

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ,**  
**СЕЛЕКЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ**

**Кафедра рослинництва**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему:**

**«ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗАЛЕЖНО**  
**ВІД ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ РОСЛИН»**

**Виконав: здобувач вищої освіти**  
**за ОПП Еколого-економічне рослинництво**  
**спеціальності 201 Агрономія**  
**Ступеня вищої освіти магістр**  
**денної форми навчання**  
**Сапа Владислав Григорович**

**Керівник: Єремко Людмила Сергіївна канд. с.-г.**  
**наук, доцент кафедри рослинництва**

**Рецензент: Міщенко Олег Вікторович, канд. с.-г.**  
**наук, професор кафедри землеробства і агрохімії ім.**  
**В.І. Сазанова**

**Полтава – 2023 рік**

## ЗМІСТ

	ст.
<b>ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.....</b>	5
<b>РОЗДІЛ 1. ЗНАЧЕННЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО ТА РОЛЬ ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ РОСЛИН У ФОРМУВАННІ ЙОГО ПРОДУКТИВНОСТІ.....</b>	9
1.1. Значення сорго зернового.....	9
1.2. Поживний режим рослин як фактор формування продуктивності сорго зернового.....	14
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	17
2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень.....	17
2.2. Погодні умови місця проведення досліджень .....	18
2.3. Методика проведення досліджень .....	20
2.4. Агротехнічні особливості вирощування сорго зернового.....	22
<b>РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗА РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РОСЛИН ПОЖИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРА РОСТУ.....</b>	25
3.1. Ріст і розвиток рослин сорго зернового за різної забезпеченості поживними речовинами та застосування біостимулятора росту.....	25
3.2. Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового за різної забезпеченості поживними речовинами та застосування біостимулятора росту..	29
3.4. Величина елементів продуктивності та урожайність сорго за різної забезпеченості рослин поживними речовинами та застосування біостимулятора росту.....	34
<b>РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРУ РОСТУ РОСЛИ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО</b>	37
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА.....</b>	39
<b>РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	43
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	46
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>	47
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	48
<b>ДОДАТКИ.....</b>	58





## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Забезпечення населення продовольством, а переробної промисловості сировиною є однією з найбільш важливих проблем сільськогосподарського виробництва. Значна роль у її вирішенні належить такій важливій культурі, як сорго, адже використання його відіграє значну роль у виробництві продуктів харчування, кормів та сировини для промисловості. Сорго відіграє важливу роль у боротьбі з голодом і має вирішальне значення для продовольчої безпеки багатьох країн із нестабільною економічною та агроекологічною ситуацією. Це не тільки одна із ключових продовольчих зернових культур, багатих вуглеводами, але вона також відома як "Король пустелі" і широко виробляється у регіонах із посушливим кліматом. Рослини сорго характеризуються так званою властивістю Stay-green, що забезпечує стійкість до нестачі вологи після цвітіння. Це проявляється у стійкості рослин до передчасного старіння листя на стадії наливу зерна в умовах екстремального дефіциту вологи. У свою чергу це допомагає підвищити врожайність і стабільність врожаю в умовах дефіциту вологи. Залишатися зеленим - це функція регулювання дефіциту води, вбудована в рослину сорго. Рослини даної культури характеризуються покращеною рівновагою між споживанням води і потребою в ній, а також ефективністю, з якою культура перетворює воду в урожай зерна і біомасу. Використання води рослинами на стадії наливу зерна може бути збільшено за рахунок підвищення доступності води під час дозрівання або підвищення доступності води на стадії наливу зерна. Що стосується вимог, то споживання води рослинами може бути зменшено за рахунок зменшення транспірації на одиницю площі листя. У разі зниження кушіння, кількості листя на стеблі і розміру окремих листових пластинок може бути зменшена.

**Актуальність теми.** Розробка агротехнологічних прийомів вирощування зернового сорго для використання в харчових цілях необхідна для забезпечення широкого асортименту та стійкого ринкового попиту на цю культуру. Серед факторів, що визначають інтенсивність росту і розвитку рослин, формування

рівня їх врожайності та покращення якісних характеристик отриманого врожаю ключове значення має забезпеченість рослин елементами мінерального живлення впродовж вегетаційного періоду. У цьому відношенні вагому роль відіграє визначення найбільш доцільних норм внесення мінеральних добрив.

З метою стимулювання метаболічних процесів у рослинах та ґрунтових процесів, а також для покращення доступності поживних речовин у процесі росту і розвитку рослин, значна увага приділяється застосуванню біостимуляторів росту рослин. Воно має на меті покращання характеристик рослини та/або ризосфери, підвищення ефективності використання поживних речовин рослинами, підвищення їх толерантності до біотичного та абіотичного стресу.

**Мета і задачі досліджень.** Метою дослідження було визначення ефективності застосування мінеральних добрив і біостимулятора росту рослин у агротехнологічному процесі вирощування сорго зернового.

Вирішення поставленої мети полягало у:

- з'ясуванні впливу мінерального удобрення і біостимулятора росту на інтенсивність приростів надземної частини рослин та листкової поверхні.
- визначенні продуктивності фотосинтетичної роботи посівів сорго зернового;
- визначенні зміни параметрів складових елементів індивідуальної продуктивності рослин сорго зернового залежно від застосування біостимулятора росту рослин на різних фонах мінерального удобрення;
- визначенні величини зернової продуктивності посівів залежно від застосування досліджуваних факторів;
- проведенні аналізу економічної ефективності застосування досліджуваних елементів технології.

*Об'єкт досліджень* – параметри висоти і маси надземної частини рослин, площі листкової поверхні посівів, структурних елементів врожаю та урожайності зерна сорго за різної забезпеченості елементами мінерального живлення та застосування біостимулятора росту.

*Предмет досліджень* – сорго сорту Сріблясте, урожайність насіння, біодобриво, біостимулятор росту рослин, мінеральні добрива.

**Методи досліджень:** польовий – для спостереження за фазами розвитку рослин, визначення їх біометричних показників, насінневої продуктивності та проведення обліку врожаю; лабораторний – для визначення енергії проростання насіння, його лабораторної схожості та початкового розвитку рослин сої; статистичний – для проведення дисперсійного аналізу оцінки результатів досліджень; розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної ефективності впровадження елементів технології вирощування.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у науковому обґрунтуванні застосування новітніх агротехнологічних прийомів у технології вирощування сорго на основі поєднання внесення мінеральних добрив та застосування біостимулятора росту рослин.

**Практичне значення одержаних результатів.** Було визначено, що ефективними елементами агротехнологічного процесу вирощування сорго є поєднання комплексного застосування біостимулятора росту рослин Стімпо у допосівній обробці насіння (25,0 мл/т) та обприскування вегетуючих рослин у фазі кушіння (25,0 мл/га) та внесення мінеральних добрив дозою діючої речовини  $N_{100}P_{100}K_{100}$ . Застосування комплексу даних прийомів надає можливість підвищити зернову продуктивність посівів сорго до 6,28 т/га та збільшити рівень їх економічної ефективності до 52,5 %.

**Особистий внесок здобувача.** Магістерська дипломна робота виступає як самостійне дослідження автора. У ході її написання роботи автором проведено аналітичний огляд зарубіжної та вітчизняної наукової літератури за науковою тематикою роботи. Закладено та проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано результати досліджень, на основі яких сформовано висновки та надано рекомендації виробництву.

**Апробація результатів роботи.** Результати досліджень та основні положення магістерської дипломної роботи оприлюднені і обговорені на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні напрямки та

проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва» Полтава 23 листопада 2023 року.

За результатами досліджень опубліковано 1 тези в збірнику матеріалів науково-практичної конференції:

1. Єремко Л.С., Сапа В.Г. Вплив мінерального удобрення на урожайність сої. Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва» Полтава 23 листопада 2023 року. С. 160-161.

**Структура та обсяг магістерської дипломної роботи.** Загальний обсяг дипломної роботи становить 62 сторінки загального друкованого тексту, містить 10 таблиць. Магістерська дипломна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Список використаної літератури налічує 91 найменування.

## РОЗДІЛ 1

### ЗНАЧЕННЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО ТА РОЛЬ ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ РОСЛИН У ФОРМУВАННІ ЙОГО ПРОДУКТИВНОСТІ

#### 1.1. Значення сорго зернового

Цільнозернові злаки мають вирішальне значення для здоров'я людини, оскільки вони забезпечують значну кількість енергії, мінералів та харчових волокон для її життєдіяльності [1,2]. Численні дослідження показують, що регулярне вживання цільнозернових продуктів знижує ризик прояву серцево-судинних захворювань та діабету на 20%-30% [3], покращує регуляцію рівня глюкози в крові [4], регулює набір ваги з часом та знижує ризик виникнення деяких форм раку [5].

У різних дослідженнях було показано, що біологічно активні речовини, які містяться в зернових, мають різноманітну біологічну активність, включаючи антиоксидантні, протизапальні та антибактеріальні властивості, які допомагають у профілактиці захворювань людини [6, 7].

Понад 35% посівів сорго вирощується безпосередньо для споживання людьми. Решта в основному використовується на корм тваринам, а також для виробництва спирту та промислових продуктів [8].

Нинішнє щорічне світове виробництво зерна сорго збільшилося приблизно на 60 мільйонів тонн, завдяки удосконаленню сортів та покращанню умов вирощування. Селекціонери виводять кілька покращених сортів сорго щороку, адаптованих до напівпосушливих і тропічних умов. Відбір видів з цього великого біорізноманіття видів з цього великого біорізноманіття, які відповідають конкретним місцевим харчовим і промисловим вимогам, є важливим для безпеки харчових продуктів [9].

Сорго добре відоме своєю високою агрономічною продуктивністю, або здатністю рости в різних середовищах. За рахунок добре розвиненої кореневої системи, яка має високе співвідношення коренів до листків, та вкритим воском

листя, що може скручуватися у відповідь на зовнішню загрозу/стимул [10], його рослини характеризуються досить високими показниками жаро- і посухостійкості, а також мають здатність рости на засолених і неродючих ґрунтах.

Зерно сорго є цінним продуктом, що характеризується відсутністю глютену та має високий вміст стійкого крохмалю і є хорошим джерелом мінералів, а також різноманітних біологічно активних фенольних сполук [10]. Сорго містить більше різноманітних фенольних сполук, ніж інші основні зернові. Серед них найбільш відомими є найпростіші фенольні кислоти, флавоноїди та дубильні речовини [11].

Біологічно активні хімічні речовини в зерні сорго покращують мікробіоту кишківника та проявляють широкий спектр біологічної активності, включаючи протизапальну, антиоксидантну, антитромбоцитарну та антидіабетичну дію [12].

Основною формою зберігання вуглеводів у сорго, є крохмаль із концентрацією близько 69,5%. Арабіноксилани (пентозани), наявні в зерні, здатні змінювати водний баланс і структурні особливості тіста, а також ретроградацію крохмалю [13, 14]. Вони являють собою полісахариди, що мають ксиланову основу та відгалуження від неї залишків арабінози. Вивчено вуглеводний склад і структурні характеристики арабіноксиланів із сорго, що мають хороші хлібопекарські властивості [15].

