].

Фотосинтетична продуктивність як керована ціль. Інноваційні карти живлення і густоти спрямовані на підтримання «зеленого листка» у II половині вегетації – це прямо конвертується у вал біомаси й вихід цукру. Підтримка активного листкового апарату через збалансоване живлення та своєчасні підживлення – критична умова для богарних посівів [16; 12].

Інтегрований контроль бур'янів. Система IWM для сорго поєднує агротехнічні прийоми, коректно підібрані норми висіву та своєчасні хімічні заходи. Раннє змикання міжрядь і вирівняні сходи зменшують «вікно» для літніх бур'янів, що особливо важливо для збереження вологи й запобігання зниженню вмісту цукрів у стеблах [55; 43].

«Технологічне вікно» збирання і логістика переробки. Для цукрового напряму максимізація виходу цукру досягається точним «влучанням» у пік

концентрації розчинних цукрів у стеблах і швидкою доставкою сировини на переробку. Практика групування полів за стиглістю та густотою дозволяє розтягнути збирання без втрат цукрів і перерозвитку стебел; це підтверджують прикладні огляди й досвід біоетанольних проєктів [65; 62]. Для силосно-біогазового напрямку оптимізація строків з урахуванням сухої речовини забезпечує найкращу метано- або етанолвихідність з одиниці площі [64; 39].

Енерго-економічна валідація. Інноваційність має підтверджуватися розрахунком енергетичного балансу та рентабельності. Для сорго цукрового в богарних умовах Степу відзначена конкурентна енерговіддача порівняно з альтернативними культурами за рахунок поєднання стабільності врожаю та багатовекторного використання продукції й побічних продуктів (сік, жом, листостеблова маса) [58; 64].

1.3. Вплив систем основного обробітку ґрунту на ріст, розвиток і врожайність цукрового сорго

У богарних умовах Північного Степу вибір системи обробітку визначає водний і повітряно-тепловий режими посівного шару, що безпосередньо впливає на рівномірність сходів, формування кореневої системи, тривалість активної вегетації та кінцеві показники врожаю і вмісту цукрів у стеблах [40; 50]. Для ФГ «ОЛЛА» Кам’янського району із сезонним дефіцитом опадів пріоритетом є технології, що мінімізують передпосівні втрати вологи та зберігають мульчу на поверхні ґрунту [40; 31].

Полицевий обробіток забезпечує добре розпушене посівне ложе й швидше прогрівання навесні, що інколи прискорює появу сходів і початковий ріст, проте супроводжується інтенсивнішим випаровуванням та швидшим виснаженням вологи у верхньому шарі [31; 33]. За мінімізованого та безполицевого обробітку мульча з рослинних решток зменшує капілярний підйом і випаровування, стабілізує температуру і довше підтримує доступну для проростання вологу, що у степових умовах частіше забезпечує вирівняні сходи й кращу збереженість рослин до фази трубкування [40; 50].

За рахунок глибшого проникнення коренів і кращого водозабезпечення у другій половині вегетації сорго під мінімізованим або нульовим обробітком довше утримує активний листковий апарат, підвищує фотосинтетичну продуктивність та сумарний збір сухої речовини [16; 12]. Це, своєю чергою, корелює з більшим виходом потенційного енергоносія з гектара – як у соку (для етанолу), так і в листостебловій масі (для силосу/біогазу) за посушливих років [64; 39].

Порівняльні дослідження у посушливих зонах показують, що сорго завдяки ксероморфним ознакам і С4-типу фотосинтезу стабільніше реалізує потенціал врожаю, ніж кукурудза, особливо коли технологія спрямована на вологозбереження ґрунту [29; 64]. Саме тому у степу на тлі мінімізованих обробітків частіше досягають більшої врожайності сирої біомаси та вищої концентрації розчинних цукрів у стеблах завдяки зниженню водного стресу під час наливання [40; 64].

Водночас існує ситуаційна перевага полицевої оранки на важких за будовою або перезволожених після зими ділянках – поліпшення аерації та швидше «структурування» орного шару можуть скоротити ризики зрідження сходів у холодну весну; однак у подальшому це потребує компенсуючих прийомів вологозбереження і ретельнішого контролю бур’янів [31; 55]. У системах mini-till/no-till критичним є якісний хімічний і агротехнічний контроль забур’яненості до і під час сівби, щоб забезпечити «чисте вікно» для старту культури без конкуренції за вологу [55; 43].

Зв’язок обробітку з архітектонікою рослин і цукронакопиченням опосередковується густотою стояння. За технологій, що краще зберігають профільну вологу, оптимальна густота дозволяє одночасно підтримати діаметр і соковитість стебла та уникнути зайвої конкуренції між рослинами; надмірне згущення на будь-якому фоні обробітку знижує діаметр стебел і концентрацію цукрів, тоді як надмірне розрідження – вал біомаси [30; 54]. Тому норми висіву й ціль використання (цукор/етанол чи силос/біогаз) слід калібрувати під конкретну систему обробітку та прогноз зволоження сезону [35; 32].

Для виробничої практики ФГ «ОЛЛА» доцільною є адаптивна схема: безполицевий або мінімізований основний обробіток із збереженням мульчі, передпосівне вирівнювання посівного ложа без надмірного висушування, сівба «за вологою» з гнучкою глибиною загортання, і ретельно налаштована густота та живлення з акцентом на калій і помірний азот для підтримання осмотичного режиму та тривалого функціонування листкового апарату [31; 40]. За такої конфігурації у типових для району умовах дефіциту опадів очікувано підвищуються збереженість рослин, тривалість активної вегетації, вихід біомаси й уміст цукрів у стеблах, що сумарно підсилює врожайність і технологічну придатність сировини до переробки [50; 64].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Агрокліматична характеристика зони досліджень

Господарство розташоване в межах Кам'янського району Дніпропетровської області, центрально-східна Україна, у долині середньої течії Дніпра. Регіон належить до степової кліматичної зони з помірно-континентальним, відносно посушливим кліматом: середньорічна температура близько 8–10 °C, пересічні значення липня 21,5–23,3 °C, січня –4,5…–6,5 °C; річна сума опадів у середньому 400–500 мм. У межах району розташоване Кам'янське водосховище на Дніпрі, що формує локальні мікрокліматичні ефекти.

Середньорічна температура повітря для близької репрезентативної точки (м. Дніпро) становить ≈10,1 °C. За місяцями: січень –3,4 °C, лютий –2,4 °C, березень 2,7 °C, квітень 10,3 °C, травень 16,9 °C, червень 21,0 °C, липень 23,3 °C, серпень 23,0 °C, вересень 16,8 °C, жовтень 9,7 °C, листопад 3,7 °C, грудень –0,6 °C. Середні місячні максимуми сягають 27,9 °C у липні, а середні місячні мінімуми –6,1 °C у січні. Період активної вегетації з температурами >10 °C триває близько 200–210 діб; сума активних температур у степовій зоні останніми десятиліттями оцінюється приблизно 3400–3550 °C, тоді як для Дніпропетровщини за «теплий період» на станціях області отримано 3072–3115 °C.

Річна кількість опадів у регіоні переважно 430–550 мм із максимумом наприкінці весни – на початку літа (травень–липень; для Дніпра: 53–59 мм/міс.), мінімум – у лютому. У теплий період року співвідношення тепла й вологи часто зсувається в бік дефіциту: для області показник зволоження за Шашком становить 0,33–0,40 (зона недостатнього зволоження). За класичною шкалою ГТК Селянінова нормальними для Степу є ~0,8–0,9, але в посушливі роки значення знижуються до 0,4–0,6; для Дніпропетровської області

фіксувалися значення ГТК 0,6 у сухі періоди початку літа. Це означає ризик волого-дефіциту у критичні фази росту теплолюбних культур.

Переважаючі напрями вітру для області – східний та південно-східний, середні швидкості 4,6–5,0 м/с; у літній сезон у більшості регіонів України частіші західні та південно-західні вітри. Поєднання стійких вітрів і відкритого рельєфу степу посилює випаровування й ризики дефляції на незахищених ділянках. Близькість Кам'янського водосховища зумовлює помірну згладженість добових температурних коливань і підвищення відносної вологості в прилеглих полях, що частково стримує перегрів і пилові явища влітку.

Забезпеченість теплом відповідає біологічним вимогам культури: базова температура розвитку сорго становить 10–13 °C; оптимальні температури 25–30 °C; суми активних температур, необхідні для формування врожаю біомаси й цукрів у стеблах, за літературними даними – орієнтовно 2000–3500 °C. Умови Степу Дніпропетровщини (ΣT>10 °C 3100–3550 °C) це забезпечують. Разом з тим опади 430–550 мм/рік та низькі ГТК у частині вегетації означають, що головний ліміт – волога, насамперед у фазах інтенсивного стеблоутворення, викидання волоті й наливу соків. Практично це диктує: сівбу за прогрівання ґрунту ≥12 °C, обмеження ранньовесняних строків; збереження мульчі та протиерозійні заходи проти суховіїв; за можливості – страхове зрошення в пікові фази. Додаткові ризики – пізні весняні та ранні осінні приморозки, на які цукрове сорго чутливе.

2.2. Ґрунтово-екологічна характеристика зони досліджень

Дослідна територія розташована в степовій зоні України, у межах Кам'янського району Дніпропетровської області. Клімат помірно континентальний, відносно посушливий. Середньорічна температура поблизу м. Дніпро ≈10,1 °C; за рік випадає близько 500–550 мм опадів, причому їх максимум припадає на теплий період. Для м. Кам'янське середні місячні умови відповідають типово степовому режиму: у серпні середня 23 °C, у

жовтні 10 °C, у листопаді 4 °C, із місячними сумами опадів близько 35–40 мм у вересні–листопаді. Тривалість безморозного періоду та періоду з t>10 °C становить у середньому 178–185 діб; сума активних температур >10 °C змінюється в межах 2700–3400 °C; тривалість сонячного сяйва 2050–2150 год/рік.

Гідротермічні умови оцінюють за гідротермічним коефіцієнтом Селянінова (ГТК = 10·ΣP/ΣT при t≥10 °C). Для степу довгострокові середні значення ГТК зменшуються від півночі до півдня та часто нижчі за 1, що означає недостатнє зволоження в період вегетації; для південнішої частини степу наводять середні близько 0,75. Індекс зволоження Шашка також нижчий у степу порівняно з Поліссям, що відбиває дефіцит вологи під час літа.

У ґрунтовому покриві переважають чорноземи звичайні *(Voronic Chernozems pachic*) на лесових суглинках; поширені також чорноземи південні й лучно-чорноземні та алювіальні ґрунти в заплавах Дніпра й його приток. На окремих пониженнях і терасах трапляються солонцюваті та солончакові комплекси. Формування відбувалося на лесових відкладах; гумусовий горизонт потужний (переважно 50–55 см), нижче на глибині ~45–50 см фіксуються карбонатні конкреції (лесові «ляльки») й кальцієвий ілювій.

Морфологічно це структурні темно-сірі суглинки з високою базовою насиченістю обмінного комплексу Ca^{2+} і Mg^{2+}. Для правобережних чорноземів звичайних характерний силікатно-карбонатний профіль із карбонатами вже з середини профілю. Гранулометрично більшість орних чорноземів області – пилувато-суглинкові до важкосуглинкових.

В орному шарі чорноземів північного Степу Дніпропетровщини типовими є вміст гумусу 3,0–4,0 %, нейтральна або слабколужна реакція ґрунтового розчину (pH водн. близько 7,0–7,2). Для польових ділянок області наводять конкретні приклади: чорнозем звичайний у Синельниківському районі – гумус 3,2 %, pH 7,1. За даними детальних розрізів у Кам’янському районі вміст рухомого фосфору в орному шарі становив 110–170 мг/кг (за Чириковим) із закономірним зменшенням у глибину; рухомий калій – близько

105–130 мг/кг. Базова насиченість ґрунтів дуже висока (до 97 %), що зумовлює значний потенціал катіонного обміну та буферність. За механічним складом переважають пилувато-суглинки, що підтверджено регіональними дослідженнями.