Порівняно з пшеничним борошном, сорго має подібний рівень крохмалю, але значно меншу активність амілази (40%-50%) та амілолітичних (10%) ферментів. Через значну кількість стійкого крохмалю, що поступово розкладається, а також значним зв'язкам між крохмальними гранулами, білків ендосперму та конденсованих дубильних речовин, сорго має найменшу потенційну перетравність крохмалю серед зернових культур [16].

Зерно сорго характеризується високим вмістом клітковини. Воно в основному складається з нерозчинних (75%-90%) та розчинних волокон (10%-25%), які присутні на клітинних стінках у перикарпії та ендоспермі і становлять

близько 6-15 г на 100 г зерна [17]. Некрохмальні вуглеводи сорго складаються в основному з  $\beta$ -глюкану та арабіноксиланів [18].

Основними двома типами білків зерна сорго є проламіни (наприклад, кафірини) і непроламінові білки (наприклад, глобуліни, глютеліни та альбуміни). На частку кафіринів припадає 70% запасів білка в зерні сорго, а 30% - на альбуміни та глютеніни. Існує чотири типи молекулярної маси кафіринів (тобто  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, і  $\delta$ -кафірин), які є гідрофобними білками. Вони зберігаються в ендоспермі у вигляді міцно загорнутих білкових тіл [19].

Зерно сорго багате на глютамінову кислоту, пролін і лейцин, але в ньому може бути дефіцит лізину, подібно до інших зернових культур, проте селекція сорго або збагачення продуктів харчування може допомогти вирішити цю проблему [20]. Кафірини сорго мають високий рівень поліметрії та комплексні дисульфідні містки, що роблять їх стійкими до ферментативного перетравлення в травному тракті, а також перешкоджають перетравленню білка через сильну взаємодію з дубильними речовинами та крохмалем.

Ліпіди в зернах сорго складаються переважно з ненасичених жирних кислот, найбільш доступними з яких є поліненасичені жирні кислоти. Олеїнова, лінолева, пальмітинова, ліноленова та стеаринова кислоти є основними жирними кислотами в зерні сорго [17].

Сорго, як і інші зернові, є хорошим джерелом вітамінів групи В (включаючи тіамін, рибофлавін, вітамін В6, біотин та ніацин), які втрачаються при переробці зерна, наприклад, при декортикації. За вмістом мінералів сорго подібне до проса, більше, ніж кукурудза, але менше, ніж пшениця, і з мінеральних сполук містить переважно калій і сірку. Раціони на основі сорго мають високий вміст заліза і цинку, а фітокомпоненти, такі як фітати, можуть знижувати біодоступність, що є проблемою, яка не є специфічною для сорго, але широко поширена для всіх зернових та рослинних продуктів [19].

За винятком білого сорго, більшість сортів сорго містять високий рівень фітохімічних речовин, особливо фенольних сполук, які мають високу антиоксидантну здатність і є корисними для здоров'я людини [20]. Висівки

деяких сортів сорго мають потужну антиоксидантну активність, яка перевищує антиоксидантну активність всіх фракцій зернових культур. Особливий фенольний склад надає зерну сорго окислювальну, антиоксидантну, антистресову та протипухлинну влістивості [21, 22].

Фенольні сполуки зерна сорго, що мають найвищу антиоксидантну активність порівняно з іншими зерновими культурами (наприклад, пшеницею, рисом та кукурудзою), а також у порівнянні зі звичайними фруктами та овочами відіграють значний вплив на збереження здоров'я людини. Активність антиоксидантів тісно пов'язана із загальним вмістом фенольних речовин, особливо конденсованих танінів сорго [23]. Окрім фенолів, триацилгліцеринів, токоферолів, каротиноїдів та ненасичених жирних кислот, жирні кислоти сорго також показали інгібуючий вплив на запальну реакцію, шляхом зниження експресії специфічних генів у ліпополісахаридах. Фенольні хімічні речовини сорго можуть мати протиракові властивості, а споживання цільозернового сорго може знизити захворюваність на деякі види злоякісних захворювань [24]. Протираковий потенціал сорго може бути пояснений його потужною антиоксидантною активністю та індукцією ферментів II фази його фенольного компонента [25]. Досліджено, що у пригніченні проліферації клітин раку товстої кишки дубильні речовини, отримані з сорго мають вищу ефективність, ніж таніни виноградних кісточок [26]. Інші фенольні речовини, знайдені в сорго, такі як флавонолі і флаванони, також мають протиракові властивості, зокрема флавонолі апігенін, який може стимулювати естрогенну активність і викликати апоптоз у клітинах раку товстої кишки [18].

Включення сорго в основний раціон харчування може сприяти профілактиці ожиріння та діабету, а також покращенню здоров'я людини, оскільки його зерно характеризується низьким рівнем перетравлення [27]. Його споживання викликає відчуття ситості, зменшує споживання калорій і приводить до низької глікемічної реакції, що є корисними для людей з ожирінням та діабетом [28]. Здорові люди, які їли цільозернове соргове печиво мали вищі показники відчуття голоду та ситості, ніж ті, хто їв пшеничне печиво

[29]. Сорго також має антидіабетичний потенціал.

Феноли сорго можуть діяти як допоміжний засіб у лікуванні діабету і відігравати певну роль у регуляції інсуліну [30]. Крім того, соргові кекси використовуються для впливу на рівень глюкози та інсуліну в крові та покращення глікемічних реакцій у здорових людей [31]. Зерно сорго містить різноманітні біологічно активні фенольні хімічні речовини, які можуть допомогти запобігти дисліпідемії та серцево-судинним захворюванням. Доведено, що ліпіди сорго - фітостероли та полікозаноли регулюють метаболізм холестерину, сприяючи покращанню здоров'я серцево-судинної системи.

Близько 51% сорго використовується для годівлі худоби, в той час як 49% припадає на харчові та промислові цілі [32]. Сорго часто вирощують для сушіння або силосування. Висушене листя є корисним грубим кормом для великої рогатої худоби та коней. Зріла рослина може бути використана на зелений корм або силос. Однак, оскільки вони містять дуррин, ціаногенний глікозид, який при гідролізі утворює ціаністий водень, згодовувати молоді зелені рослини небезпечно [33]. Зерно сорго трохи схоже на кукурудзяне, але воно вважається менш поживним. Воно використовується на корм вівцям, свиням і птиці [34].

## **1.2. Поживний режим рослин як фактор формування продуктивності сорго зернового**

Внесення добрив відіграє вагомую роль у збільшенні врожайності завдяки підвищенню доступності поживних речовин та посиленню стійкості ґрунту до кліматичних змін.

Азот є важливим незамінним елементом живлення і найбільш лімітуючим елементом у сучасному рослинництві [35]. Він відіграє важливу роль у продукуванні рослинами амінокислот, білків і пігментів, наприклад, хлорофілу [36].

Залежно від властивостей ґрунту, рослини поглинають дві хімічні форми азоту з ґрунту, а саме: нітратну та амонійну [37]. Однак, у добре аерованих

грунтах  $\text{NO}_3^-$  є найбільш поширеною і доступною формою азоту для рослин, а  $\text{NH}_4^+$  має переважаючу тенденцію в некультивованих грунтах [38]. І навпаки, коли обидві форми азоту доступні,  $\text{NO}_3^-$  є кращою формою для поглинання рослинами [39].

Важливим фактором, що визначає ефективне використання N рослинами є достатня вологість ґрунту [40], оскільки низька доступність азоту в ґрунтах з дефіцитом води суттєво знижує врожайність сільськогосподарських культур. Отже, в посушливих і богарних сільськогосподарських системах ефективне використання внесених азотних добрив є основним завданням для зменшення дефіциту азоту в сільськогосподарських культурах, включаючи сорго [41, 42].

Окрім вологості ґрунту, температура та рН впливають на швидкість поглинання азоту сільськогосподарськими культурами. Комерційні джерела азотних добрив легко розчиняються, що робить азот легкодоступним для поглинання рослинами. Тому ці добрива найбільш широко використовуються в сучасному сільському господарстві. За останні 40 років використання комерційних добрив зросло у понад 7 разів, що дозволило подвоїти врожайність сільськогосподарських культур. Але це призвело до низької ефективності використання добрив, особливо низького рівня засвоєння азоту у сільськогосподарських культурах [43].

Основною причиною цього є те, що, за оцінками, 50-55% внесеного з добривами мінерального азоту втрачається внаслідок вилуговування нітратів, викидів закису азоту, випаровування аміаку та поганого поглинання азоту в ґрунтах з дефіцитом води [44]. Крім того, ефективність численних процесів, що беруть участь у втраті азоту з ґрунту, залежить від середовища та типу ґрунту [45].

При вирощуванні сорго в умовах нестачі азоту пагони накопичують вищі концентрації азоту, ніж коріння [46]. Більше того, було показано, що до початку кушіння стебло накопичує більшу кількість азоту, ніж листя, тоді як волоть накопичує більшу частину азоту на пізніх стадіях наливу зерна за рахунок

ремобілізації накопиченого азоту з листя та стебла [47]. Такий розподіл азоту в частинах рослини сорго має однакову тенденцію при проведенні позакореневого підживлення рослин азотом з низьким і високим рівнем концентрації, а також в умовах незрошеного або зрошеного ґрунту [47]. Всупереч цим результатам, повідомлялося, що листкові піхви та листкові пластинки є основними поглиначами азоту у сорго, а високі рівні внесення азотних добрив через 55 днів після сівби призводить до чотириразового збільшення концентрації нітратів у листкових піхвах порівняно з контролем [48]. Більше того, в умовах дефіциту азоту попит на нього з боку листків стає пропорційно більшим, порівняно із стеблами [49].

Збільшення накопичення азоту в листках допомагає підтримувати вищі темпи фотосинтезу, що пов'язано зі збільшенням концентрації хлорофілу у листкових пластинках [50]. У пізній частині ростового циклу ремобілізація азоту до волоті збільшує концентрацію азоту у ній під час запилення. Концентрація азоту в сорго досягає найвищого рівня під час наливу насіння. van Oosterom та ін., [51] повідомляють, що перша половина наливу зерна у сорго обмежена поглинанням і доступна кількість азоту не впливає на накопичення азоту в зерні. Однак, під час другої половині фази наливу зерна, на накопичення азоту може впливати доступна кількість N, залишаючи рослинне джерело обмеженим.

Внесення фосфорних добрив є поширеною у світі практикою для збільшення виробництва сорго [52-54], але непомірне застосування хімічних добрив призводить до забруднення навколишнього середовища та погіршення якості ґрунту [55-57]. Ефективність застосування фосфору є дуже низькою (15-20%), що обумовлюється його швидкою фіксацією у ґрунтах [58].

Хоча більшість світових ґрунтів містять достатні запаси загального фосфору, більша його частина залишається недоступною, і ґрунти, таким чином, стають дефіцитними у відношенні до наявності фосфору. Тому для підтримання врожайності сорго необхідно регулярно вносити фосфорні добрива. Разом з тим їх висока вартість виступає мотивом для пошуку

альтернативи, де природні джерела фосфору, такі як кам'яний фосфат, слугують джерелом фосфору.

Такою альтернативою може бути застосування біодобрив на основі фосфорсолюбілізуючих мікроорганізмів, що підвищують ефективність використання фосфору і, таким чином, покращують забезпеченість рослин даним елементом. У сукупності фосфатсолюбілізуючий мікробіом являє собою групу ґрунтових організмів, які роблять фосфор доступним для рослинам як з неорганічних, так і з органічних джерел, шляхом розчинення та мінералізації складних сполук фосфору [57, 58].

Серед фосфатсолюбілізуючих мікроорганізмів, що мешкають у певному середовищі, бактерії [59], гриби [60] та актиноміцети [61] постачають мінеральні поживні речовини до рослин сорго, що вирощуються в різних агрокліматичних регіонах світу [62, 63].

Застосування фосфатсолюбілізуючих мікроорганізмів у агротехнологічній практиці вирощування сорго видається наймовірно привабливим і дуже перспективним підходом для покращення виробництва сорго на ґрунтах з дефіцитом фосфору.

Окрім постачання фосфору, застосування біодобрив на основі фосфатсолюбілізуючих мікроорганізмів відіграє важливу роль у пригніченні шкідливого впливу фітопатогенів, що спричиняють значні втрати врожаю сорго. У зв'язку з цим PSM-опосередковане управління фосфорним живленням та фітопатогенами сорго фітопатогенів сорго вважається недорогим і екологічно чистим біотехнологічним підходом і видається реалістичним заміником хімічних фосфорних добрив та небезпечних пестицидів [64].

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень

Дослідження із вивчення ефективності застосування мікродобрив і мікробіологічного препарату були проведені на території державного підприємства “Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН”.

Загальна площа сільськогосподарських угідь господарства становить 4088 га, із них під орні землі відведено – 3974 га, багаторічні насадження – 87 га, вигони – 27 га.

Більша частина території господарства розміщена на чорноземі типовому малогумусному глибокозакіпаючому (2611 га) та чорноземі малогумусному (1470 га). Решта ґрунтів, загальна площа яких становить 169,0 га - це чорнозем глибокий малогумусний різних ступенів змитості, а в балках - з накладеним відбитком періодичного перезволоження, що відбувається за рахунок посилення водних потоків весною і восени.

Ґрунти території господарства утворилися на лесі, що являє собою пухку, нешарову породу палево-жовтого кольору, збагачену карбонатами кальцію і магнію.

За механічним складом чорнозем типовий малогумусний є важким суглинком. Вміст грубого пилу у ґрунті становить 37 – 43 %, мулуватих часток у ньому – 25 – 38 %. Перерозподіл колоїдних частин по профілю незначний.

Питома вага орного шару ґрунту (0-30 см) становить 2,63 г/см<sup>3</sup>, загальна пористість – 55,1 – 59,8 %, вологість стійкого в'янення - 8,9-9,4 %, польова вологоємність – 29,7-30,5 %, максимальна кількість продуктивної вологи – 19,5-20,4 мм.

За проведеними агрохімічними дослідженнями ґрунт ділянок досліду містить гумусу в горизонті 0-20 см 4,9 – 5,2 %, в горизонті 35-45 см 3,72 – 4,07 % і на глибині 1,5 м – 0,6-0,7 %.

Ємність поглинання орного шару ґрунту становить 33,0 – 35,0 мг-екв. на 100 г ґрунту, реакція ґрунтового розчину слабокисла, рН сольової витяжки 6,3. Гідролітична кислотність знаходиться на рівні 1,6 – 1,9 мг-екв. на 100 г ґрунту.

Орний шар ґрунту містить 5,44 – 8,10 мг азоту, що гідролізується (за Тюріним і Кононою), 10 – 15 мг рухомого фосфору (за Чириковим), 16 – 20 мг на 100 г ґрунту калію (за Масловою).

## **2.2. Погодні умови місця проведення досліджень**

Погодні умови років проведення досліджень характеризувалися нерівномірним розподілом опадів впродовж вегетаційного періоду та дещо підвищеними значеннями середньодобової температури повітря порівняно із середньобагаторічними показниками. У 2022 році початковий розвиток рослин відбувався за умов нижчої середньодобової температури повітря та недостатньої забезпеченості рослин вологою порівняно із середньобагаторічними показниками. Так, у травні повітря прогрілося лише до 15,3 °С, що було нижчим за норму на 0,4 °С. Середньомісячна кількість опадів була на рівні 36,0 мм, у той час як норма кількості опадів за даний час становить 45,5 мм (табл. 2.1).

У червні середньодобова температура повітря зросла до 22,9 °С, що перевищило середньобагаторічні показники на 3,5°С. В цілому за місяць випало 48,6 мм дощу, або 34,5 % від норми.

Липень також видався посушливим із підвищеними значеннями середньодобової температури повітря порівняно із середньобагаторічною нормою на 2,0 °С. Разом з тим, місячна кількість опадів у цьому місяці становила 87,4 % від середньобігаторічних значень. Слід звернути увагу на досить нерівномірний розподіл опадів за місяць. Здебільшого вони випадали у вигляді коротких злив. У полуденний час повітря прогрівалося до 38,2 °С, у той час як середньобігаторічні значення даного показника не перевищували 33,2 °С.

У серпні повітря прогрівалося до 21,8 °С, а кількість опадів становила 68,3 мм, із випаданням їх основної частини наприкінці місяця.

Таблиця 2.1

**Значення температури повітря та кількості опадів за  
вегетаційний період 2022 року**

Показники	Місяці					
	квітень	травень	червень	липень	серпень	
Фактична середньодобова температура повітря, °С за місяць	8,4	15,3	22,9	23,2	21,8	
Середньодобова температура, норма за місяць	9,3	15,7	19,4	21,2	20,1	
Абсолютний максимум t повітря, °С	фактично	25,4	29,3	33,1	38,2	34,1
	норма	22,4	28,0	31,0	33,2	32,7
Абсолютний мінімум t повітря, °С	фактично	-3,8	3,3	7,8	12,3	8,4
	норма	-3,7	2,1	6,8	9,9	8,5
Опади, мм фактично за місяць	45,6	36,0	48,6	53,4	68,3	
Опади, мм багаторічна норма за місяць	31,2	45,5	65,2	61,1	42,7	

Погодні умови вегетаційного періоду 2023 року характеризувалися контрастністю. Так, квітень характеризувався помірним прогріванням повітря та достатньою вологозабезпеченістю. Температура повітря у травні підвищувалася достітньо інтенсивно. Її значення перевищували норму на 0,6 °С, натомість кількість опадів була на 8,6 мм меншою за середньобагаторічні показники. (табл. 2.2).

Червень характеризувався достітньо добрими умовами для росту і розвитку рослин за рахунок середньодобової температури повітря у межах норми, та досить високої кількості опадів (86,2 мм).

Таблиця 2.2

**Значення температури повітря та кількості опадів за  
вегетаційний період 2023 року**

Показники	Місяці					
	квітень	травень	червень	липень	серпень	
Фактична середньодобова температура повітря, °С за місяць	8,6	16,2	19,5	21,3	21,4	
Середньодобова температура, норма за місяць	9,3	15,7	19,4	21,2	20,1	
Абсолютний максимум t повітря, °С	фактично	23,1	31,4	33,6	35,9	35,9
	норма	22,4	28,0	31,0	33,2	32,7
Опади, мм фактично за місяць	20,2	36,9	86,2	25,3	63,2	
Опади, мм багаторічна норма за місяць	31,2	45,5	65,2	61,1	42,7	

Впродовж липня і серпня погода була спекотною. Кількість опадів у липні становила 25,3 мм, або 41,4 від норми. При цьому повітря прогрівалося до 25,5 °С, а у полуденні часи – до 37,9 °С. У серпні випало 63,2 мм дощу при нормі 42,7 мм, що значно покращило умови формування і наливу зерна. Разом з тим температура повітря перевищувала середньобагаторічні значення на 1,7 °С.

### **2.3. Методика проведення досліджень.**

Реалізація поставлених на дослідження завдань була проведена у ході виконання польового дослідження, розміщеного на території державного підприємства “Дослідне господарство “Степне” Інституту свинарства і АПВ НААН” впродовж 2022-2023 рр. У ході проведення запланованого польового дослідження були використані загальноприйняті методики ведення польових дослідів [69, 70].

Експериментальна схема проведення дослідження складалася із варіантів мінерального удобрення ( $N_0P_0K_0$ ,  $N_{65}P_{65}K_{65}$ ,  $N_{85}P_{85}K_{85}$ ), обробки насінневого матеріалу біостимулятором росту рослин Стимпо (25 мл/т), обприскування посівів сорго у фазу кушіння біостимулятором росту рослин Стимпо (25 мл/га).

Метод проведення досліджень – польовий дослід із чотириразовою повторністю. Облікова площа ділянки 50 м<sup>2</sup> з послідовним розміщенням ділянок.

У процесі визначення дати настання фаз росту і розвитку сорго користувалися “Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур”. Фенологічні спостереження були проведені на закріплених рослинах у двох несуміжних повтореннях. Початок фази рахували у 10 % рослин, а повну фазу - у 75% рослин [71].

Висоту рослин сої заміряли у ході періоду вегетації на постійно закріплених 20 рослинах у двох несуміжних повтореннях [72]. Сиру і суху масу рослин визначали впродовж вегетаційного періоду, використовуючи “Методику державного сортовипробування” [71], а також з “Методику проведення дослідів по кормовиробництву” [72].

Визначення величини листової поверхні проводили за використання методу “висічок”, де зважували 20 висічок, та масу листової поверхні усієї проби. Значення даного показника знаходили за формулою 3.3.1 [73]:

$$S = \frac{P * S_1 * n}{P_1} \quad (2); \quad (3.3.1) \text{ де}$$

S- загальна площа листків, см<sup>2</sup>;

S<sub>1</sub>- площа однієї висічки, см<sup>2</sup>;

P- загальна маса листків, г;

P – маса висічок, г

n – число висічок, г

Величину елементів структури врожаю визначали, користуючись методикою запропонованою Майсуряном Н.А. Згідно цієї методики з кожної ділянки дослідів для аналізу з площі 1 м<sup>2</sup> з двох несуміжних повторень в різних частинах ділянок брали по два пробні снопа, що склалися із 20 рослин кожний. Врожай збирали з кожної ділянки, при цьому відбиралися середні зразки проб зерна для проведення визначення його вологості і засміченості;

Дані врожаю зерна приводили до стандартної вологості (14%) і стовідсоткової чистоти. Перерахунок на стандартну 14% вологість проводили за формулою [74]:

$$Y = \frac{A(100 - B)}{100 - 14},$$

де  $Y$  – врожайність чистого зерна за стандартної вологості, ц/га;

$A$  – врожайність чистого зерна за польової вологості, ц/га;

$B$  – вологість зерна на час збирання, %;

14 % – стандартна вологість для зернових культур.