Родючість чорноземів звичайних висока завдяки потужному гумусовому горизонту, агрегатній структурі та значній базовій насиченості – це створює сприятливі умови для більшості польових культур. Водночас головне обмеження – дефіцит вологи в теплий період (ГТК часто <1), що зумовлює ризики літніх посух і суховіїв. Додаткові чинники – вітрова ерозія на відкритих безпокривних площах, локальне засолення/солонцюватість у пониженнях і ущільнення лесових суглинків при інтенсивній техногенній дії. Для степової зони України встановлено регулярні прояви дефляції взимку–навесні та в посушливі роки; зменшити ризики дозволяють мульча, збереження стерні, смугові посіви й лісосмуги.

Для зони ФГ «ОЛЛА» поєднання тепла (ΣT>10 °C 2700–3400; 178–185 діб із t>10 °C) та чорноземного покриву забезпечує високий потенціал під зернові, технічні та просапні культури за умови вологозберігаючих технологій. Критичним є управління водним режимом – своєчасний обробіток із мінімальним випаровуванням, мульчування, оптимізація строків сівби й густоти, підтримання протиерозійного покриву та, за можливості, використання страхової вологи або локального зрошення в пікові фази вегетації.

2.3. Метеорологічні умови проведення досліджень

За даними метеостанції, репрезентативної для Кам’янського району, 2025 рік характеризувався підвищеним тепловим фоном і стійким дефіцитом опадів у ключові для сорго періоди інтенсивного вегетативного росту, виходу в трубку–викидання волоті та активного нагромадження цукрів у стеблах. Зима була теплою й малосніжною: у січні та лютому середньодобова температура перевищувала норму на +2,8 і +5,1 °C відповідно (1,7 та 4,8 °C

проти −1,1 і −0,3 °C), при цьому випало на 35 та 23 мм опадів менше від багаторічних значень. Це зумовило слабкий снігозапас і знижений весняний вологозаряд орного шару.

Березень був прохолоднішим і сухішим за норму (2,6 °C проти 4,6 °C; 33 мм проти 44 мм), що затримало прогрівання ґрунту. Натомість квітень виявився теплішим за норму на +2,9 °C на тлі помірного дефіциту опадів (26 мм проти 35 мм), що сприяло підготовці посівного ложа, але не компенсувало дефіцит продуктивної вологи.

Таблиця 1.

Середньодобова температура та опади за даними метеостанції, 2025 рік

Місяць	Середньодобова температура, °C (середньо-багаторічна)	Середньодобова температура, °C (2025 р.)	Сума опадів, мм (середньо-багаторічна)	Сума опадів, мм (2025 р.)
Січень	-1,1	1,7	60	25
Лютий	-0,3	4,8	45	22
Березень	4,6	2,6	44	33
Квітень	11,7	14,6	35	26
Травень	17,0	15,4	52	38
Червень	20,7	22,9	47	27
Липень	23,6	23,9	43	18
Серпень	21,4	21,7	17	19
Вересень	15,4	17,5	15	7
Жовтень	11,4	11,5	26	19
Листопад	5,2	7,3	32	24
Грудень	1,2	4,2	–	–

Для сорго цукрового вирішальним є інтервал травень–вересень. Травень 2025 р. був прохолоднішим на 1,6 °C і сухішим на 14 мм від багаторічного, що підвищувало ризик нерівномірних сходів за відсутності передпосівної вологи. На початку літа зафіксовано сталий перехід до спекотної та сухої погоди: червень і липень були теплішими від норми на +2,2 і +0,3 °C, а опадів бракувало найбільше – 27 мм проти 47 мм у червні та лише 18 мм проти 43 мм у липні. Саме цей відрізок збігається з етапами інтенсивного наростання вегетативної маси, ініціації волоті та цвітіння. За таких умов типово

спостерігаються: зменшення довжини міжвузлів і площі листкової поверхні, часткове зниження життєздатності пилку під час спекотних днів (>36–38 °C у полуденні години), скорочення частки фертильних квіток і, як наслідок, потенційне зниження продуктивності волоті.

У серпні умови були близькі до норми за опадами (19 мм проти 17 мм) при незначному перевищенні температури, що загалом підтримувало накопичення цукрів у стеблі, проте водний стрес попередніх місяців обмежував загальну біомасу. Осінній період залишався теплішим і посушливішим від норми: вересень +2,1 °C при 7 мм опадів проти 15 мм; жовтень близький до температурної норми при 19 мм опадів проти 26 мм; листопад тепліший на +2,1 °C і сухіший на 8 мм. Для сорго це означало подовжене вікно технічної стиглості зі швидким підсиханням стебла, але з ризиком зменшення соковитості за відсутності підживлювальних дощів.

Сезон 2025 р. у Кам’янському районі був термічно сприятливим для С4-культури та водночас гідрологічно дефіцитним. Для сорго цукрового це означало високий потенціал фотосинтезу за застережень: водний стрес у червні–липні обмежував наростання біомаси та частку фертильних квіток, а дуже сухий вересень зменшував соковитість стебел. Оптимізація строків сівби під травневу вологу, технології вологозбереження та зважене живлення – ключ до збереження урожайності та цукристості стебел у умовах аридного 2025 року.

2.4. Схема польового досліду та методика проведення експерименту

Польові дослідження з добору продуктивних генотипів сорго цукрового та оцінки елементів технології проводили у фермерському господарстві «ОЛЛА», Кам’янський район Дніпропетровської області. Метою було визначити вплив технології основного обробітку ґрунту і генотипу на формування зеленої маси, цукристість стебел та господарську продуктивність культури в умовах недостатнього зволоження Степу.

Сорго цукрове як С4-культура поєднує посухо- і жаростійкість із високою здатністю нагромаджувати розчинні цукри. Завдяки помірним вимогам до живлення та адаптивності до різних ґрунтових умов культура є перспективною для зеленого конвеєра, сінажу та біоенергетичного напрямку (сироп, біоетанол, біогаз). На практиці використання сорго в регіоні стримується браком локально адаптованих технологічних рішень, що й зумовило закладання експерименту.

Таблиця 2

Схема експерименту (ФГ «ОЛЛА», Кам’янський р-н)

Показник	Значення
Тип досліду	Двофакторний, розщеплені ділянки (split-plot), 4 повторності
Місце проведення	ФГ «ОЛЛА», Кам’янський район, Дніпропетровська область
Попередник	Пшениця озима
Фактор А – технологія обробітку	А1 – відвальна оранка 25–27 см; А2 – нульовий обробіток (No-till)
Фактор В – генотип	В1 – сорт Довіста; В2 – гібрид Вітам
Строк сівби	I–II декада травня за t ґрунту ≥12–14 °С на глибині загортання
Спосіб/агрегати	Широкорядна сівба, міжряддя 70 см; А1 – СУПН-8; А2 – сівалка прямого висіву Gimetal
Норма висіву	160 тис. схожих насінин/га
Глибина загортання	6–8 см
Розмір ділянки, м	Посівна – 20×7,8 (156 м²); облікова – 20×5,6 (112 м²)
Кількість варіантів	4 комбінації (2×2) у кожній повторності
Загальна кількість ділянок	16 (4 варіанти × 4 повторності)
Сумарна площа	посівна ≈ 0,250 га; облікова ≈ 0,179 га

Таблиця 3

Основні агротехнічні операції за варіантами

Етап	А1 – полицева оранка	А2 – нульовий обробіток (No-till)
Осінь	Оранка плугом ПНО-3 на 25–27 см; збереження стерні на поверхні в міжряддях	Обприскування стерні гербіцидом суцільної дії (гліфосат; «Раундап Екстра» – за етикеткою); збереження мульчі
Весна (довсходовий)	Боронування БЗТ-1,0 у два сліди; культивація КПС-4 10–12 см; передпосівна 6–8 см; досходове боронування БЗС-1,0	За потреби – повторна хімічна десикація/контроль бур’янів; механічні обробітки не застосовують
Сівба	СУПН-8; міжряддя 70 см; глибина 6–8 см; норма 160 тис. насінин/га	Сівалка прямого висіву Gimetal; міжряддя 70 см; глибина 6–8 см; норма 160 тис. насінин/га
Догляд	Міжрядні культивації 3–5 разів за вегетацію (8–10 см) за появи бур’янів; страховий гербіцид у фазі 3–5 листків (доза за регламентом)	Хімічний контроль бур’янів у фазі 3–5 листків (доза за регламентом); механічних розпушувань не проводять
Збирання	КСК-600; перерахунок урожаю до стандартної вологості	КСК-600; перерахунок урожаю до стандартної вологості

Досліджувані генотипи

Довіста – вітчизняний гібрид сорго цукрового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, var. saccharatum), селекції ДУ «Інститут зернових культур» НААН (Синельниківська селекційно-дослідна станція). Внесений до Держреєстру України; у працях вказується реєстрація з 2008 р.

Морфолого-біологічні ознаки. Високорослий тип: середня висота 210–237 см; сходи темно-зелені з антоціановим відтінком; стебла соковиті. Волоть

симетрична, прямостояча, солом’яно-коричнева; зернівка жовто-коричнева, маса 1000 насінин 22,4–23,7 г (іноді наводять 22,4–22,7 г). На головному стеблі формується 15–17 листків. Кущистість 1,4–1,8 стебла на рослину.

Група стиглості та тривалість вегетації. За джерелами варіює від 115–120 діб (до зеленої маси 100–105 діб) до 130–140 діб до повної стиглості зерна – залежно від зони, технології та цільового використання (корм/переробка).

Вміст цукрів у соку. Типово 18–20 % у фазі воскової стиглості (за даними наукових публікацій); у стадії повної стиглості зерна часто фіксують 12,8–15,6 %. Така динаміка відповідає закономірному зниженню цукристості при перезріванні.

Господарсько-цінні показники. Зелена маса за виробничих/дослідних умов – орієнтовно 75–90 т/га, суха речовина 15–17 т/га; у низці джерел подають суху речовину 16 т/га і врожайність насіння 1,8 т/га. Енергетичний потенціал як біоенергетичної культури – до 816 ГДж/га у найсприятливіші роки/схеми.

Адаптивність і стійкість. Культура посухо- та жаростійка; Довіста стабільно придатний для Степу й Лісостепу. За матеріалами виробників/каталогів: висока загальна стійкість до хвороб (до 9 балів), середня стійкість до вилягання/осипання/посухи (бл. 5 балів).

Рекомендовані елементи технології. Оптимальна щільність стояння 190–230 тис. рослин/га у широкорядних посівах; у багатьох дослідах використовують міжряддя 45 см і норму висіву 10–12 насінин/м рядка (дає потрібну густоту за доброї польової схожості). Технологічно важливі ранні строки збирання на сік/сінаж – до помітного падіння цукристості.

Напрями використання. Кормова зелена маса та сінаж; сік для харчового сиропу, біоетанолу та біогазу. У наукових роботах Довіста посідає провідні позиції за виходом енергії й біопалива серед випробуваних генотипів.

Коротке резюме для практики. Довіста – високорослий, середньостиглий–середньопізній гібрид сорго цукрового української селекції. Сильні сторони: висока цукристість у технологічно правильний момент

збирання, значна врожайність зеленої маси, добра толерантність до стресів Степу, високий енергетичний вихід. Критично дотримуватися термінів збирання та цільової щільності, щоби «зняти» максимум цукрів і біомаси.

Вітам – вітчизняний гібрид сорго цукрового селекції ДУ «Інститут зернових культур» НААН. Унесений до інформаційно-довідкової системи «Сорт» УІЕСР; заявник і власник – ДУ «Інститут зернових культур».