У цій формулі відношення  $\frac{100 - B}{100 - 14}$  є перевідним коефіцієнтом на 14% вологість зерна [73].

Отримані показники урожайності оцінювали за допомогою статистичної обробки. Економічну ефективність елементів технології у досліді визначали за технологічними картами з урахуванням витрат, що були розраховані за нормативами і розцінками, діючими на час 2023 р.

#### **2.4. Агротехнологічні особливості вирощування сорго**

Основними попередниками сорго у сівозміні можуть бути озимі та ярі зернові культури, зернобобові, гречка, картопля, овочеві, коренеплоди, післяукісні і післяжнивні культури. Сорго також можна вирощувати у сівозміні на одному місці без ризику зниження урожайності 4-5 років. У свою чергу сорго є задовільним попередником для ярих зернових культур, однак, за рахунок досить високої здатності сорго поглинати воду з ґрунту, після нього в сівозміні краще розміщувати чистий або зайнятий пари.

Сорго є невимогливою культурою до родючості ґрунту. Для його вирощування підходять як легкі піщані, так і на важкі глинисті ґрунтах, і звісно, що кращими будуть чорноземи звичайні і супіщані.

Після збирання стерньових попередників слід провести післязбиральне

лущення стерні, а після нього - зяблеву оранку на глибину 27-30 см. Після збирання кукурудзи, доцільним є проведення дискування із застосуванням дискових знарядь, що дозволяє зменшити поверхневе ущільнення та здійснити подрібнення післяжнивних решток. Після дискування проводять глибоку зяблеву оранку. Навесні, за настання фізичної стиглості ґрунту поле боронують та проводять передпосівну культивуацію. Передпосівну культивуацію слід поєднати з коткуванням. Для боротьби із засміченістю посівів перед проведенням передпосівного обробітку ґрунту доцільно внести ґрунтові гербіциди.

Сівбу сорго слід розпочинати, коли температура ґрунту на глибині загортання насіння (2-4 см) підвищиться до 12°C. Насіннєве ложе повинно бути рівним, щоб забезпечити рівномірну появу схожів. Сорти сорго мають бути підібрані таким чином, щоб фаза цвітіння припала на липень, а досягання - не пізніше ніж 15 жовтня.

Норма висіву насіння змінюється залежно від сортових особливостей. Для ранньостиглих сортів слід норму висіву слід збільшити. За умов посухи норму висіву насіння доцільно зменшити. Вмсівають сорго із шириною міжрядб 40-60 см.

Сорго є культурою, досить вимогливою до вкорінення, тож особливого значення для його вирощування набуває забезпечення умов швидкого проростання і розвитку рослин. Одним із ключових факторів, що дозволяють забезпечити є знищення злакових бур'янів, що є особливо небезпечними.

Найпершим заходом є уникнення полів, із високою зесміченістю злаковими бур'янами. Особливо небезпечними у посівах сорго є куряче просо і алеппське сорго, у боротьбі з якими рослинництво поки що не має ефективних рішень.

***Основними заходами системи захисту сорго за допомогою гербіцидів є:***

► *Видалення бур'янів після сівби в досходовий період у сорго.*

У випадку засміченості полів злаковими і дводольними бур'янами необхідним є застосування стратегій обробітку ґрунту в передсходовий період. Конкуренція за фактори життєдіяльності між рослинами сорго і бур'янами може

спостерігатися вже від сівби і до стадії 8-10 листків у рослин сорго. У цей час рослини сорго вже можуть ефективно конкурувати із бур'янами за освітлення.

► *Ранній післясходовий період у фазі 3-х листків.*

Дуже важливою є боротьба із засміченістю посівів є на час настання фази сходів і не пізніше настання фази 2-3 листків. Її проведення має особливу ефективність у боротьбі із дводольними бур'янами. Ключовим фактором у боротьбі з бур'янами за рахунок застосування гербіцидів кореневої дії є поверхнева вологість ґрунту під час обробки і в наступні дні.

► *Післясходовий період у фазі 3-8 листків.*

На цей час застосування гербіцидів спрямовано на боротьбу із дводольними бур'янами (однорічними і багаторічними). Його проведення є ефективним за наявності дружніх сходів однорічних бур'янів, що перебувають на стадії паростка і до стадії 4 листків.

► *Сорго адаптоване до механічного видалення бур'янів.*

Механічна боротьба із бур'янами є ефективною у фазі 5-6 листків сорго.

Сорго є досить вимогливою культурою до наявності поживних речовин у ґрунті. При цьому рослини задовольняють свої потреби ґрунтових формах азоту і фосфору лише на 38 %, калію - на 93 %. Таким чином культура потребує для свого росту додаткове внесення мінеральних добрив. Разом з тим, внесення підвищених доз азотних добрив призводить до зниження стійкості рослин до посухи, подовження тривалості вегетаційного періоду, ураження хворобами та шкідниками.

Догляд за посівами включає застосування дозволених препаратів для боротьби із шкідниками і хворобами. Збирають сорго зернове у фазі повної стиглості зерна. На цей час його вологість не повинна перевищувати 20-22%.

## РОЗДІЛ 3

### ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРГО ЗЕРНОВОГО ЗА РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ РОСЛИН ПОЖИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРА РОСТУ

#### 3.1. Ріст і розвиток рослин сорго зернового за різної забезпеченості поживними речовинами та застосування біостимулятора росту

Проростання насіння вважається початком першої фази розвитку в життєвому циклі вищих рослин і супроводжується постгермінативним ростом проростка [76]. Насіння починає проростати за сприятливих умов проростати за сприятливих умов у відповідь на подразники навколишнього середовища, такі як світло, температура компоненти ґрунту (особливо нітрати), а молекулярні механізми цієї реакції добре вивчені [77]. Проростання - це складний процес, під час якого зріла насінина відновлює ріст і переходить від програми розвитку, спрямованої на дозрівання, до програми проростання і подальшого проростання [76, 78]. За визначенням, проростання насіння починається з поглинання води і завершується, коли завершується, коли проросток виходить з покривних структур [79].

Проростання насіння та формування проростків є критичними фазами в циклі росту рослин, оскільки вони впливають і визначають виживання видів у природному середовищі існування, а також початок вегетації та врожайність сільськогосподарських культур. Насіння, що перебуває в стані спокою, поєднує в собі ембріон рослини і запаси, які будуть використані під час проростання і формування проростка до початку фотосинтезу в сформованому проростку.

Інтенсивність проростання насіння визначає величину такого важливого елементу продуктивності, як кількість рослин на одиниці площі. Цей важливий показник має безпосередній вплив на структурну організацію посіву і відповідно на розвиток окремих складових цього посіву. Адже оптимальне розташування рослин на одиниці площі за

рахунок появи дружніх сходів над поверхнею ґрунту та збуруженості рослин впродовж вегетаційного періоду, дозволяє їм формувати достатньо розвинену асиміляційну поверхню, забезпечувати її оптимальне функціонування та синтез органічної речовини, що є основою формування врожаю.

Результати наших досліджень показали значний вплив агротехнічних прийомів на схожість насіння та збереженість рослин до кінця вегетаційного періоду. Ріст і розвиток рослин сорго більшою мірою визначався наявністю у ґрунті поживних речовин.

Так на фоні найбільшої забезпеченості елементами мінерального живлення польова схожість насіння підвищувалася на 3,0-4,1 % порівняно з контролем. Обробка насіння біостимулятором давала збільшення величини даного показника на 1,5 % (табл 3.1).

Таблиця 3.1

**Польова схожість насіння, виживання рослин залежно від рівня забезпеченості поживними речовинами та застосування біостимулятора росту, % (2022-2023 рр.)**

Мінеральне удобрення	Застосування біостимулятора росту рослин	Польова схожість насіння, %	Вживання рослин, %
Без добрив	Без РРР	75,3	88,6
	Стимпо 25 мл/т	76,8	89,8
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	-	90,3
N <sub>85</sub> P <sub>85</sub> K <sub>85</sub>	Без РРР	76,7	91,2
	Стимпо 25 мл/т	77,9	92,3
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	-	92,7
N <sub>85</sub> P <sub>85</sub> K <sub>85</sub>	Без РРР	78,3	93,4
	Стимпо 25 мл/т	79,4	94,4
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	-	95,5

Одним із ключових показників, що відображає ефективність застосування прийомів догляду за посівами впродовж вегетаційного періоду відповідно до біологічних потреб культури є відсоток збережених

на площі рослин до фази повної стиглості. Аналогічно до показника польової схожості, кількість рослин що збереглася до завершення вегетаційного періоду змінювалася залежно від наявності елементів мінерального живлення та застосування біостимулятора росту рослин. Найвищі значення даного показника (93,4-95,5%) були отримані у варіанті найбільшої забезпеченості рослин поживними речовинами. Причому у даному варіанті удобрення допосівні обробка насіння Стімпо забезпечила підвищення виживагості рослин сорго на 1,0 %, а її поєднання із позакореневою обробкою рослин - на 2,1 % порівняно із варіантом, де даний біостимулятор не застосовувався.

У варіантах внесення  $N_{65}P_{65}K_{65}$  на одиниці площі перед збиранням збереглося 91,2-92,7 % рослин від норми. Як і у попередньому варіанті удобрення, найвищий відсоток рослин, що залишилися до фази повної стиглості зерна забезпечило поєднане застосування допосівної обробки насіння та обприскування посівів сорго біостимулятором рослин Стімпо.

У варіантах, де мінеральні добрива не вносилися, кількість рослин, що залишилася на площі до фази повної сприлоості насіння, була найменшою (88,6-90,3%). Відсоток виживання рослин сорго зернового, як і у попередніх варіантах був найвищим за комплексного застосування обробки насіння та посівів сорго біостимулятором Стімпо.

Висота рослин сорго, як важливий елемент продуктивності його рослин, виражає їх забезпеченість основними факторами життєдіяльності впродовж вегетаційного періоду та показує потенціал формування продуктивності. У нашому дослідженні темпи лінійного росту рослин у висоту значно змінювалися за різної забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Найвищими вони були у варіанті  $N_{85}P_{85}K_{85}$ , а найменшими - у варіанті без мінерального удобрення. Застосування біостимулятора росту рослин деякою мірою сприяло збільшенню інтенсивності наростання надземної частини рослин сорго у висоту на 1,0-5,0 см. Більш ефективним виявилось комплексне застосування Стімпо у

допосівну обробку насіння та обприскування посівів.

Разом із приростами надземної частини, рослини формують і асиміляційну поверхню. Листок є важливим фотосинтетичним органом, який розвивається з клітин-засновників в апікальній меристемі, а потім формує складний орган шляхом розростання і поділу клітин. Разом з тим, фотосинтез використовує енергію сонячного світла для перетворення  $\text{CO}_2$  у вуглеводи, на які припадає 90% біомаси та врожаю. Підвищення фотосинтетичної здатності має великий потенціал для збільшення врожайності сільськогосподарських культур і, таким чином, задоволення продовольчих потреб зростаючого населення. Фотосинтетична здатність рослин залежить від чистої продуктивності фотосинтезу та фотосинтезуючої площі поверхні рослини [80]. Тобто, кількість листків та їх розташування на рослинах визначає ефективність фотосинтетичної діяльності рослин та накопичення ними органічної речовини. Разом з тим, кількість листків, сформованих на рослинах та тривалість їх перебування у активному стані визначається рівнем забезпеченості рослин поживними речовинами. Найвищою вона була у варіанті внесення  $\text{N}_{85}\text{P}_{85}\text{K}_{85}$ , де на рослинах сформувалося від 12,7 до 13,5 листових пластинок. При цьому їх кількість закономірно підвищувалася у варіантах застосування біостимулятора росту рослин. найкращі умови для формування і розвитку листової поверхні створювалися у варіанті комплексного застосування біостимулятора Стимпо на фоні внесення  $\text{N}_{85}\text{P}_{85}\text{K}_{85}$  де на рослинах в середньому було відмічено 13,5 листків. Їх кількість і параметри були найменшими за відсутності мінерального удобрення.

Що стосується коефіцієнту куцання рослин, то його параметри також були тісно пов'язаними із поживним режимом та застосуванням біостимулятора росту рослин. Найвищі значення даного показника забезпечувало комплексне застосування біостимулятора Стимпо у допосівній обробці насіння та обприскуванні посівів на фоні внесення  $\text{N}_{85}\text{P}_{85}\text{K}_{85}$ . Найменшими вони були за відсутності мінерального удобрення.

Застосування Стимпо дещо збільшувало кількість сформованих бічних стебел на рослинах сорго (табл 3.2).

Таблиця 3.2

**Коефіцієнт кушення, висота рослин та кількість листків залежно від рівня забезпеченості поживними речовинами та застосування біостимулятора росту, (середнє 2022-2023 рр.)**

Мінеральне удобрення	Застосування біостимулятора росту рослин	Коефіцієнт кушення	Висота рослин у фазі воскової стиглості, см	Кількість листків, шт.
Без добрив	Без PPP	1,4	135	11,8
	Стимпо 25 мл/т	1,4	136	12,3
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	1,5	136	12,5
N <sub>65</sub> P <sub>65</sub> K <sub>65</sub>	Без PPP	1,6	138	12,0
	Стимпо 25 мл/т	1,7	138	12,4
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	1,7	140	12,6
N <sub>85</sub> P <sub>85</sub> K <sub>85</sub>	Без PPP	1,8	141	12,7
	Стимпо 25 мл/т	1,9	144	13,2
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	2,1	146	13,5

### **3.2. Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового за різної забезпеченості поживними речовинами та застосування біостимулятора росту**

Результати наших досліджень показали нерівномірність у наростанні листкової поверхні посівів впродовж вегетаційного періоду сорго. На початкових етапах розвитку рослини формували листкову поверхню, розміри якої були незначними. Це пов'язано із розвитком потужної кореневої системи у цей час, що потрібно для забезпечення рослин мінеральними речовинами та ґрунтовою вологою у достатній кількості.

Починаючи з фази кушіння і до настання фази виходу у трубку, величина листкової поверхні посівів сорго збільшувалися від 22,5 тис. м<sup>2</sup>/га на контролі і 23,2 тис. м<sup>2</sup>/га – у варіанті із проведенням допосівної обробки насіння біостимулятором рослин, до 24,5 тис.м<sup>2</sup>/га – за поєднання застосування

біостимулятора рослин у допосівній обробці насіння та обприскуванні посівів (табл 4.2).

За внесення  $N_{65}P_{65}K_{65}$  величина даного показника збільшувалася до 25,6 тис.м<sup>2</sup>/га. У варіанті  $N_{65}P_{65}K_{65}$  + Стимпо у допосівній обробці насіння, листкова поверхня досягала розмірів 25,8 тис.м<sup>2</sup>/га. Внесення  $N_{65}P_{65}K_{65}$ , та застосування Стимпо у допосівній обробці насіння та позакореновому підживленні посівів сприяло підвищенню значень площі листової поверхні до 26,2 тис.м<sup>2</sup>/га.

Умови формування асиміляційної поверхні рослин були найбільш сприятливими на фоні повного забезпечення елементами мінерального живлення  $N_{85}P_{85}K_{85}$ . Це виражалось у збільшенні розмірів листових пластинок та їх кількості на рослинах. Листкова поверхня посівів була найбільш розвиненою (27,3 тис.м<sup>2</sup>/га) за комбінованого застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{85}P_{85}K_{85}$ , та біостимулятора росту рослин у допосівній обробці насіння та позакореновій обробці насіння (табл 3.3).

Таблиця 3.3

**Площа листової поверхні посівів сорго зернового залежно від рівня забезпеченості поживними речовинами та застосування біостимулятора росту рослин, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє 2022-2023 рр.)**

Мінеральне удобрення	Затосування біостимулятора росту рослин	Фази росту і розвитку рослин		
		кущіння	вихід у трубку	формування зерна
Без добрив	Без РРР	7,5	22,5	41,4
	Стимпо 25 мл/г	7,8	23,2	42,3
	Стимпо (25 мл/г) + Стимпо (25 мл/га)	8,2	24,5	42,8
$N_{65}P_{65}K_{65}$	Без РРР	7,9	25,6	42,7
	Стимпо 25 мл/г	8,1	25,8	43,2
	Стимпо (25 мл/г) + Стимпо (25 мл/га)	8,3	26,2	43,8
$N_{85}P_{85}K_{85}$	Без РРР	8,5	26,3	44,3
	Стимпо 25 мл/г	8,7	26,8	44,8
	Стимпо (25 мл/г) + Стимпо (25 мл/га)	8,8	27,3	44,9

У фазі початку формування зерна розвиток листової поверхні на рослинах сорго досягав свого максимуму. На це вказує збільшення значень

площі листової поверхні посівів від 41,4 тис.м<sup>2</sup>/га на контрольному варіанті до 44,9 тис.м<sup>2</sup>/га у варіанті N<sub>85</sub>P<sub>85</sub>K<sub>85</sub> + Стимпо у допосівній обробці насіння та у позакореневій обробці посівів сорго.

У варіантах із зниженням забезпеченості рослин елементами мінерального живлення, розміри асиміляційної поверхні посівів зменшувалися, тобто зберігалася подібна закономірність у розвитку асиміляційної поверхні посівів як і у попередні фази розвитку.

Ключовим фактором формування продуктивності рослин сорго є не тільки величина листової поверхні, а й тривалість її активного функціонування. Це у свою чергу відображають значення показника фотосинтетичного потенціалу (ФП). Величина даного показника може свідчити про параметри сумарної характеристики фотосинтетичної діяльності рослин за вегетаційний період. Вона може змінюватися в широких межах, залежно від впливу ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування.

Результати наших досліджень показали широку варіацію значення фотосинтетичного потенціалу посівів сорго залежно від рівня мінерального удобрення та застосування біостимулятора росту рослин. Найменша фотосинтетична потужність посівів була відмічена у фазі кушіння, де значення фотосинтетичного потенціалу змінювалися у межах від 0,233 млн.м<sup>2</sup> діб/га на контрольному варіанті до 0,249 млн.м<sup>2</sup> діб/га - у варіанті комплексного застосування мінеральних добрив і біостимулятора росту рослин.

Значення даного показника закономірно підвищувалися по мірі покращання забезпеченості рослин елементами мінерального живлення та у варіантах поєднання мінерального удобрення та застосування біостимулятора росту рослин. Найбільш потужною фотосинтетична поверхня посівів сорго була у період викидання волотей - молочної стиглості зерна. На цей час фотосинтетичний потенціал посівів сорго змінювався у межах від 0,934 млн.м<sup>2</sup> діб/га на контрольному варіанті до 0,978 млн.м<sup>2</sup> діб/га - у варіанті комплексного застосування мінеральних

добрив і біостимулятора росту рослин. Загалом по досліді у всі фази розвитку рослин спостерігалось збільшення фотосинтетичної потужності посівів сорго по мірі покращання забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Застосування біостимулятора росту рослин також забезпечувало збільшення розмірів листкової поверхні рослин та подовження тривалості активного функціонування листкових пластинок (табл 3.4).

Таблиця 3.4

**Фотосинтетичний потенціал посівів сорго зернового залежно зернового залежно від рівня забезпеченості поживними речовинами та застосування біостимулятора росту рослин, млн.м<sup>2</sup> діб/га (середнє 2022-2023 рр.)**

Мінеральне удобрення	Застосування біостимулятора росту рослин	Фази росту і розвитку рослин		
		кущіння-вихід в трубку	вихід у трубку - викидання волоті	викидання волоті - молочна стиглість зерна
Без добрив	Без РРР	0,233	0,586	0,935
	Стимпо 25 мл/т	0,237	0,594	0,944
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	0,242	0,603	0,952
N <sub>65</sub> P <sub>65</sub> K <sub>65</sub>	Без РРР	0,236	0,608	0,943
	Стимпо 25 мл/т	0,238	0,611	0,956
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	0,245	0,615	0,965
N <sub>85</sub> P <sub>85</sub> K <sub>85</sub>	Без РРР	0,239	0,614	0,957
	Стимпо 25 мл/т	0,241	0,619	0,967
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	0,249	0,622	0,978

Відповідно до зростання розмірів асиміляційної поверхні рослин та подовження тривалості їх активного функціонування, зростала кількість накопиченої рослинами органічної речовини. Це, перш за все пов'язано із процесом фотосинтезу, у ході якого рослинами створюється до 90-95 % органічної сухої біомаси. У свою чергу інтенсивність і продуктивність фотосинтетичної роботи посівів визначається морфо-біологічними характеристиками культури та впливу комплексу факторів навколишнього

середовища. Результати досліджень показали значний позитивний вплив мінерального удобрення, застосування біодобрива та біостимулятора росту рослин на продуктивність роботи фотосинтетичного апарату сорго впродовж вегетаційного періоду. Слід відмітити, що темпи приросту сухої біомаси рослин були найменшими у початкові етапи розвитку рослин. У фазі кущіння маса рослин у абсолютно сухому стані змінювалася у межах від 40,3 г/м<sup>2</sup> на контрольному варіанті до 46,8 г/м<sup>2</sup> у варіанті комплексного застосування мінерального удобрення та біостимулятора росту рослин у допосівній обробці насіння та проведення позакореневого обприскування посівів.

Починаючи від фази кущіння інтенсивність накопичення сухої маси у рослинах підвищувалася і набувала максимальних значень у фазі формування зерна. Найбільш сприятливі умови накопичення рослинами абсолютно сухої біомаси були у варіанті максимального забезпечення рослин поживними речовинами за рахунок внесення N<sub>85</sub>P<sub>85</sub>K<sub>85</sub> та застосування біостимулятора росту рослин. У даному варіанті збільшення значено досліджуваного показника щодо контрольного варіанту становило 11,8% (табл 3.5).