Морфолого-біологічні ознаки. Волоть прямостояча, овальна, коричнева, не опушена (довжина приблизно 0,22–0,27 м). Листки ланцетоподібні, середньої величини (1,20×0,12 м). Зерно овальне, напівплівчасте, коричневе. Гібрид вирізняється швидким стартовим ростом.

Група стиглості. Середньостиглий тип; за умов Степу забезпечує достигання зеленої маси в межах стандартних строків для цукрового сорго.

Цукристість соку. Типово 15–20 %, за сприятливих умов і фазі воскової стиглості – до ~22 %.

Продуктивність.

– Потенційна врожайність зеленої маси – до ~120 т/га (за даними опису гібрида).

– У дослідах 2022–2023 рр. (умови Степу) за різних систем обробітку зелена маса становила близько 50,4–54,7 т/га.

Адаптивність і стійкість. Висока посухо- та жаростійкість; добра адаптивність до різних типів ґрунтів; низький вміст синильної кислоти в соку; інтенсивний початковий ріст допомагає пригнічувати бур’яни на старті.

Напрями використання. Зелена маса та сінаж; солодкий сік для харчового сиропу, біоетанолу, біогазу – типове призначення для сорго цукрового у вітчизняних технологіях.

Короткі технологічні нотатки (практика випробувань у Степу). Широкорядна сівба 70 см; норма висіву близько 160 тис. схожих насінин/га; глибина загортання 6–8 см; контроль бур’янів у фазі 3–5 листків; збирання у фазі, що забезпечує максимальну цукристість.

Методика обліків, спостережень і лабораторних визначень.

Фенологія – фіксували повні сходи, появу непарних листків, початок/масове викидання волоті, цвітіння, молочну та воскову стиглість (початок фази – 10 % рослин, повна – 75 %).

Густота стояння – підрахунок на квадратах 0,25 м² після сходів і перед збиранням; перерахунок до 1 га.

Висота рослин – вимір головного стебла перед збиранням у 5 рівновіддалених точках; середнє по варіанту.

Засміченість – кількісно-ваговий облік на площі 1 м² з перерахунком.

Агрохімія – нітратний азот колориметрично; рухомий фосфор та обмінний калій – за загальноприйнятими методиками; відбір у динаміці (до сівби, вихід у трубку/початок викидання).

Фізичні властивості ґрунту – щільність складання за кільцевими циліндрами з розрахунком запасів вологи; агрегатний склад – «сухе/мокре» просіювання; водотривкість агрегатів – класичними методами.

Вологість ґрунту – тензиметрично за ключовими фазами; НВ – методом заливних майданчиків.

Листкова поверхня, ФП та ЧПФ – розрахунки за прийнятими формулами на репрезентативних вибірках.

Структура врожаю – маса та частка стебла/листка/волоті(зерна), маса 1000 зерен – за стандартами.

Урожайність – збирання з облікової площі 10 м² (три рядки по 5 м), 4-разова повторність; перерахунок до стандартної вологості.

Економіка – собівартість, умовно чистий прибуток і рентабельність за фактичними технологічними картами.

Статистика – дисперсійний аналіз чинників А, В та їх взаємодії; $НІР_{05}$; ПЗ Excel, STATISTICA 10.0.

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Агрофізичний стан ґрунту за різних систем обробітку – динаміка щільності орного шару в посівах сорго цукрового

Узагальнення щільності складання ґрунту в посівах сорго цукрового є принциповим для пояснення відмін у старті рослин, розвитку кореневої системи та водопостачанні, адже наближення показників до верхньої межі оптимуму зменшує макропористість, ускладнює проникнення коренів і знижує інфільтрацію, тоді як надмірне розпушення погіршує капілярний підйом і стійкість до ущільнювальної дії дощів і техніки; тому порівняння оранки і прямої сівби в розрізі шарів 0–10, 10–20, 20–30 см та у дві календарні дати – на сівбу і на збирання – дозволяє оцінити як початковий стан, так і сезонну консолідацію профілю (табл. 4).

Таблиця 4

Вплив технологічних систем обробітку ґрунту на його щільність у посівах цукрового сорго, г/см³ (2025 р.)

Шар грунт, см	Оранка			Пряма сівба		
	строки визначення		середнє	строки визначення		середнє
	сівба	збирання		сівба	збирання	
0-10	1,07	1,14	1,12	1,25	1,32	1,28
10-20	1,20	1,25	1,22	1,34	1,37	1,36
20-30	1,23	1,27	1,25	1,38	1,44	1,41
0-30	1,17	1,23	1,20	1,32	1,38	1,35

За даними таблиці 4 оранка формує істотно нижчу початкову щільність у верхньому шарі: на сівбу 0–10 см мають 1,07 г/см³ проти 1,25 г/см³ за прямої сівби (різниця 0,18 г/см³, або близько 16,8 % у відносному вимірі), у шарі 10–20 см 1,20 проти 1,34 г/см³ (0,14 г/см³; 11,7 %), у 20–30 см 1,23 проти 1,38 г/см³ (0,15 г/см³; 12,2 %), що відображає ефект полицевого розпушення й інверсії пласта на відміну від мінімально порушеного, але щільнішого під мульчею ґрунту за прямої сівби; протягом вегетації відбувається закономірне зростання щільності в обох системах – унаслідок осідання структури, висихання та

колісного ущільнення, але масштаб цього приросту помірний: при оранці шар 0–10 см збільшується з 1,07 до 1,14 г/см³ (+0,07; 6,5 %), 10–20 см – з 1,20 до 1,25 г/см³ (+0,05; 4,2 %), 20–30 см – з 1,23 до 1,27 г/см³ (+0,04; 3,3 %), тоді як за прямої сівби відповідні прирости становлять +0,07 г/см³ у 0–10 см (1,25→1,32; ≈5,6 %), +0,03 г/см³ у 10–20 см (1,34→1,37; 2,2 %) і +0,06 г/см³ у 20–30 см (1,38→1,44; 4,3 %), що свідчить про схожі тенденції консолідації з дещо більшим накопиченням щільності в глибшому шарі при прямій сівбі; середні за сезон значення фіксують стабільну перевагу оранки за показником «менша щільність»: у 0–10 см 1,12 проти 1,28 г/см³ (різниця 0,16; 14,3 %), у 10–20 см 1,22 проти 1,36 г/см³ (0,14; 11,5 %), у 20–30 см 1,25 проти 1,41 г/см³ (0,16; 12,8 %), а за інтегральним шаром 0–30 см середня 1,20 г/см³ для оранки проти 1,35 г/см³ для прямої сівби (різниця 0,15 г/см³; 12,5 %); порівняння дат на збирання підтверджує збереження міжсистемного розриву: 1,14 проти 1,32 г/см³ у 0–10 см (15,8 %), 1,25 проти 1,37 у 10–20 см (9,6 %), 1,27 проти 1,44 у 20–30 см (13,4 %), що важливо для інтерпретації водного режиму наприкінці вегетації.

З агрофізичного погляду профіль після оранки характеризується більш пухким орним шаром, кращою початковою проникністю та меншою опором проникненню коренів у 0–20 см, тоді як пряма сівба демонструє вищу щільність у всіх шарах, особливо 20–30 см (1,41 у середньому і 1,44 г/см³ на збирання), що наближається до меж, за яких у важчих суглинках можуть зростати ризики обмеження коренеутворення і зниження швидкості інфільтрації; водночас слід урахувати, що для прямої сівби притаманні інші механізми вологозабезпечення – мульча, біопори від коренів і дощових червів, краща структурна водотривкість – які частково компенсують більшу щільність, особливо у багаторічному горизонті впровадження.

У підсумку експеримент показує, що технологічна система істотно модифікує щільність орного шару: оранка забезпечує статистично і практично значуще нижчі значення в 0–30 см на всіх етапах – що сприятливо для ранніх фаз росту сорго, формування дружних сходів і розгалуження кореневої

системи, тоді як пряма сівба супроводжується систематично вищою щільністю і більш вираженою консолідацією в підорному шарі 20–30 см, що може обмежувати коренепроникність у посушливі інтервали; з точки зору управління ризиками доцільно на прямій сівбі контролювати колійну систему руху техніки і працювати з біологічним «розпушенням» (глибококореневі покривні культури), а на оранці – уникати надмірного подрібнення і пересушування, щоб зберегти структурну стійкість і капілярність; для обох систем характерна невелика, але відчутна сезонна динаміка щільності (+0,06 г/см³ у середньому по 0–30 см), яка потребує врахування при плануванні термінів міжрядних обробітків, гербіцидних заходів і збирання, оскільки впливає на запаси продуктивної вологи, реакцію ґрунту на опади та потенціал живлення коренів у критичні періоди вегетації сорго цукрового.

3.2. Агрегатний склад ґрунту за різних систем обробітку – структурність орного шару в посівах сорго цукрового

Дослідження агрегатного складу є ключовим індикатором агрофізичного стану ґрунту, оскільки співвідношення фракцій >10 мм, 10,0–0,25 мм і <0,25 мм безпосередньо визначає водопроникність, повітряний режим, стійкість до змиву та утворення кірки, а також механічний опір для коренів; саме частка структурних агрегатів 10,0–0,25 мм і похідний від неї коефіцієнт структурності є критеріями «якісної» орної структури, тоді як надлишок пилоподібної фракції <0,25 мм вказує на деградаційні тенденції.

Наведені результати демонструють систематичну перевагу прямої сівби над оранкою за сукупністю структурних ознак у всіх горизонтах 0–30 см при майже повній збіжності контрольних сум фракцій (Σ 98,8–99,0 %), що свідчить про коректність балансів. У поверхневому шарі 0–10 см за оранки частка структурних агрегатів 10,0–0,25 мм становила 63,0 %, пилоподібної фракції – 17,2 %, тоді як за прямої сівби відповідно 67,7 % і 10,2 %, тобто перша зросла на 4,7 в.п., а друга зменшилася на 7,0 в.п.; коефіцієнт структурності зріс майже

у 1,8 раза – з 3,66 до 6,64 (+2,98), що означає істотно кращу агрегованість і менший ризик кіркоутворення у посівах прямої сівби.

У шарі 10–20 см тенденція зберігається та посилюється: 65,8 % проти 69,7 % для фракції 10,0–0,25 мм (+3,9 в.п. на користь прямої сівби) і 12,1 % проти 6,4 % для <0,25 мм (–5,7 в.п.), а коефіцієнт структурності подвоюється – з 5,44 до 10,89 (+5,45), що відбиває глибшу стабілізацію структури при мінімальному механічному порушенні.

Найбільші розбіжності фіксують у підорному горизонті 20–30 см: за оранки частка 10,0–0,25 мм становить 67,5 %, пилоподібної – 8,8 %, тоді як за прямої сівби відповідно 71,1 % і лише 3,8 %, тобто зростання структурної фракції на 3,6 в.п. супроводжується зменшенням пилу на 5,0 в.п.; за цих умов коефіцієнт структурності зростає з 7,67 до 18,71 (+11,04), тобто більш ніж у 2,4 раза, що є показником глибокої консолідації якісних агрегатів і ймовірного накопичення органо-мінеральних «зв’язок» у системі прямої сівби.

Таблиця 5

Вплив системи обробітку ґрунту на формування його агрегатного складу в агроценозі цукрового сорго, % (2025 р.)

Варіант	Шар ґрунту, см	Більше 10 мм	10,0–0,25 мм	Менше 0,25 мм	Σ фракцій, %	Коеф. струк-турності	Коеф. струк-турності	Різниця
Оранка	0–10	18,7	63,0	17,2	98,9	3,66	1,71	+1,95
	10–20	21,1	65,8	12,1	99,0	5,44	1,93	+3,51
	20–30	22,7	67,5	8,8	99,0	7,67	2,06	+5,61
Пряма сівба	0–10	21,1	67,7	10,2	99,0	6,64	2,08	+4,56
	10–20	22,7	69,7	6,4	98,8	10,89	2,32	+8,57
	20–30	24,1	71,1	3,8	99,0	18,71	2,46	+16,25

Паралельно у всіх шарах спостерігається дещо більша частка великих агрегатів >10 мм при прямій сівбі (21,1–24,1 % проти 18,7–22,7 % за оранки), однак за поєднання з різким зменшенням пилової фракції це відображає не грудкуватість, а скоріше стабільність і багатошаровість агрегатної маси, що працює як «каркас» для інфільтрації й газообміну.

Важливо відзначити й розбіжності між «наданими» та перерахованими значеннями коефіцієнта структурності: у всіх варіантах перерахунок за

формулою Кстр = (10,0–0,25 мм)/(<0,25 мм) дає вищі значення, ніж наведені раніше, на +1,95…+16,25 пункту, що може бути наслідком уточнення базису обчислень і округлень, але за суттю це лише підсилює головний висновок про перевагу прямої сівби.

Узагальнюючи, система прямої сівби формує більш сприятливий агрегатний стан у профілі 0–30 см – з вищою часткою конструктивних агрегатів 10,0–0,25 мм, мінімальним умістом пилової фракції та значно більшим коефіцієнтом структурності, що у поєднанні з мульчувальним покривом забезпечує кращу інфільтрацію, водотривкість і стійкість до ерозійних процесів; оранка, попри прийнятні значення у підорному шарі, поступається за структурною досконалістю, що в умовах посушливого сезону 2025 р. може проявлятися у швидшому виснаженні продуктивної вологи, гіршому протистоянні кіркоутворенню і меншій стабільності родючого горизонту під навантаженням техніки.

3.3. Зміна вологості ґрунту під впливом різних способів основного обробітку

Вологість орного та підорного шарів є базовим регулятором продукційних процесів сорго цукрового, оскільки визначає швидкість проростання, інтенсивність наростання листкової поверхні, провідність ксилеми та баланс між транспірацією і ґрунтовим випаровуванням; тому порівняння систем обробітку за профільними шарами дає можливість оцінити не лише стартові умови, а й сезонне виснаження запасів води.

За даними 2025 р. обидві технології демонструють подібну динаміку: у шарі 0–30 см вміст вологи зменшився з 21,4 до 16,9 % при оранці та з 21,0 до 16,5 % за прямої сівби, тобто на однакові 4,5 в.п., що відповідає орієнтовно 21,0–21,4 % відносного зниження від вихідного рівня; у шарі 0–50 см падіння становило 4,2 в.п. (21,3 → 17,1 %) для оранки та 4,1 в.п. (20,7 ‒ 16,6 %) для прямої сівби, що еквівалентно близько 19,7–19,8 % відносної втрати; у горизонті 50–100 см зміни мінімальні – лише −0,2 в.п. (14,1 ‒ 13,9 %) при

оранці та −0,1 в.п. (13,7 ‒ 13,6 %) за прямої сівби, тобто глибокі шари залишалися майже стаціонарними; інтегрально по 0–100 см профілю вологість знизилась на 2,2 в.п. (17,7 ‒ 15,5 %) при оранці та на 2,1 в.п. (17,2 ‒ 15,1 %) за прямої сівби, що відповідає близько 12,4 та 12,2 % відносного дефіциту відповідно.

Порівняння між системами в однакові календарні терміни показує стабільну, але невелику перевагу оранки за абсолютним вмістом води: на сівбу різниця становила +0,4 в.п. у 0–30 см (21,4 проти 21,0 %), +0,6 в.п. у 0–50 см (21,3 проти 20,7 %), +0,4 в.п. у 50–100 см (14,1 проти 13,7 %) та +0,5 в.п. для 0–100 см (17,7 проти 17,2 %); на збирання ця перевага збереглася на рівні +0,4 в.п. у 0–30 см (16,9 проти 16,5 %), +0,5 в.п. у 0–50 см (17,1 проти 16,6 %), +0,3 в.п. у 50–100 см (13,9 проти 13,6 %) і +0,4 в.п. по 0–100 см (15,5 проти 15,1 %).

Таблиця 6

Вологість ґрунту залежно від системи обробітку грунту 2025 р., %

Спосіб обробітку грунту	Шар грунту, см	Термін визначення	
		сівба	збирання
Оранка	0–30	21,4	16,9
	0–50	21,3	17,1
	50–100	14,1	13,9
	0–100	17,7	15,5
Пряма сівба	0–30	21,0	16,5
	0–50	20,7	16,6
	50–100	13,7	13,6
	0–100	17,2	15,1

Така картина узгоджується з профільним споживанням вологи кореневою системою сорго: основна частка відбору припала на верхні 50 см, де концентрується активна коренева маса та найвищі градієнти потенціалу води в пікові фази вегетації; водночас глибші горизонти слугували радше «буфером», який у посушливий сезон 2025 р. залишився майже незачепленим. Незважаючи на кращі структурні індикатори ґрунту за прямої сівби (нижча частка пилу <0,25 мм і вищий коефіцієнт структурності у 3.2), показники вологи свідчать, що в умовах аридного року вирішальну роль відігравали

атмосферний попит і транспіраційні витрати посіву: обидві системи втратили практично однакові обсяги вологи в орному шарі (−4,5 в.п.) і дуже близькі – в інтегральному профілі (−2,1…−2,2 в.п.).

Абсолютна перевага оранки в 0,3–0,6 в.п. упродовж сезону є невеликою й імовірно статистично межовою для польових вимірювань, однак відтворювана в усіх горизонтах; її можна пов’язати з відмінностями початкового розподілу води та мікрорельєфу насіннєвого ложа, тоді як мульча прямої сівби, попри структурні переваги, не забезпечила відчутного приросту запасів на фоні високого випаровувального навантаження.

Отже, за реалій 2025 р. системні відмінності в запасах води були мінімальними на тлі домінування погодного фактора; стратегічно це означає, що вибір системи обробітку доцільно робити з урахуванням сукупності ефектів – протиерозійної стійкості, структурної водотривкості й енергетичних витрат, тоді як для стабілізації вологості у фазах критичного водоспоживання сорго головну роль відіграватимуть прийоми вологозбереження (мульча, оптимізація щільності й міжрядь, мінімізація колій) і синхронізація строків сівби з «вікнами» опадів.

3.4. Забур’яненість посівів сорго цукрового – видовий склад, динаміка та ефективність гербіцидів за різних систем обробітку

Оцінювання чисельності та сирої маси бур’янів є визначальним для інтерпретації конкурентних взаємодій у посівах сорго цукрового, адже саме бур’яни першими «перехоплюють» світло, вологу й елементи живлення, формуючи стартовий дефіцит для культури; крім того, ефективність гербіцидного заходу істотно залежить від початкового складу угруповання, фази розвитку бур’янів і мікроклімату в посіві, який, своєю чергою, задається системою обробітку. За передпосівного обліку на оранці зафіксовано 8,0 шт/м² однорічних бур’янів із сирою масою 18,3 г/м² та 0,5 шт/м² багаторічних із 0,6 г/м²; сумарно це становить 8,5 шт/м² і 18,9 г/м². За прямої сівби стартове засмічення вище: 13 шт/м² однорічних із 30,8 г/м² та 2 шт/м² багаторічних із

0,13 г/м²; сумарно 15 шт/м² і 30,93 г/м², що на 76 % більше за кількістю і на 64 % за масою порівняно з оранкою.

Перехід від передпосівного стану до моменту внесення гербіциду супроводжувався новою «хвилею» проростання: на оранці чисельність зросла з 8,5 до 13 шт/м² (+52,9 %), маса – з 18,9 до 32,4 г/м² (+71,4 %); за прямої сівби відповідно з 15 до 18 шт/м² (+20,0 %) і з 30,93 до 39,6 г/м² (+28,0 %), що логічно відображає більш активну появу проростків у розпушеному орному шарі після передпосівного обробітку та дещо стриманіший, але вищий у абсолютних величинах фон засміченості під мульчею прямої сівби.

Після внесення гербіциду на обох системах отримано однакову чисельність бур'янів – 9 шт/м², тоді як сира маса знизилась до 12,2 г/м² на оранці і 11,9 г/м² на прямій сівбі; отже, відносна ефективність заходу за чисельністю становила 30,8 % (13 → 9) для оранки і 50,0 % (18 → 9) для прямої сівби, за сирою масою – 62,3 % (32,4 → 12,2) та 70,0 % (39,6 → 11,9) відповідно. Важливо, що попри вищий стартовий тиск бур'янів у системі прямої сівби, підсумкові показники після обробки практично зрівнялися між системами, причому середня маса «вижившого» бур'яну була подібною – близько 1,36 г/росл. на оранці і 1,32 г/росл. на прямій сівбі, що вказує на зіставиму життєздатність постгербіцидної фракції.

Отримана картина узгоджується з відомими особливостями: пряма сівба акумулює більше насіння у поверхневому шарі й формує тепліший, вологіший мікроклімат під мульчею, що підвищує вихід сходів однорічних видів, тоді як оранка провокує «сплеск» появи за рахунок розриву ґрунтового профілю й перенесення насіння на сприятливі глибини; однак якісно підібраний гербіцидний захід вирівнює фітосанітарний фон до порівнюваного рівня.

У підсумку, за умов 2025 р., система прямої сівби мала гірший стартовий стан за чисельністю і масою бур'янів, але забезпечила вищу відносну гербіцидну ефективність, що дозволило знизити післядіючу забур'яненість до рівня оранки; це підтверджує, що у прямій сівбі ключем до стабільного контролю є своєчасне внесення препарату у фазу найвищої чутливості

домінантних видів у поєднанні з мульчею і недопущенням «вікон» між хвилями появи, тоді як на оранці пріоритетом залишається розрив ланцюга наступних хвиль проростання через грамотну передпосівну і післясходову стратегію (табл. 7).

Таблиця 7

Зміна чисельності бур'янів під впливом агротехнічних прийомів у посівах цукрового сорго (2025 р.)

Спосіб обробітку грунту	Перед сівбою		Внесення гербіциду	
	малорічні	багаторічні	перед	після
Оранка	8/18,3	0,5/0,6	13/32,4	9/12,2
Пряма сівба	13/30,8	2/0,13	18/39,6	9/11,9

Примітка: чисельник – кількість бур'янів, шт/м^2;
знаменик – сира маса бур'янів, г/м^2.

Щоб доповнити інтерпретацію Таблиці 7 видовим складом, фіксували таку картину: у структурі засміченості домінували однорічні тонконогові (злакові) – мишій сизий (*Setaria pumila*) і мишій зелений (S. viridis), а також плоскуха звичайна (Echinochloa crus-galli), які формували основну хвилю сходів до внесення гербіциду, особливо за прямої сівби на фоні мульчі та вищої вологості посівного шару; серед однорічних широколистих найбільш поширеними були амброзія полинолиста (Ambrosia artemisiifolia), щириця звичайна (Amaranthus retroflexus), лобода біла (Chenopodium album), гірчак березковидний (Fallopia convolvulus) і локально спориш звичайний (Polygonum aviculare) та паслін чорний (Solanum nigrum), що активізувалися у теплі інтервали літа; до персистентних багаторічних тонконогових належали гумай/сорго алепське (Sorghum halepense) як ключовий конкурент у літній період та пирій повзучий (Elymus repens) осередково, які зберігалися завдяки підземним органам і потребували системних діючих речовин; серед багаторічних широколистих відзначалися берізка польова (Convolvulus arvensis) та осот рожевий (Cirsium arvense), що демонстрували післядію навіть

після обробки через регенерацію з кореневищ і коренепаростків; у підсумку гербіцид найбільш ефективно зменшував чисельність однорічних широколистих, тоді як пізні «хвилі» однорічних злакових та відновлення багаторічних видів вимагали або страхових заходів у вікно 3–5 листків сорго, або чітко спланованої післяжнивної й осінньої системної обробки для виснаження кореневищних запасів.