Таблиця 3.5

**Динаміка накопичення сухої речовини в рослинах сорго  
зернового залежно від рівня забезпеченості поживними  
речовинами та застосування біостимулятора росту,  
(середнє 2022-2023 рр.)**

Мінеральне удобрення	Застосування біостимулятора росту рослин	Фази росту і розвитку рослин		
		кущіння	вихід у трубку	формування зерна
Без добрив	Без РРР	40,3	123,2	263,2
	Стимпо 25 мл/т	41,5	127,8	265,8
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	42,8	129,3	267,6
N <sub>65</sub> P <sub>65</sub> K <sub>65</sub>	Без РРР	42,3	128,6	288,5
	Стимпо 25 мл/т	44,2	129,5	289,4
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	44,4	130,1	292,1
N <sub>85</sub> P <sub>85</sub> K <sub>85</sub>	Без РРР	45,7	131,2	290,3
	Стимпо 25 мл/т	46,2	132,6	292,7
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	46,8	132,8	294,3

У варіантах із внесенням  $N_{65}P_{65}K_{65}$  маса абсолютно сухої речовини із  $1 \text{ м}^2$  була на рівні 288,5-292,1  $\text{г/м}^2$  із збільшенням залежно від способу застосування біостимулятора росту рослин. У варіантах, де мінеральні добрива не вносилися, значення маси рослин у абсолютно сухому стані були найменшими.

### **3.4. Величина елементів продуктивності та урожайність сорго за різної забезпеченості рослин поживними речовинами та застосування біостимулятора росту**

Метою вирощування будь-якої сільськогосподарської культури є підвищення рівня продуктивності як окремих рослин і так і посіву загалом, що дозволяє забезпечити зростаючий попит на продовольчі товари, кормові ресурси та сировину для промисловості. Таким чином, продуктивність рослин є інтегрованим показником, що показує ефективність застосування перних елементів агротехнології вирощування за різних ґрунтово-кліматичних умов.

Результати наших досліджень свідчать про позитивний вплив досліджуваних факторів на величину елементів структури врожаю. Так, довжина і озерненість волоті були найбільшими у варіанті максимальної забезпеченості рослин елементами мінерального живлення ( $N_{85}P_{85}K_{85}$ ). Значення даних показників перевищували контрольний варіант відповідно на 3,4 см і 144 шт відповідно у варіанті із допосівною обробкою насіння Стимпо і на 6,9 см і 171 шт відповідно у варіанті комплексного застосування біостимулятора росту рослин. У варіанті внесення  $N_{65}P_{65}K_{65}$  величина волоті та кількості зерен з неї була меншою із збереженням закономірності збільшення залежно від способу застосування біостимулятора росту рослин. Так проведення допосівної обробки насіння Стимпо забезпечило збільшення довжини волоті на 1,1 см і кількості зерна в ній - на 47 шт. У варіантах поєднання застосування допосівної обробки і

обприскування посівів сорго Стимпо значення даних параметрів продуктивності збільшувалися порівняно з контролем на 1,7 см і 84 шт відповідно (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Продуктивність волоті головного стебла гібридів сорго зернового залежно від рівня забезпеченості поживними речовинами та застосування біостимулятора росту, (середнє за 2022–2023 рр.)**

Мінеральні добрива	Застосування біостимулятора росту рослин	Довжина волоті, см	Озерненість волоті, шт.	Маса 1000 зерен, г
Без добрив	Без PPP	24,5	1548	41,3
	Стимпо 25 мл/т	25,6	1595	41,9
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	26,2	1632	42,2
N <sub>65</sub> P <sub>65</sub> K <sub>65</sub>	Без PPP	27,3	1654	43,2
	Стимпо 25 мл/т	28,2	1669	43,9
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	29,4	1677	44,5
N <sub>85</sub> P <sub>85</sub> K <sub>85</sub>	Без PPP	27,9	1692	44,9
	Стимпо 25 мл/т	29,2	1701	46,3
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	31,4	1719	47,4

Одним з основних показників якості насіння є маса 1000 зерен, яка впливає на схожість, насінневий потенціал, початковий ріст та продуктивність рослин. Величина даного показника може свідчити про інтенсивність надходження органічних сполук до зерна у ході його формування і досягання. Найбільш інтенсивним даний процес був у варіантах із найвищим рівнем забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Маса 1000 зерна за внесення N<sub>85</sub>P<sub>85</sub>K<sub>85</sub> л змінювалася у межах від 44,9 г у варіанті без застосування Стимпо до 46,3 г, у варіанті із допосівною обробкою біостимулятора росту рослин і до 47,4 г - у варіанті поєданого застосування допосівної обробки насіння та позакореневої обробки посівів. Зменшення забезпеченості рослин основними елементами мінерального живлення призводило до зменшення показника маси 1000 насінин.

Проведення допосівної обробки насіння Стимпо забезпечило збільшення маси 1000 насінин на г порівняно з контролем. У варіантах поєднання застосування допосівної обробки і обприскування посівів сорго Стимпо значення маси 1000 насінин збільшувалося порівняно з контролем на 0,9 г (табл 3.7).

Ключовим показником, що визначає ефективність застосування окремих елементів агротехнологічного процесу вирощування є урожайність зерна. у нашому дослідженні відмічений істотний позитивний вплив досліджуваних факторів на її величину. Найвищі значення даного показника (6,28 т/га) були відмічені у варіанті комплексного поєднання допосівної обробки насіння та обприскування посівів на фоні внесення N<sub>85</sub>P<sub>85</sub>K<sub>85</sub>.

Таблиця 3.7

**Урожайність зерна сорго зернового залежно від рівня забезпеченості поживними речовинами та застосування біостимулятора росту рослин, (середнє за 2022–2023 рр.)**

Мінеральні добрива	Застосування біостимулятора росту рослин	Урожайність зерна, т/га		Середнє за роки досліджень, т/га
		2022	2023	
Без добрив	Без PPP	5,32	5,93	5,63
	Стимпо 25 мл/т	5,44	6,09	5,77
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	5,48	6,18	5,83
N <sub>65</sub> P <sub>65</sub> K <sub>65</sub>	Без PPP	5,46	6,13	5,80
	Стимпо 25 мл/т	5,52	6,23	5,88
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	5,54	6,34	5,94
N <sub>85</sub> P <sub>85</sub> K <sub>85</sub>	Без PPP	5,67	6,22	5,95
	Стимпо 25 мл/т	5,72	6,56	6,14
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	5,86	6,69	6,28

НІР<sub>0,95</sub> А = 0,06 т/га

В = 0,09 т/га

АВ = 0,10 т/га

У варіантах внесення N<sub>65</sub>P<sub>65</sub>K<sub>65</sub> урожайність зерна зменшувалася, однак перевищувала контрольний варіант на 0,25-0,31 т/га. Застосування Стимпо у допосівній обробці насіння давало прибавку врожаю зерна

сорго у розмірі 0,14 т/га, а комплексне застосування доного біостимулятора росту рослин у допосівній обробці насіння та позакореневої обробки посівів надавало можливість підвищити рівень зернової продуктивності сорго на 0,20 т/га.

## РОЗДІЛ 4

### **ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРУ РОСТУ РОСЛИ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО**

Розрахунок економічних показників, що визначають раціональність застосування біостимулятора росту рослин Стимпо у допосівній обробці насіння та позакореновому обприскуванні рослин у фазі кушіння, внесення  $N_{65}P_{65}K_{65}$ ,  $N_{85}P_{85}K_{85}$  та їх поєднання був проведений із використанням матеріалів у яких вказана вартість матеріальних ресурсів та засобів у агротехнологічному процесі вирощування культури на основі діючих у 2022-2023 рр. розцінок. Вартість досліджуваних прийомів була різною, що в кінцевому рахунку визначило економічну ефективність застосування їх у агротехнологічному процесі вирощування.

Результати досліджень показали, що виробничі витрати, залежно від досліджуваних прийомів змінювалися у межах від 24352 грн/га на контрольному варіанті до 24756 грн/га на варіанті поєднання обробки насіння та позакореневого обприскування посівів Стимпо (25 мл/т + 25 мл/га) на фоні внесення  $N_{85}P_{85}K_{85}$ . Натомість вартість валової продукції збільшувалася у протилежному напрямку, що пояснюється зростанням рівня врожаю у варіантах із застосуванням біостимулятора росту рослин та мінеральних добрив. Величини даних показників визначили рівень собівартості та рентабельності виробництва зернової продукції сорго. Дані величини змінювалися у межах від 4325 до 3935 грн./т, та 38,7-52,5 % залежно від застосування елементів технології та величини урожайності зерна.

Аналіз економічної ефективності застосування елементів технології вирощування виказав достатньо високу доцільність поєднання комплексного використання біостимулятора росту рослин Стимпо у допосівній обробці насіння та позакореновому обприскуванні посівів та внесення  $N_{85}P_{85}K_{85}$ , де рентабельність виробництва зернової продукції сорго підвищувалася до 52,5 % (табл 4.1).

Таблиця 4.1

**Економічна ефективність мінерального удобрення та застосування біостимулятора росту рослин у агротехнологічному процесі вирощування сорго зернового (2022-2023 рр.)**

Мінеральні добрива	Застосування біостимулятора росту рослин	Вартість валової продукції грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Умовно-чистий прибуток, грн./га	Собівартість, грн./т	Рентабельність, %
Без добрив	Без РРР	33780	24352	9428	4325	38,7
	Стимпо 25 мл/т	34620	24367	10253	4223	42,1
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	34980	24395	10585	4184	43,4
$N_{65}P_{65}K_{65}$	Без РРР	34800	24586	10214	4239	41,5
	Стимпо 25 мл/т	35280	24635	10645	4190	43,2
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	35640	24645	10995	4149	44,6
$N_{85}P_{85}K_{85}$	Без РРР	35700	24652	11048	4143	44,8
	Стимпо 25 мл/т	36840	24708	12132	4024	49,1
	Стимпо (25 мл/т) + Стимпо (25 мл/га)	37680	24756	12967	3935	52,5

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Важливими елементами інтенсифікації виробничого процесу отримання аграрної продукції є широке застосування мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних речовин, що разом із підвищенням рівня зернової продуктивності посівів мають суттєвий, здебільшого, негативний вплив не тільки на умови життєдіяльності ґрунтової біоти, а й на агроєкосистеми в цілому.

Родючість ґрунтів у виконанні їхніх нормальних функцій погіршилася через різні процеси, такі як засолення, виснаження органічних засолення, виснаження органічної речовини, дисбаланс поживних речовин, анаеробіоз та ущільнення. Тому для захисту та посилення стійкості агроєкосистем, родючість ґрунтів потребує негайного вирішення. Родючість ґрунту визначається як здатність ґрунту виконувати агрономічні та екологічні функції. Очікується, що здоровий ґрунт є достатньо придатним для утримання води, поглинання вуглецю, продуктивності рослин, рекультивації відходів та інших функцій. Стала екосистема вимагає постійного підтримання або покращення родючості ґрунту. Моніторинг екосистем залежить від використання індикаторів, які повинні відображати ґрунтові процеси, інтегрувати різні властивості ґрунту та бути чутливими до змін у навколишньому середовищі. Індикатори родючості ґрунту - це поєднання фізичних, хімічних та біологічних процесів, які здатні реагувати на зміну ґрунтових умов. Основними поживними речовинами для рослин, що вносяться в ґрунт, є азотні, фосфорні та калійні добрива, які впливають на стан ґрунту, регулюючи флокуляційно-дисперсійні та/або коагуляційні процеси.

Більшість поживних речовин, які вносяться в ґрунт, самі по собі не є кислими, але їхня реакція в ґрунті знижує рівень рН. Азотні добрива які були життєво важливими для "зеленої революції", були визнані основним чинником підвищення кислотності ґрунтів. Кислотність ґрунту може розвиватися у відповідь на внесення азотних добрив, коли додавання N перевищує асиміляцію

чи накопичення його біотичними компонентами, відповідно. Крім того, неповне повернення органічних аніонів також може сприяти процесу підкислення. Guo та ін. [81] відзначили, що застосування високих норм азотних добрив значно знизило рН ґрунту і призвело до сильного підкислення ґрунту в період між 1980 і 2000 роками. Пізніше інші дослідження також підтвердили цей висновок і повідомили про відмінності в рівнях підкислення, спричиненого довготривалим застосуванням різних джерел азоту [82, 83]. Malhi et al. (1991, 2000) дослідили вплив внесення  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  та сечовини на рівень підкислення ґрунту протягом 5-16 років. Результати показали, що порядок підкислюючих ефектів був наступним:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 > \text{NH}_4\text{NO}_3 > \text{сечовина}$  [84]. У дослідженні Bouman та ін. (1995) оцінювали застосування  $\text{NH}_3$  і сечовини протягом 9 років і виявили, що  $\text{NH}_3$  призводить до більшої кислотності, ніж сечовина. У свою чергу Зниження рН ґрунту згодом призводить до збільшення вмісту  $\text{Al}^{3+}$  і  $\text{Fe}^{2+}$  та виснаження основних катіонів, таких як  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{K}^+$ , що перешкоджає нормальному росту і розвитку рослин. Крім того, доступність фосфатів також ускладнюється в ґрунті з низьким рівнем рН через утворення важкорозчинних фосфатів Al та Fe [82].

Визнано, що вміст органічної речовини є важливим атрибутом родючості ґрунту. Органічна речовина складається з живої та неживої фракцій. Жива частина включає біомасу ґрунтових мікроорганізмів і живе коріння, тоді як нежива частина складається з гетерогенної органічної речовини. Ґрунтова органічна речовина відіграє життєво важливу роль у стабільності агрегатів і впливає на пористість ґрунту, а отже, на реакції газообміну та водний режим. Близько 50% органічної речовини ґрунту складається з лабільного, повільного і стабільного пулу вуглецю [85]. У хімічно удобрених ґрунтах вуглець, отриманий з сільськогосподарських культур, є єдиним основним джерелом вуглецю. Органічна речовина ґрунту слугує ключовим резервуаром у вуглецевому циклі і сховищем поживних речовин; і через домінування у ключових фундаментальних біологічних і хімічних процесах, він відіграє значну роль у вивільненні та доступності поживних речовин [86].

Поглинання рослинами азоту в хімічно удобреному ґрунті є нижчим, ніж у природному ґрунті [87]. Було відзначено, що виснаження органічного азоту знижує продуктивність ґрунту та агрономічну ефективність азотних добрив [88]. Крім того, добрива можуть спричиняти підкислення ґрунту та зниження його продуктивності. N-індуковане підкислення і зниження вмісту доступної вологи в ґрунті може зменшити очікувані переваги від внесення мінерального N до ґрунтів на органічну масу ґрунту і може фактично знизити темпи надходження органічної речовини до ґрунту.

Таким чином проблема навколишнього середовища набуває все більшого загострення. Для її вирішення в Україні останніми роками спостерігається створення спеціальних національних і міжнародних органів управління і контрол. Основними їх обов'язками є забезпечення екологічної безпеки регіону та держави в цілому.

Завдання екологічної експертизи охоплюють:

Базове дослідження: Вивчення початкового стану навколишнього середовища – біофізичного, соціального та економічного – до початку впровадження операцій. Воно використовується в якості базового орієнтира, за яким будуть вимірюватися зміни впливу.

Оцінка впливу, що включає прогнозування та оцінку впливу. Цей крок, як правило, є технічною і, отже, найбільш складною і суперечливою частиною всього процесу екологічної експертизи. Значимість впливів оцінюється, як правило, за допомогою деякого процесу кількісної оцінки. Вивчення впливу альтернатив також є частиною цього етапу.

Заходи щодо пом'якшення наслідків: Ці заходи призначені для зменшення масштабів і негативних наслідків, пов'язаних з впровадженням певного процесу вирощування.

Звітність та аналіз: Звіт, який у деяких випадках називається заявою про вплив на навколишнє середовище, документує результати екологічної експертизи дослідження.

Прийняття рішень: Остаточне рішення зазвичай приймає посадова особа (або комітет) відповідного державного міністерства. Особа, яка приймає рішення, має один із трьох варіантів, а саме: (1) прийняття однієї з альтернатив проекту; (2) Повернення звіту проведеної експертизи із запитом на подальше вивчення в певних конкретних областях; та (3) повна відмова від запропонованого проекту разом із альтернативними версіями.

Моніторинг: Моніторинг і аудит проводяться під час реалізації проекту і забезпечують дотримання керівних принципів і рекомендацій, викладених в документах екологічної експертизи. Участь громадськості та зацікавлених сторін відбувається протягом усього процесу і є частиною збору інформації, а також звітності та розгляду пропозиції.

Екологічна експертиза технологій вирощування гороху в ДП ДГ „Степне” показала, важливість розробки і прийняття рішень щодо обмеження та раціонального і більш безпечного використання мінеральних добрив. Наразі у господарстві розроблені гігієнічні нормативи, санітарні норми і правила, проводиться екологічна оцінка методів внесення мінеральних добрив, а також удосконалюються технології застосування мінеральних добрив, за рахунок зменшення нерівномірності їх розсіювання. Важливими заходами, що сприяють зменшенню забруднення вод річок поверхневими стоками з полів є скорочення термінів зберігання добрив на полях та будівництво спеціальних майданчиків, де можна було б тимчасово зберігати мінеральні добрива у польових умовах. У господарстві заборонено вносити добрива по сніговому покриву, а також відбувається створення лісосмуг, за рахунок яких забезпечується затримання поверхневого стоку води з полів. У господарстві діють правила, що сприяють суворому дотриманню вимог транспортування і зберігання хімічних добрив та їх утилізації після закінчення строків використання. Разом з тим для зменшення втрати хімічних елементів і з добрив у господарстві відведені відповідні приміщення.

## РОЗДІЛ 6

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до “Типового положення про службу охорони праці” і Закону України “Про охорону праці” (ст. 15) відповідальність за організацію та стан охорони праці в ДПДГ «Степне» Полтавського району, Полтавської області несе директор господарства. У своїй діяльності по охороні праці він керується законодавчими і нормативними актами, наказами і розпорядженнями вищих органів, типовими правилами пожежної безпеки.

Перед внесенням будь-якого добрива важливо враховувати:

- Загальний стан рослин: вік, продуктивність, аналіз позакореневого підживлення і т.д. щоб знати кількість необхідних їм поживних речовин.

- Слід брати до уваги, чи плантації ще перебувають у стадії виробництва чи вже у стадії виробництва, оскільки потреби в поживних речовинах різняться.

- Щоб визначити кількість азоту, якого потребують сільськогосподарські культури, необхідно провести аналіз ґрунту і врахувати такі фактори, як вологість ґрунту.

- Для визначення дози внесених фосфору, калію та магнію необхідні аналізи ґрунту та/або позакореневого підживлення, а також інформація про минулі внесення добрив. Рекомендується контролювати принаймні кожні 2 роки потребу в цих елементах за допомогою цього типу аналізу.

- Необхідно знати кількість гною та інших органічних добавок, які необхідно внести, щоб уникнути згубного впливу на органічне виробництво.

- Кліматичні умови важливі, оскільки надлишок води та вологості, надмірне випаровування, сильний холод, відсутність світла або інші умови можуть серйозно змінити стан врожаю.

Як уже згадувалося, добривом можуть бути природні речовини, відомі як органічні добрива, або хімічні речовини, які називаються хімічними добривами, неорганічними добривами, мінеральними добривами або синтетичними добривами.

Ризики, що виникають при використанні добрив і поводженні з ними, залежать від типу добрив:

- Використання органічних добрив: небезпека, пов'язана з виділенням певних токсичних і легкозаймистих газів (аміак, вуглекислий газ, метан і сірководень). Також з ризиком зараження через вміст патогенних організмів для здоров'я людини. В значній мірі вони можуть бути використані в органічному сільському господарстві (переробка органічних продуктів)

- Використання хімічних добрив: ризики, пов'язані з їх фізико-хімічними характеристиками та ступенем токсичності через використання хімічних продуктів.

Основними ризиками, пов'язаними з неправильним використанням добрив, є:

- Внутрішні властивості хімічної речовини, такі як легкість засвоєння речовини організмом і його здатність завдавати шкоди.

- Умови, що полегшують контакт між хімічними речовинами і людиною, що їх застосовує, такі як поширення в повітрі, поводження з ними, частота контакту зі шкірою, температура і т. д.

- Індивідуальні особливості аплікатора, такі як вік, стать, стан здоров'я і т.д., які можуть привести до більшої схильності пошкоджень.

- Неправильне поводження з цими речовинами, наприклад куріння під час нанесення продуктів або невикористання відповідних засобів захисту [89-91].

Відповідальним за охорону праці на даному підприємстві є інженер з охорони праці. Керівники і спеціалісти господарства несуть відповідальність за стан охорони праці в межах своїх підрозділів і галузей.

Усі роботи, пов'язані з використанням агрохімікатів, до яких безпосередньо належать мінеральні добрива необхідно виконувати під керівництвом спеціаліста із охорони праці. Відповідальність за охорону праці покладають на керівників господарств.

Щороку перед початком робіт усі задіяні у них працівники, повинні пройти навчання та інструктаж з питань охорони праці та обов'язковий медичний огляд.

Особи, відповідальні за транспортування, зберігання та застосування агрохімікатів, повинні мати допуск (посвідчення) на право роботи із зазначеними засобами. До виконання робіт працівники залучаються за належно оформленим нарядом чи розпорядженням.

Не допускаються до таких робіт особи:

- віком молодше 18 років;
- вагітні й жінки годувальниці;
- особи з різними хронічними захворюваннями, які мають медичні протипоказання.

Проведення робіт із мінеральними добривами має бути максимально механізованим.

Кожен працівник повинен мати комплект спецодягу, спецвзуття та засобів індивідуального захисту (протигаз, респіратор із змінними патронами, захисні окуляри, рукавички тощо) на весь період робіт.

Вибір засобів індивідуального захисту потрібно здійснювати з урахування властивостей пестицидів і мінеральних добрив, умов праці та особистих даних працівника. Захисні засоби необхідно зберігати в спеціально відведених приміщеннях в окремих персональних шафах.