3.5. Морфометрія зеленої маси сорго цукрового за різних систем обробітку

Представлені дані відображають базові морфометричні детермінанти формування зеленої маси сорго цукрового – висоту стебла та кущистість – під дією системи обробітку та генотипу, що безпосередньо визначає площу асиміляційної поверхні, індекс стояння та потенціал акумуляції біомаси.

За оранки обидва генотипи демонструють вищі значення порівняно з прямою сівбою: у сорту Довіста висота зменшилася з 1,95 до 1,91 м (−0,04 м, −2,1 %), а кущистість – з 1,81 до 1,62 стебла/рослину (−0,19, −10,5 %); у гібриду Вітам висота знизилася з 2,10 до 2,03 м (−0,07 м, −3,3 %), кущистість – з 1,90 до 1,71 (−0,19, −10,0 %).

Таблиця 8

Зміни складу і структури зеленої маси цукрового сорго залежно від агротехнічних прийомів (2025 р.)

Спосіб обробітку грунту	Сорт, гібрид	Висота рослин, м	Кущистість
Оранка	Довіста	1,95	1,81
	Вітам	2,10	1,90
Пряма сівба	Довіста	1,91	1,62
	Вітам	2,03	1,71

Таким чином, перехід до прямої сівби супроводжується помірною редукцією висоти (2–3 %) і більш вираженим зменшенням кущистості (10 %), що узгоджується з вищою щільністю 0–30 см за прямої сівби та дещо

прохолоднішим посівним шаром на старті вегетації, які обмежують ініціацію бічних пагонів.

Між генотипами стабільно переважає Вітам: за оранки він вищий за Довісту на 0,15 м (2,10 проти 1,95 м, +7,7 %) і має більшу кущистість на 0,09 (1,90 проти 1,81, +5,0 %), за прямої сівби відповідні переваги становлять 0,12 м (2,03 проти 1,91 м, +6,3 %) та 0,09 (1,71 проти 1,62, +5,6 %). У середньому по системах обробітку Вітам формує більшу довжину стебла (2,07 проти 1,93 м) та дещо вищу кущистість (1,80 проти 1,72), що свідчить про його сильніший морфогенетичний потенціал у стресових умовах 2025 р.

Сукупно це означає: а) оранка створює дещо сприятливіші стартові умови для наростання вегетативної маси через менший механічний опір і швидше прогрівання орного шару; б) пряма сівба, попри структурні переваги профілю, потребує ретельної оптимізації густоти та строків сівби, щоб компенсувати зниження кущистості; в) генотипічний чинник лишається визначальним – Вітам зберігає перевагу за всіма ознаками в обох технологіях, що робить його більш надійним варіантом для отримання високого виходу зеленої маси.

3.6. Врожайність сорго цукрового в залежності від технології вирощування

Вивчення складу та структури зеленої маси сорго цукрового є критично важливим для оцінки кормової та енергетичної якості посіву, розрахунку виходу соку та цукрів, оптимізації строків заготівлі на сінаж/біоенергію й підбору генотипів і прийомів обробітку, оскільки саме співвідношення «волоті – листки – стебла» визначає частку фотосинтезуючих органів, силу «синку» та масу стебел як головного носія цукрів у сорго.

Отримані дані показують, що стеблова фракція домінує у всіх варіантах (77,4–79,6 %), а технологічна система насамперед змінює абсолютні маси компонентів. За оранки сумарна зелена маса у сорту Довіста становить 36,66 т/га, що на 4,48 т/га більше від прямої сівби (32,18 т/га) – різниця істотно

перевищує $НІР_{05}$ для фактора А по 0,45 т/га, тобто ефект системи обробітку статистично значущий; аналогічно у гібриду Вітам 54,62 проти 50,11 т/га (Δ = 4,51 т/га > 0,45), що підтверджує відтворюваність переваги оранки в обох генотипів.

Таблиця 9

Склад і структура зеленої маси цукрового сорго за різних агротехнічних прийомів (2025 р.)

Спосіб обробітку грунту	Сорт, гібрид	Волоті з зерном		Листки		Стебла		Всього, т/га
		т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га
Оранка	Довіста	3,85	10,5	4,42	12,1	28,39	77,4	36,66
	Вітам	5,85	10,7	6,09	11,2	42,68	78,1	54,62
Пряма сівба	Довіста	3,15	9,8	3,55	11,0	25,48	79,2	32,18
	Вітам	5,03	10,0	5,19	10,4	39,89	79,6	50,11
$НІР_{05,\ т/га}$ фактор А		0,25		0,25		0,45		0,45
фактор В		0,15		0,35		0,46		0,76
взаємодія АВ		0,32		0,45		0,75		0,77

Розклад за компонентами свідчить про систематичне зростання маси волотей, листків і стебел при оранці: у Довісти волоті 3,85 проти 3,15 т/га (0,70 > $НІР_{05}$_А = 0,25), листки 4,42 проти 3,55 т/га (0,87 > 0,25), стебла 28,39 проти 25,48 т/га (2,91 > 0,45); у Вітама відповідно 5,85 проти 5,03 т/га (0,82 > 0,25), 6,09 проти 5,19 т/га (Δ = 0,90 > 0,35) і 42,68 проти 39,89 т/га (2,79 > 0,46). Хоча за прямої сівби частка стебел у структурі дещо вища (наприклад, у Довісти 79,2 % проти 77,4 %, у Вітама 79,6 % проти 78,1 %), це супроводжується нижчими абсолютними масами всіх компонентів, отже загальний вихід біомаси та потенційний вихід соку/цукрів за прямої сівби зменшуються.

Генотипічний чинник виявився провідним: Вітам стабільно переважає Довісту за сумарною масою у межах кожної технології – за оранки 54,62 проти 36,66 т/га (приріст +17,96 т/га, що в 23,6 раза перевищує НІР05 для фактора В по «Всього» = 0,76 т/га), за прямої сівби 50,11 проти 32,18 т/га (+17,93 т/га > 0,76); компонентно це також чітко простежується: у Вітама маса волотей більша на 2,00 т/га за оранки та на 1,88 т/га за прямої сівби, листків – на 1,67 і

1,64 т/га, стебел – на 14,29 і 14,41 т/га відповідно, і всі ці різниці багаторазово перевищують $НІР_{05}$ для фактора В (0,15–0,46 т/га).

Структурні відсотки підтверджують, що перехід до прямої сівби дещо зсуває розподіл маси на користь стебел за рахунок волотей і листків (наприклад, у Довісти відсоток волотей знижується з 10,5 до 9,8 %, листків – з 12,1 до 11,0 %, тоді як стебел зростає з 77,4 до 79,2 %), що узгоджується з помірним зниженням кущистості й листкового індексу у цій системі та з вищою щільністю 0–30 см, зафіксованою у попередньому аналізі. Узагальнюючи, у посушливих умовах 2025 р. оранка забезпечила істотно більший вихід зеленої маси та кожного з її компонентів для обох генотипів, водночас Вітам продемонстрував значно вищий морфогенетичний і продукційний потенціал, що робить його базовим кандидатом для схем, орієнтованих на максимізацію стеблової маси й цукристості; пряма сівба, попри кращі показники структурності ґрунту, зсунула структуру врожаю у бік стебел, але не компенсувала втрату абсолютної маси, тому для досягнення цілей біоенергетичного напряму або високоякісного сінажу оптимальною виглядає комбінація оранки з гібридом Вітам, тоді як у стратегіях з прямою сівбою потрібні тонкі налаштування густоти, строків сівби та живлення, аби мінімізувати втрати за масою волотей і листків без шкоди для стеблового врожаю.

РОЗДІЛ 4
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ

Економічна ефективність – це інтегральна характеристика, що відображає здатність технології перетворювати виробничі ресурси на дохід і прибуток; її базові складові – валова вартість продукції як функція урожайності та ціни реалізації, виробничі витрати як сума всіх прямих і частини накладних витрат, собівартість 1 т як питомий показник витратності, умовно чистий прибуток як різниця між виручкою і витратами та рівень рентабельності як відносний індикатор окупності витрат.

Таблиця 10

Зміни економічної ефективності вирощування цукрового сорго залежно від агротехнічних прийомів

Спосіб обробітку грунту	Сорт, гібрид	Врожайність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівартість 1 тонни зерна	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Оранка	Довіста	36,66	43 992	17568,3	479,2	26 423,7	150,4
	Вітам	54,62	65 544	18836,2	344,8	46 707,8	248,0
Пряма сівба	Довіста	32,18	38 616	16236,1	504,5	22 379,9	137,8
	Вітам	50,11	60 132	17909,4	357,4	42 222,6	235,8

Наведені дані показують, що оранка забезпечує вищий економічний результат для обох генотипів за рахунок більшої урожайності при помірно вищих витратах – у Довісти 36,66 т/га проти 32,18 т/га за прямої сівби (приріст +4,48 т/га), у Вітама 54,62 проти 50,11 т/га (+4,51 т/га); це прямо транслюється у валову виручку за умовної ціни 1 200 грн/т: у Довісти 43 992 грн/га проти 38 616 грн/га (+5 376 грн/га), у Вітама 65 544 проти 60 132 грн/га (+5 412 грн/га). Витрати при цьому дещо вищі на оранці – для Довісти 17 568,3 грн/га проти 16 236,1 грн/га (+1 332,2 грн/га), для Вітама 18 836,2 проти 17 909,4 грн/га (+926,8 грн/га) – однак приріст виручки значно переважає приріст витрат, що

зумовлює істотну перевагу за прибутком: у Довісти 26 423,7 грн/га на оранці проти 22 379,9 грн/га на прямій сівбі (+4 043,8 грн/га), у Вітама 46 707,8 проти 42 222,6 грн/га (+4 485,2 грн/га). Питомі показники підтверджують кращу витратну ефективність оранки: собівартість 1 т знижується з 504,5 до 479,2 грн/т у Довісти (−25,3 грн/т) і з 357,4 до 344,8 грн/т у Вітама (−12,6 грн/т), а рівень рентабельності підвищується з 137,8 до 150,4 % у Довісти (+12,6 в.п.) і з 235,8 до 248,0 % у Вітама (+12,2 в.п.).

Порівняння генотипів у межах кожної системи однозначно свідчить на користь Вітама – він формує вищий валовий збір і, попри трохи більші витрати, має значно нижчу собівартість завдяки кращій урожайності: за оранки 54,62 т/га проти 36,66 т/га у Довісти (+17,96 т/га) при різниці витрат +1 267,9 грн/га, що дає приріст прибутку +20 284,1 грн/га і зростання рентабельності з 150,4 до 248,0 %; за прямої сівби 50,11 проти 32,18 т/га (+17,93 т/га) при +1 673,3 грн/га витрат, що забезпечує +19 842,7 грн/га до прибутку і підвищення рентабельності з 137,8 до 235,8 %.

У термінах порогу беззбитковості мінімальна ціна покриття дорівнює собівартості – отже, запас міцності за ціною на оранці для Довісти становить 479,2 грн/т, для Вітама 344,8 грн/т, тоді як за прямої сівби відповідно 504,5 і 357,4 грн/т; чим нижчий цей поріг, тим стійкіша модель до коливань ринку.

Сукупно таблиця демонструє, що вирішальними чинниками економічної переваги є генотип і урожайність, а технологічний ефект оранки проявляється через стабільно вищу виручку при лише незначно більших витратах – найбільш економічно ефективною комбінацією у 2025 р. є оранка + Вітам із максимальним прибутком 46 707,8 грн/га та рентабельністю 248,0 %, тоді як пряма сівба поступається за всіма підсумковими показниками і потребує тонкого налаштування густоти, строків сівби, живлення та захисту, аби наблизити витратну ефективність до рівня, забезпеченого кращим генотипом і більшою урожайністю.

РОЗДІЛ 5
ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Дослідження стану охорони праці в фермерському господарстві

Організація охорони праці в фермерському господарстві «ОЛЛА» Кам'янського району Дніпропетровської області базується на основі положень з охорони праці в Україні, які встановлені і регламентується «Конституцією України, Кодексом законів про працю, Законом України» «Про охорону праці», а також розробленими на їх основі відповідними нормативними актами, та іншими джерелами інформації [6].

За стан охорони праці відповідає керівник – директор фермерського господарства «ОЛЛА»», який в межах службової компетенції та посадових обов'язків діє згідно «Постанови Верховної Ради України, Кабінету Міністрів України з питань охорони праці, додержуючись вимог закону «Про охорону праці» та інших нормативних актів» [6].

У відповідності з «Типовим положенням про навчання та перевірку знань з питань охорони праці в господарстві встановлено порядок і види навчання з охорони праці робітників. Своєчасність навчання з охорони праці контролює керівник господарства» [6].

В фермерському господарстві «ОЛЛА»» головний агроном виконує обов'язки фахівця з охорони праці за сумісництвом. В його обов'язки входить «проведення вступного інструктажу з особами, які оформляються на роботу» [6]. Проходження працівниками інструктажу відмічається в «журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці» [6].

5.2. Аналіз виробничого травматизму в фермерському господарстві

При підготовці кваліфікаційної роботи та виконання індивідуального завдання з аналізу виробничого травматизму в господарстві «ОЛЛА»» було зафіксовано один нещасний випадок за період 2024–2025 рр. Аналіз було виконано на підставі «Річного звіту про нещасні випадки на виробництві»

Для аналізу виробничого травматизму в господарстві було застосовано стандартний статистичний метод за останні два роки. За останні два роки кількість працівників була незмінною, а саме: 15 чоловік. Один випадок виробничого травматизму було зафіксовано в 2022 році (табл. 7).

Коефіцієнт частоти травматизму:

$$К_{чт} = \frac{Т}{Р} \times 1000 = \frac{1}{15} \times 1000 = 43{,}5$$

де Т – кількість нещасних випадків;
Р – кількість працівників;
1000 – перерахування на 1000 працівників.

Коефіцієнт важкості травматизму:

$$К_{вт} = \frac{Д}{Т} = \frac{12}{1} = 12$$

де Д – кількість непрацездатних днів.

Коефіцієнт втрати робочого часі:

$$К_{чт} = \frac{Д}{Р} \times 1000 = \frac{14}{20} \times 1000 = 277$$

Таблиця 7

Аналіз нещасних випадків та виробничого травматизму в фермерському господарстві

Показники травматизму	2024 рік	2025 рік
Кількість працюючих людей	14	14
Кількість нещасних випадків	1	–
Кількість днів непрацездатності, діб		–
- від травматизму	15	–
- від захворювання		–
Втрати, тис. грн:		–
- від травматизму	2,5	–
- від захворювання		–
Коефіцієнт травматизму	43,5	–
Коефіцієнт важкості травматизму	12	–
Коефіцієнт втрати робочого часу	277	–

При розрахунках виробничого травматизму використовували статистичний метод в фермерському господарстві за останні 2 роки. Згідно цьому, маючи кількість працівників за 2 роки, відповідно: 2024 р. – 14, 2025 р. – 14 людина та один нещасний випадок у 2024 році розрахуємо та занесемо в таблицю наступні дані.

В результаті аналізу виробничого травматизму в господарстві було встановлено, що працювало в 2024–2025 році 14 працівник, в 2024 році стався один нещасний випадок з 1 працівником.

5.3. Вимоги охорони праці під час роботи з пестицидами

Усі роботи, пов’язані зі змішуванням і заправкою робочих розчинів, необхідно проводити на спеціально обладнаному майданчику з твердим покриттям, який має систему збору та локалізації можливих розливів. Поверхня майданчика повинна бути оснащена бортиками, жолобом або іншим обмежувачем, здатним утримати об’єм найбільшої ємності з додатковим запасом не менше 10%. Майданчик слід розміщувати на безпечній відстані від відкритих водойм, колодязів, дренажних систем та водостоків, при цьому не допускається відведення стоків безпосередньо у яр чи каналізацію. Заборонено облаштовувати місце для приготування робочих розчинів у зонах, де пролиті рідини можуть потрапити у воду або водозбірні системи. За необхідності формують тимчасові земляні валики або встановлюють переносні бар’єри, щоб спрямувати можливий потік і забезпечити його збір у піддон чи резервуар. Водозабірні шланги повинні бути обладнані гідророзривом або антисифонним клапаном, що запобігає «зворотному підсосу» і потраплянню робочого розчину у джерело води.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) і допуск до робіт**.** До робіт допускаються лише навчені працівники після медогляду, інструктажу та перевірки знань з ОП і безпечного поводження з ЗЗР. Перед відкриванням будь-якої тари оператор повинен повністю одягнути ЗІЗ, зазначені в етикетці та паспорті безпеки (SDS) конкретного препарату. Базовий комплект:

хімічностійкі рукавиці (нітрил/бутил/ПВХ), фартух або комбінезон із хімзахисним покриттям (рекомендовано із нагрудником), захисні окуляри або лицьовий щиток, закрите взуття. Для робіт з пилом і аерозолями - фільтрувальний респіратор класу Р2/Р3; для парів органічних розчинників - картриджі типу А/В (або інші згідно SDS). Для тривалого переливання чи роботи з агресивними формуляціями доцільні нарукавники. ЗІЗ обліковують персонально, зберігають окремо від побутового одягу, перуть/деконтамінують централізовано; прати вдома заборонено.

Відкривання й підготовка тари**.** Тару розкривають на рівній стійкій поверхні гострим ножем/різаком, не розриваючи упаковку «на вазі». Ємності розміщують так, щоб після зриву пломби рідина не могла самовільно витекти. Під час відкривання порошкових форм не нахиляються над горловиною, щоб не вдихати пил. Кожне відкриття/дозування одразу завершують щільним закручуванням кришки.

Переміщення, переливання та заправка**.** Під час перенесення та переливу ємність утримують нижче рівня обличчя; працюють з підвітряного боку, аби потік повітря відносив можливі бризки від оператора. Сифонування ротом суворо заборонене. Шлангові з’єднання - герметичні, справні; ковпачки і пробки тримають зачиненими, ємності не залишають без нагляду. Будь-який пролив одразу локалізують сорбентом, збирають у промарковану тару для утилізації. Якщо розчин потрапив на одяг або шкіру - забруднений одяг негайно зняти, шкіру промити водою з милом, ЗІЗ замінити чистими.

Сумісність препаратів і «банковий тест»**.** Перед приготуванням бакових сумішей обов’язково звіряють сумісність за етикетками/рекомендаціями виробників і виконують пробне змішування в невеликій посудині з тією ж водою. Ознаки несумісності: інтенсивне піноутворення, «зварювання» у гель/пластівці, випадіння осаду, нагрівання баночки. За таких проявів суміш застосовувати не можна. Навіть за відсутності видимих реакцій нову комбінацію вперше випробовують на невеликій площі поля.

Порядок завантаження компонентів і підготовка робочого розчину**.** Щоби уникнути осаду і піни, дотримуються сталої послідовності внесення у бак з частковою порцією води та ввімкненою мішалкою: змочувані порошки (WP), водорозчинні гранули/сухі концентрати (WG/DF); суспензійні концентрати (SC/CS/FS); водорозчинні концентрати (SL); емульсійні концентрати (EC/SE);**т**ад'юванти/ПАР і мікродобрива - останніми.

Воду доливають поступово, підтримуючи рекомендований виробником діапазон pH та жорсткості (за потреби застосовують кондиціонери води). Сухі форми засипають при працюючій мішалці, уникаючи пиління.

Умови внесення, контроль знесення та санітарні відстані. Обробіток виконують за сприятливої погоди: швидкість вітру орієнтовно 2–4 (до 5) м/с без термічної інверсії, температура бажано нижча за +25…+28 °C, відносна вологість понад 40%. Для мінімізації знесення обирають форсунки з крупною–дуже крупною краплею, витримують висоту штанги ~50 см над ціллю, робочу швидкість 6–12 км/год і тиск у межах рекомендацій виробника. Біля водойм, пасік, житлових зон - дотримуються санітарно-захисних відстаней, крайні секції штанги відключають завчасно. За посилення вітру, появи інверсії чи загрози опадів роботи припиняють.

Перебування на оброблених площах, передзбиральні інтервали. Сторонні особи та тварини не допускаються в зону внесення. Після обробітку встановлюють попереджувальні знаки/стрічку. Повторний вхід (REI) - не раніше строку, зазначеного на етикетці; якщо строк не визначено, - після повного висихання робочого розчину і в базових ЗІЗ. Передзбиральний інтервал (PHI) витримують у відповідності до інструкцій препарату.

Огляди, калібрування і технічне обслуговування. Перед сезоном і періодично впродовж нього перевіряють насос, мішалку, фільтри, шланги, арматуру, стан форсунок. Рівномірність подачі по штанзі - у допуску (відхилення не більше 5–10% між форсунками). Норму виливу розраховують з урахуванням швидкості руху, міжфорсуночної відстані і витрати форсунки;

фактичні параметри фіксують у журналі. Будь-які регулювання/прочищення виконують тільки після повного зняття тиску і зупинки агрегату; наконечники і фільтри чистять не голими руками, а щітками.

Безпечне застосування і поведінка оператора. Під час роботи дотримуються правил особистої гігієни: не палять, не вживають їжу/воду в зоні хімробіт, після зміни миють руки і обличчя, приймають душ. За слабкого вітру або штилю уникати перебування у тумані/аерозолі; якщо робота поза кабіною - підсилити захист: щиток, респіратор, нарукавники, фартух, чоботи. При кожній зупинці перед регулюванням - вимкнути подачу, стравити тиск, перекрити головний клапан.

Порожня тара, залишки та відходи. Порожня тара залишається небезпечною: навіть тонка плівка препарату на стінках становить ризик. Якщо етикетка дозволяє - виконують потрійне промивання: злити залишок у бак; налити 10–20% води, збовтати, злити промивну воду в бак; повторити ще двічі; промарковану як «вимито» тару тимчасово зберігати окремо і передавати ліцензованому утилізатору або на програму повернення виробнику/дилеру.

Тара, що не підлягає миттю (зазначено на етикетці), максимально осушується (струшування/постукування) і повертається постачальнику або передається на утилізацію згідно законодавства. Повторне побутове використання тари заборонене. Залишки робочого розчину використовують на сумісних ділянках у межах норми; злив у ґрунт, канави чи водойми - заборонений.

Аварійні ситуації, перша допомога і повідомлення. На майданчику обов’язково є комплект для ліквідації розливів (сорбент, лопати, мітли, мішки), умивальник/душ-очиствувач для очей, аптечка, засоби зв’язку і вогнегасник. У разі розливу - зупинити роботу, обмежити зону, засипати сорбентом, зібрати відходи у марковану тару, забруднений інвентар/покриття промити; не допустити стоку в водозбір. При потраплянні на шкіру - зняти забруднений одяг, промивати водою з милом не менше 15 хв; в очі - промивати проточною водою/в душі-очиствувачі 15 хв; при вдиханні - винести на свіже

повітря; при ковтанні - діяти за SDS і терміново звернутися по медичну допомогу (з етикеткою препарату). Кожен інцидент реєструють і розслідують із визначенням кореневих причин та запобіжних заходів.

Транспортування та логістика. Перевезення ЗЗР виконують у закритій, промаркованій тарі з фіксацією вантажу. У випадках перевезень дорогами загального користування дотримуються вимог щодо супровідних документів, маркування небезпечного вантажу та допусків водіїв. Шланги/трубопроводи під час перекачування тримають вище рівня робочого розчину, щоб виключити зворотний підсос у джерело води.

Документування і контроль. Кожну операцію фіксують у журналі: дата, поле/культура, препарат і діюча речовина, норми і витрата води, тип форсунок/тиск/швидкість, метеоумови, ПІБ оператора, використані ЗІЗ, обсяг і спосіб поводження з тарою/відходами. Внутрішні перевірки дотримання процедур проводять на початку сезону та після кожної позаштатної ситуації; виявлені відхилення усувають з обов’язковим повторним інструктажем.

5.4. Заходи з покращення стану охорони праці в фермерському господарстві

Охорона праці у фермерському господарстві є невід’ємною частиною системи управління виробництвом, адже саме вона визначає безпечність технологічних процесів, знижує частоту травматизму, втрат робочого часу та непрямих витрат, а також підвищує стійкість урожайності в умовах сезонних піків навантаження. Для сільського господарства характерні поєднання механічних, хімічних, фізичних, біологічних і ергономічних ризиків: робота з машинами і знаряддями, пересування транспортних засобів, контакт із пестицидами та мінеральними добривами, зберігання й переміщення зерна, пил, шум, вібрація, гарячі поверхні, роботи на висоті, а також вплив температурних екстремумів. Враховуючи це, ефективні заходи мають охоплювати рівень системи управління, підготовку персоналу, технічний стан

обладнання, безпечну організацію робочих місць, контроль небезпечних речовин, готовність до надзвичайних ситуацій і постійний аудит.

Першочерговим є впровадження дієвої системи управління охороною праці за процесним підходом (у логіці ISO 45001) з чітким розподілом відповідальності, річною програмою заходів і бюджетуванням. На рівні господарства доцільно призначити відповідального за охорону праці, затвердити політику, сформувати реєстр небезпек та оцінку ризиків для кожної операції (польові роботи, сервіс техніки, робота на токах і в зерносховищах, хімсклади, гаражі), визначити керувальні дії й індикатори ефективності (частота травм із втратою працездатності, кількість небезпечних подій і «майже-інцидентів», виконання навчань, відсоток закритих зауважень аудитів). Розслідування інцидентів необхідно проводити за причинно-наслідковою логікою із фокусом на усунення кореневих причин, а не лише на дисциплінарні заходи.

Професійне навчання та інструктажі мають бути багаторівневими: вступний і первинний на робочому місці, повторні сезонні інструктажі перед посівною й жнивами, щотижневі «п’ятихвилинки безпеки» в бригадах, спеціалізована підготовка для трактористів-машиністів, комбайнерів, навантажувальників, електромонтерів, обліковців токів, а також окрема сертифікація для осіб, що працюють із засобами захисту рослин. Вкрай важливо навчити ЛОТО-процедурам (lockout/tagout) під час обслуговування машин, правилам роботи в замкнених просторах (ємності, бункери, силоси), прийомам надання першої допомоги та протипожежній тактиці. Навчальні матеріали, схеми евакуації, інструкції з роботи й засобів індивідуального захисту повинні бути доступними, актуальними та розміщеними безпосередньо в місцях виконання робіт.

Технічна безпека машинно-тракторного парку базується на профілактичному обслуговуванні та щозмінних оглядах із чек-листами: справність гальм, кермового керування, світлотехніки, блокувань та огороджень, відсутність витоків пального і гідравліки, наявність і цілісність

кожухів ВВП і карданних валів. На всіх тракторах і самохідних машинах мають бути ROPS/кабіни і ремені безпеки, на причіпних знаряддях штатні шплінти й страхувальні ланцюги, на рухомих механізмах огородження і таблички попередження. Окремої уваги потребують безпечне агрегатування та буксирування, заборона перебування людей між агрегатами під час зчеплення, а також заборона ремонтів під піднятим навісним обладнанням без механічних упорів.

Організація руху транспорту й пішоходів на території господарства передбачає схему руху, розділення потоків, обмеження швидкості, дзеркала і знаки огляду на перехрестях, маркування проходів у цехах і на токах, штатні місця завантаження-розвантаження з протикотними упорами. Для навантажувачів і автонавантажувачів обов’язкові підготовка операторів, щозмінні огляди, сигнал заднього ходу й освітлення; зона роботи огороджується, сторонніх не допускають.

Безпечна робота з пестицидами і добривами вимагає окремого вентильованого складу зі вторинним піддоном, інвентаризації і журналу видачі, наявності паспортів безпеки, чітких етикеток і знаків небезпеки. Місце приготування робочих розчинів обладнується водонепроникним майданчиком, набором для локалізації розливів, душем/мийкою очей, контейнерами для тари та ЗІЗ. Обов’язкові фільтрувальні респіратори класу не нижче P2/P3, захисні окуляри/щитки, нітрилові рукавиці, костюми-халати, гумові чоботи; персонал проходить навчання щодо періодів безпечного входу (re-entry), буферних зон і метеовікон, калібрування обприскувача й утилізації промивних вод. Добрива з ризиком корозії або виділення газів зберігаються окремо; при роботі з аміачною селітрою, КАС та іншими агресивними продуктами - додаткові засоби захисту і заборона змішування несумісних речовин.

Пилогазонебезпечні роботи в зерносховищах і на токах організовуються за правилами вибухопожежної безпеки: регулярне прибирання пилу, заземлення та вирівнювання потенціалів, заборона «гарячих робіт» без наряду-

допуску, наявність і обслуговування іскрогасників, використання іскробезпечного інструменту. Вхід у бункери/силоси лише за нарядом із газоаналізом (вміст кисню, CO_2), зі страхувальним спорядженням, верхньою страховкою і спостерігачем, із повною зупинкою і LOTO всіх механізмів подачі/вивантаження.

Електробезпека забезпечується справними заземленнями, використанням ПЗВ/УЗО у вологих приміщеннях, періодичними вимірами опору ізоляції та петлі «фаза-нуль», забороною саморобних подовжувачів та експлуатації кабелів із пошкодженою ізоляцією. Пожежна безпека включає категорування приміщень, оснащення вогнегасниками відповідних типів і калібрів, їх щоквартальні огляди, інструктажі з евакуації і навчальні тривоги двічі на рік, рознесене зберігання пального, заправлення лише на відведених майданчиках із антистатичним захистом і заборону паління поза спеціально обладнаними місцями.

Управління мікрокліматом і ергономікою потребує регламентації тривалості змін у спеку й холод, забезпечення водою та тіньовими зонами, планування перерв, використання протишумових навушників і антивібраційних рукавиць на гучних/вібронебезпечних машинах, механізації ручних підйомів, гнучкого планування режиму робіт, щоби мінімізувати втому, а також медоглядів із акцентом на слух, дихальну систему, опорно-руховий апарат і вакцинацію від правця

Система засобів індивідуального захисту повинна бути стандартизованою, з видачею під розпис, картами підбору розмірів, графіком заміни фільтрів і миттєвою заміною пошкоджених ЗІЗ. На робочих місцях – аптечки, носилки, укомплектовані шафи для ЗІЗ, станції для промивання очей, доступ до питної води і санітарних вузлів. План реагування на НС має містити перелік ризикових сценаріїв (пожежа, розлив хімікатів, травма з кровотечею, ураження струмом, тепловий удар), порядок дій, схеми оповіщення, контакти служб, точки збору і призначених відповідальних; не рідше двох разів на рік проводяться тренування.

Для підвищення дисципліни і прозорості потрібні стандартизовані форми: щоденні чек-листи стану техніки, журнали інструктажів і нарядів-допусків, акти перевірок, карти ризиків на ділянках, плани-схеми евакуації, маршрутні карти руху техніки, записи про видачу ЗІЗ і пестицидів, карти калібрування обприскувачів і протоколи розслідувань інцидентів. Результати внутрішніх аудитів і спостережень за небезпечними ситуаціями обговорюються щомісяця на нарадах з ухваленням коригувальних дій із відповідальними та термінами.

Практична дорожня карта для господарства може виглядати так: протягом перших 30 днів базовий аудит умов праці, оновлення реєстру ризиків, перевірка і доукомплектація ЗІЗ, відновлення огороджень; до 60-го дня повний цикл навчання основних категорій працівників, відпрацювання пожежних і перших домедичних дій; до 90-го дня впровадження чек-листів, графіка ТО безпечного стану, системи реєстрації «інцидентів» і щомісячних міні-аудитів на місцях. Далі система підтримується через квартальні огляди техніки, сезонні інструктажі та щорічний перегляд ризиків і політик.

ВИСНОВКИ

Агроклімат 2025 р. у Кам’янському районі був термічно сприятливим для С4-культури та водночас аридним: дефіцит опадів у червні–липні й дуже сухий вересень обмежували наростання біомаси та соковитість стебел. Це сформувало головний ліміт продуктивності – вологу, тоді як теплозабезпечення було достатнім для повної реалізації потенціалу сорго цукрового.

Система обробітку істотно змінювала щільність орного шару: оранка знизила середню ρ у 0–30 см приблизно на 0,15 г/см³ порівняно з прямою сівбою, що поліпшувало старт кореневої системи та дружність сходів; при прямій сівбі найщільнішим залишався шар 20–30 см, де значення наближались до меж потенційного обмеження коренеутворення у важчих суглинках.

Агрегатний склад був кращим за прямої сівби: частка структурних агрегатів 10,0–0,25 мм у всіх шарах була на 3,6–4,7 в.п. більшою, пилової фракції <0,25 мм – на 5,0–7,0 в.п. меншою, коефіцієнт структурності зростав у 1,8–2,4 раза. Це вказує на вищу водотривкість та протиерозійну стійкість профілю на No-till.

Динаміка вологи впродовж сезону у двох системах була подібною: у 0–30 см втрата становила 4,5 в.п. для обох; за інтегралом 0–100 см – близько 2,1–2,2 в.п. Абсолютні значення вологи при оранці були на 0,3–0,6 в.п. вищими у ті самі терміни, але ця перевага невелика та не визначальна на фоні погодного чинника.

Забур’яненість перед сівбою була більшою за прямої сівби, але після застосування гербіциду підсумкові показники між системами вирівнялись. Домінували однорічні тонконогові – мишій сизий і зелений, плоскуха звичайна – та однорічні широколисті – амброзія полинолиста, щириця звичайна, лобода біла; серед багаторічних відзначали гумай та пирій повзучий, берізку польову й осот рожевий.

Морфометрія відгукнулася на технологію: пряма сівба зумовила зниження висоти на 2–3 % і кущистості приблизно на 10 % щодо оранки. Генотипічно стабільно переважав Вітам – вищі рослини та більша кущистість у межах кожної системи.

Урожайність і економіка однозначно на користь комбінації оранка + Вітам: зелена маса 54,62 т/га й максимальний прибуток 46 707,8 грн/га при рентабельності 248,0 %. Оранка підвищувала збір біомаси у Довісти й Вітама на 4,5 т/га порівняно з прямою сівбою; Вітам перевищував Довісту на 18 т/га незалежно від системи. Собівартість була мінімальною у Вітама – 344,8–357,4 грн/т, що підвищувало цінову стійкість виробництва.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для підтримання та підвищення родючості чорноземних ґрунтів у Дніпровському районі Дніпропетровської області, збільшення виробництва продуктів тваринництва, поповнення раціону тварин цукрами та протеїнами, а також отримання високих урожаїв цукрового сорго рекомендується:

- застосовувати полицевий обробіток ґрунту з метою покращення його агрофізичних властивостей та підвищення біологічної активності;
- впроваджувати у виробництво високоврожайний і рентабельний гібрид цукрового сорго «Вітам»;
- для стабілізації врожайності сорго на ерозійно небезпечних ділянках застосовувати нульовий обробіток ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алдошин А. В., Самойленко А. Т., Федоренко Е. М., Яланський А. В., Черенкова Т. П. Особливості насінництва соргових культур. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2013. № 5. URL: http://www.institutzerna.com/library/pdf5/23.pdf

2. Бабич А. О. Методика проведення дослідів по кормовиробництву. Київ: Аграрна наука, 1994. 78 с.

3. Бєлоусов А. О., Бушулян О. В., Вареник Б. Ф., Гамандій В. Л. та ін. Каталог сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса, 2015. 173 с.

4. Біокомплекс БТУ універсальний. БТУ-Центр. URL: https://btu-center.com/ru/dlya-sadu-ta-gorodu/b-okompleksi/biokompleks-btuuniversalnyy

5. Вербняк А. А., Ганженко О. М., Смірних В. М. Сорго цукрове – перспективна біоенергетична культура в умовах недостатнього зволоження східного Лісостепу України. Цукрові буряки. 2016. № 4. С. 9–10. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb_2016_4_4

6. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ: Держ. комісія України з випробування та охорони сортів рослин, 2000.

7. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці. 2-ге вид. Київ: Каравела, 2004. 408 с.

8. Ганженко О. М., Григоренко Н. О., Хіврич О. Б., Марчук О. О., Герасименко Л. А. Вплив сортових особливостей та мінерального живлення на урожайність і вуглеводний склад цукрового сорго. Цукрові буряки. 2011. № 5. С. 14–15. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb_2011_5_5

9. Герасименко Л. А. Вплив густоти стояння рослин на ріст, розвиток та врожайність сорго цукрового. Агробіологія. 2011. № 6. С. 48–50.

10. Герасименко Л. А. Ріст та розвиток рослин сорго цукрового різних строків сівби та глибини загортання насіння в умовах центрального Лісостепу

України. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2013. № 1. С. 76–78.

11. Герасименко Л. А., Федорук Ю. В. Вплив густоти стояння рослин на фотосинтетичну продуктивність агрофітоценозів сорго цукрового. Наукові доповіді НУБіП України. 2017. № 3. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2017_3_12

12. Грабовський М. Б. Агротехнологічне обґрунтування вирощування кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу: автореф. дис. д-ра с.-г. наук. Дніпро, 2019. 40 с.

13. Грабовський М. Б. Формування продуктивності сорго цукрового як біоенергетичної культури залежно від рівня мінерального живлення. Таврійський науковий вісник. 2018. № 99. С. 30–39.

14. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О., Козак Л. А. та ін. Формування продуктивності сорго цукрового під впливом строків сівби. Ukrainian Journal of Ecology. 2017. 7(4). С. 500–505.

15. Гринюк І. П. Фотосинтетична продуктивність соргових культур у Правобережному Лісостепу України. Наук. вісник НУБіП України. Серія «Агрономія». 2013. Вип. 183(2). С. 104–109. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2013_183(2)__20

16. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин та ґрунтів. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2003. 320 с.

17. Гунчак Т. І. Особливості вирощування сорго цукрового як сировини для біопалива в умовах південно-західного Лісостепу України. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2014. Вип. 21. С. 240–244.

18. Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua

19. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2023 рік. URL: https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin

20. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті STATISTICA 6: метод. вказівки. Київ, 2007. 55 с.

21. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 332 с.

22. Каленська С. М., Гринюк І. П. Особливості росту і розвитку рослин сорго залежно від видових, сортових особливостей та удобрення в Правобережному Лісостепу України. Наук. праці ІБКіЦБ. 2013. Вип. 17(1). С. 359–362. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2013_17(1)__85

23. Коваленко О. А., Чернова А. В. Вплив норм висіву, біопрепаратів і мікродобрив на висоту рослин сортів і гібридів сорго цукрового на півдні України. Таврійський науковий вісник. 2018. Вип. 101. С. 54–62.

24. Коваленко О. А., Чернова А. В., Моспаненко Т. О. Сорго цукрове та його перспективи для зони Південного Степу України. Матеріали конф., 4–5 грудня 2014 р. URL: http://econf.at.ua/publ/…/10-1-0-156

25. Ковальчук В. П., Григоренко Н. О., Костенко О. І. Цукрове сорго – цукровмісна сировина та потенційне джерело енергії. Цукрові буряки. 2009. № 6. С. 6–7.

26. Коновал Ю. О., Харгелія Д. Д., Карпутіна М. В. Цукрове сорго як альтернативна сировина для виробництва спирту. Одеса, 3–4 червня 2016 р. С. 68–70.

27. Кононенко М. П. Техніко-технологічні напрями підвищення ефективності виробництва продукції рослинництва. Економіка АПК. 2008. № 8. С. 67–74.

28. Костиря І. В., Остапенко С. М., Бондаренко Н. С., Солоний П. В. Взаємозалежність морфологічних і біометричних ознак у кормових гібридів цукрового сорго. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2011. № 40. С. 52–56. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2011_40_14

29. Красненков С. В. Сравнительная продуктивность сорго и кукурузы в условиях недостаточного увлажнения северной степи Украины. Кукуруза и сорго. 1999. № 2. С. 13–16.

30. Курило В. Л. Продуктивність сорго цукрового залежно від сортових особливостей та густоти стояння рослин. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2013. № 3. С. 8–12.

31. Курило В. Л., Ганженко О. М., Зиков П. Ю., Герасименко Л. А., Копак О. М. Методичні рекомендації з передпосівного обробітку ґрунту і сівби насіння цукрового сорго. Київ: ІБКіЦБ НААН, 2012. 17 с.

32. Курило В. Л., Герасименко Л. А. Вплив погодних умов на урожайність сорго цукрового залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. Збірник наук. праць ІБКіЦБ. 2011. Вип. 12. С. 74–78.

33. Курило В. Л., Ковальчук В. П., Григоренко Н. О., Марчук О. О. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від рівня удобрення. Цукрові буряки. 2012. № 5. С. 11–13.

34. Лебідь Є. М., Дзюбецький Б. В., Черенков А. В. та ін. Сорго в Присивашші. Дніпропетровськ, 2006. 29 с.

35. Марчук О. О. Продуктивність сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування: автореф. дис. канд. с.-г. наук. Київ: ІБКіЦБ НААН, 2015. 20 с.

36. Компанієць В. О., Рибка В. С., Кулик А. О. та ін. Пропозиції з визначення нормативних витрат та цін на продукцію зернових культур. Посібник українського хлібороба. 2010. № 2. С. 73–75.

37. Музика О. В. Формування врожаю сорго цукрового за вирощування як енергетичної культури в Правобережному Лісостепу: автореф. дис. канд. с.-г. наук. Біла Церква, 2020. 18 с.

38. Мулярчук О. І. Вихід біопалива з сортів сорго цукрового залежно від фону живлення і густоти стояння рослин. Сільськогосподарські науки. 2018. Вип. 28. С. 78–85.

39. Мулярчук О. І. Технологія вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива в умовах Поділля. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2016. Вип. 20. С. 54–60. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vcnzapv_2016_20_10

40. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування еколого-безпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України: монографія. Херсон, 2017. 208 с.

41. Остапенко С. М. Можливість використання сорго для потреб цукроварної промисловості. Вісник ДДАУ. 2010. № 1. С. 15–18.

42. Петричук Л. І. Агробіологічні основи формування високопродуктивних агрофітоценозів силосних культур у Південному Степу: автореф. дис. канд. с.-г. наук. Херсон, 2015. 18 с.

43. Рожков А. О., Свиридова Л. А. Польова схожість насіння і виживання рослин сорго зернового залежно від норми висіву та способу сівби. Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво». 2017. № 1. С. 99–109. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_roslyn_2017_1_14

44. Санін Ю. В., Санін В. А. Особливості позакореневого підживлення с.-г. культур мікроелементами. Зерно. 2008. № 5. С. 12–16.

45. Сорго: досвід Африки й пустельного Техасу для Півдня України. Kurkul.com. URL: https://kurkul.com/spetsproekty/275-sorgo-dosvid-afriki-y-pustelnogo-tehasu-dlya-pivdnya-ukrayini

46. Сторожик Л. І. Агробіологічні основи формування агрофітоценозів сорго цукрового як біоенергетичної культури в Степу та Лісостепу України: автореф. дис. д-ра с.-г. наук. Київ: ННЦ «Інститут землеробства НААН», 2016. 43 с.

47. Сторожик Л. І., Музика О. В. Формування структурних показників урожаю сорго цукрового залежно від елементів технології. Новітні агротехнології. 2017. № 5. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/novagr_2017_5_11

48. Сучек М. М., Дерев'янський В. П., Степанчук Т. В. Екологічна безпека вирощування сорго зернового в умовах Поділля. Корми і кормовиробництво. 2015. Вип. 80. С. 108–114.

49. Федорович Г. Т. Стан і перспективи вирощування екологічно чистого сорго в Миколаївській області. Наукові праці ЧДУ ім. П. Могили. Серія «Екологія». 2014. Т. 232, Вип. 220. С. 62–66. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchdue_2014_232_220_16

50. Федорчук М. І., Коковіхін С. В., Каленська С. М. та ін. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування еколого-безпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України: монографія. Херсон, 2017.

51. Черенков А. В., Черчель В. Ю. та ін. Каталог сортів та гібридів Інституту сільського господарства степової зони НААН України: науково-метод. рекомендації. Дніпро, 2013. 104 с.

52. Черенков А. В., Шевченко М. С., Дзюбецький Б. В. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти: рекомендації. Дніпропетровськ: Роял Принт, 2011. 63 с.

53. Чернова А. В., Коваленко О. А., Корхова М. М., Антипова Л. К. Способи підвищення виживаності рослин сорго цукрового на півдні України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2019. Вип. 2(102). С. 56–61.

54. Чернова А. В., Коваленко О. А. Вплив норм висіву на формування густоти стояння рослин сорго цукрового на півдні України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2017. Вип. 3(95). С. 129–137.

55. Шевченко С. М., Шевченко О. М. Система інноваційних методів контролювання забур'яненості в степовому землеробстві. У: Інноваційні підходи до розвитку сільського господарства: монографія. Одеса: Купрієнко С. В., 2015. 114 с.

56. Шепель Н. А. Сорго – интенсивная культура. Симферополь: Таврия, 1989. 191 с.

57. Яланський О. В., Середа В. І., Носов М. Г., Таганцова М. М. Вміст цукру в соку стебел сортозразків сорго цукрового. Зернові культури. 2018. Т. 2, № 2. С. 212–217.

58. Ярошенко П. П. Біоенергетична оцінка індустріальних технологій у рослинництві: метод. рекомендації. Харків, 1998. 19 с.

59. Díaz-Franco A., Grageda-Cabrera O. A., Lozano-Contreras M. G. Effectiveness of selected microbial strains on the growth of sweet sorghum. Agricultural Sciences. 2015. 6. P. 772–777. DOI: 10.4236/as.2015.68074

60. Reddy B. V. S., Rao P. S., Kumar A. A. et al. Sweet sorghum as a biofuel crop: where are we now? Information Bulletin 77. Patancheru, India: ICRISAT, 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/228449147

61. Ricaud R., Arceneaux A. Sweet sorghum research on biomass and sugar production in 1990. University of Nebraska, 1990. P. 136–139.

62. Rañola R. F. Jr., Layaoen H. L., Costales C. et al. Feasibility study for an integrated anhydrous alcohol plant using sweet sorghum as feedstock: final report. 2007. 135 p.

63. Eshaghi Sardrood S. N., Bagheri Pirouz A., Shokati B. Effect of chemical and bio-fertilizers on some morpho-physiological traits of forage sorghum. International Journal of Agronomy and Plant Production. 2013. 4(2). P. 223–231. URL: http://eprints.icrisat.ac.in/11527

64. Wortmann C. S., Liska A. J., Ferguson R. B. et al. Dryland performance of sweet sorghum and grain crops for biofuel in Nebraska. Agronomy Journal. 2010. 102. P. 60–70.

65. Veal M. W., Chinn M. S., Whitfield M. B. Sweet sorghum production to support energy and industrial products. North Carolina Cooperative Extension, 2014. 8 p.