Працівники повинні суворо дотримуватись вимог безпеки під час таких операцій:

- зберігання і видача мінеральних добрив;
- навантажувально-розвантажувальні роботи і транспортування мінеральних добрив до місця внесення;
- проведення операцій внесення мінеральних добрив;

Керівник робіт повинен:

1. ознайомити працівників з характеристикою агрохімікатів, особливостями їх впливу на організм людини і навколишнє середовище, заходами безпеки, правилами охорони та гігієни праці;
2. провести інструктаж з охорони праці;
3. ознайомити працівників з правилами надання домедичної допомоги;

## ВИСНОВКИ

1. Інтенсивність лінійного росту рослин сорго у висоту та формування на них бічних панонів визначалася забезпеченістю рослин поживними речовинами впродовж вегетаційного періоду та застосуванням біостимулятора росту Стимпо . Найбільш сприятливі умови для проходження ростових процесів сорго створювалися за проведення допосівної обробки насіння та позакореневої обробки посівів біостимулятором росту рослин Стимпо на фоні внесення  $N_{85}P_{85}K_{85}$ .

2. Внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$  та комплексне застосування біостимулятора росту рослин Стимпо мали найбільш виражений позитивний ефект на формування листової поверхні рослин, її фотосинтетичну діяльність і відповідно накопичення рослинами абсолютно сухої біомаси. У свою чергу це мало прямий вплив на величину індивідуальної продуктивності рослин та урожайності посівів.

3. Проведення допосівної обробки насіння та позакореневої обробки посівів біостимулятором росту рослин Стимпо на фоні внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$  надає можливість підвищити зернову продуктивність посівів сорго до 6,28 т/га та збільшити рентабельності виробництва зернової продукції до 52,5 %.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Ефективними рекомендованими елементами агротехнологічного процесу вирощування сорго є поєднання комплексного застосування біостимулятора росту рослин Стимпо у допосівній обробці насіння (25,0 мл/т) та обприскування вегетуючих рослин у фазі кущіння (25,0 мл/га) та внесення мінеральних добрив дозою діючої речовини  $N_{100}P_{100}K_{100}$ . Застосування комплексу даних приймів надає можливість підвищити зернову продуктивність посівів сорго до 6,28 т/га та збільшити рівень їх економічної ефективності до 52,5 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ghonaim M. M., Mohamed H. I., Omran A. A. (2021). Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) salt stress tolerance using physiological parameters and retrotransposon-based markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2021. 68(1), 227–242. DOI 10.1007/s10722-020-00981-w.
2. Mohamed H. I., Ashry N. A., Ghonaim M. M. Physiological and biochemical effects of heat shock stress and determination of molecular markers related to heat tolerance in maize hybrids. *Gesunde Pflanzen*, 2019. 71(3), 213– 222. DOI 10.1007/s10343-019-00467-5.
3. Puoane T. R., Swaminathan S., Dehghan M. Associations of cereal grains intake with cardiovascular disease and mortality across 21 countries in prospective urban and rural epidemiology study: Prospective cohort study. *BMJ*, 2021. 372, m4948. DOI 10.1136/bmj.m4948.
4. Li S., Cheng C. S., Zhang C., Tang G. Y., Tan H. Y. et al. Edible and herbal plants for the prevention and management of COVID-19. *Frontiers in Pharmacology*, 2021. 12, 656103. DOI 10.3389/fphar.2021.656103.
5. Lee S. H., Lee H. S., Lee J., Amarakoon D., Lou Z. et al. Polyphenol containing sorghum brans exhibit an anti-cancer effect in *Apc Min/+* mice treated with dextran sodium sulfate. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021. 22(15), 8286. DOI 10.3390/ijms22158286.
6. Verma D. K., Srivastav P. P. Bioactive compounds of rice (*Oryza sativa* L.): Review on paradigm and its potential benefit in human health. *Trends of Food Science and Technology*, 2020, 97, 355–365. DOI 10.1016/j.tifs.2020.01.007.
7. Anglani C. Sorghum for human food—A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 1998, 52(1), 85–95. DOI 10.1023/A:1008065519820.
8. Awika J. M., Rooney L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 2004, 65(9), 1199–1221. DOI 10.1016/j.phytochem.2004.04.001.

9. Punia H., Tokas J., Malik A., Sangwan S. Characterization of phenolic compounds and antioxidant activity in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) moench] grains. *Cereal Research Communications*, 2021, 49, 343–353. DOI 10.1007/s42976-020-00118-w.
10. Miafo A. P. T., Koubala B. B., Kansci G., Muralikrishna G. Antioxidant properties of free and bound phenolic acids from bran, spent grain, and sorghum seeds. *Cereal Chemistry*, 2020, 97, 1236–1243. DOI 10.1002/cche.10348.
11. Shen S., Huang R., Li C., Wu W., Chen H. et al. Phenolic compositions and antioxidant activities differ significantly among sorghum grains with different applications. *Molecules*, 2018, 23(5), E1203. DOI 10.3390/molecules23051203.
12. Romeilah R. M., El-Beltagi H. S., Shalaby E. A., Younes K. M., Moll E. H. et al. Antioxidant and cytotoxic activities of *Artemisia monosperma* L. and *Tamarix aphylla* L. essential oils. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2021, 49(1), 12233–12233. DOI 10.15835/nbha49112233.
13. Hill H., Lee L. S., Henry R. J. Variation in sorghum starch synthesis genes associated with differences in starch phenotype. *Food Chemistry*, 2012, 131(1), 175–183. DOI 10.1016/j.foodchem.2011.08.057.
14. USDA. National nutrient database for standard reference legacy release: Full report (all nutrients) 20067, 2019, sorghum grain.
15. Dicko M. H., Gruppen H., Zouzouho O. C., Traoré A. S., van Berkel W. J. H. et al. Effects of germination on the activities of amylases and phenolic enzymes in sorghum varieties grouped according to food end-use properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 86(6), 953–963. DOI 10.1002/(ISSN) 1097-0010.
16. Barros F., Awika J., Rooney L. W. Effect of molecular weight profile of sorghum proanthocyanidins on resistant starch formation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, 94(6), 1212–1217. DOI 10.1002/jsfa.6400.
17. MartinoI H. S. D., Tomaz P. A., Moraes É. A., Conceição L. L. D., Oliveira D. D. S. et al. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 2012, 71(2), 337–344.

18. Verbruggen M. A., Spronk B. A., Schols H. A., Beldman G., Voragen A. G. J. et al. Structures of enzymically derived oligosaccharides from sorghum glucuronoarabinoxylan. *Carbohydrate Research*, 1998, 306(1–2), 265–274. DOI 10.1016/S0008-6215(97)10064-7.
19. Belton P. S., Delgadillo I., Halford N. G., Shewry P. R. Kafirin structure and functionality. *Journal of Cereal Science*, 2006, 44(3), 272–286. DOI 10.1016/j.jcs.2006.05.004.
20. Xiong Y., Zhang P., Luo J., Johnson S., Fang Z. Effect of processing on the phenolic contents, antioxidant activity and volatile compounds of sorghum grain tea. *Journal of Cereal Science*, 2019, 85, 6–14. DOI 10.1016/j.jcs.2018.10.012.
21. González-Montilla F. M., Chávez-Santoscoy R. A., Gutiérrez-Urbe J. A., Serna-Saldivar S. O. Isolation and identification of phase II enzyme inducers obtained from black shawaya sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) moench] bran. *Journal of Cereal Science*, 2012, 55(2), 126–131. DOI 10.1016/j.jcs.2011.10.009.
22. Yang L., Allred K. F., Geera B., Allred C. D., Awika J. M. Sorghum phenolics demonstrate estrogenic action and induce apoptosis in nonmalignant colonocytes. *Nutrition and Cancer*, 2012, 64(3), 419–427. DOI 10.1080/01635581.2012.657333.
23. Moustafa-Farag M., Mohamed H. I., Mahmoud A., Elkelish A., Misra A. N. et al. Salicylic acid stimulates antioxidant defense and osmolyte metabolism to alleviate oxidative stress in watermelons under excess boron. *Plants*, 2020, 9, 724, DOI 10.3390/plants9060724.
24. Isaacson C. The change of the staple diet of black South Africans from sorghum to maize (CORN) is the cause of the epidemic of squamous carcinoma of the oesophagus. *Medical Hypotheses*, 2005, 64(3), 658–660. DOI 10.1016/j.mehy.2004.09.019.
25. Awika J. M., Yang L., Browning J. D., Faraj A. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. *LWT—Food Science and Technology*, 2009, 42(6), 1041–1046. DOI 10.1016/j.lwt.2009.02.003.

26. Awika J. M. Sorghum flavonoids: Unusual compounds with promising implications for health. In: Awika, J. M., Pironen, V., Bean, S. (Eds.), *Advances in cereal science: Implications to food processing and health promotion*, Washington DC, American Chemical Society, 2011, 171-200.
27. Wu G., Shen Y., Qi Y., Zhang H., Wang L. et al. Improvement of in vitro and cellular antioxidant properties of Chinese steamed bread through sorghum addition. *LWT—Food Science and Technology*, 2018, 91, 77– 83 DOI 10.1016/j.lwt.2017.12.074.
28. Stefoska-Needham A., Beck E. J., Johnson S. K., Batterham M. J., Grant R. et al. A diet enriched with red sorghum flaked biscuits, compared to a diet containing white wheat flaked biscuits, does not enhance the effectiveness of an energy-restricted meal plan in overweight and mildly obese adults. *Journal of the American College of Nutrition*, 2017, 36(3), 184–192. DOI 10.1080/07315724.2016.1237314.
29. Stefoska-Needham A., Beck E. J., Johnson S. K., Chu J., Tapsell L. C. Flaked sorghum biscuits increase postprandial GLP-1 and GIP levels and extend subjective satiety in healthy subjects. *Molecular Nutrition Food Research*, 2016, 60(5), 1118–1128. DOI 10.1002/mnfr.201500672. 22 *Phyton*, 2022
30. Kim J., Park Y. Anti-diabetic effect of sorghum extract on hepatic gluconeogenesis of streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutrition Metabolism*, 2012, 9(1), 106. DOI 10.1186/1743-7075-9-106.
31. Poquette N. M., Gu X., Lee S. O. Grain sorghum muffin reduces glucose and insulin responses in men. *Food Function*, 2014, 5(5), 894–899. DOI 10.1039/C3FO60432B.
32. Maunder B. Sorghum-The global grain of the future, 2002. <http://www.sorghumgrowers.com/maunder.htm>
33. Adamu A. M., Alhassan W. S. Improving the nutritive value of sorghum stover by treatment with organic ash, urea and poultry waste. *Proceedings 18th Annual Conference Nigerian Society Animal Production, Federal University of Technology, Owerri*, 1993, 92.
34. Sofy A. R., Sofy M. R., Hmed A. A., Dawoud R. A., Refaey E. E. et al.

- Molecular characterization of the Alfalfa mosaic virus infecting *Solanum melongena* in Egypt and the control of its deleterious effects with melatonin and salicylic acid. *Plants*, 2021, 28, 10(3), 459. DOI 10.3390/plants10030459.
35. Hirel B., Tétu T., Lea P. J., Dubois F. Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. *Sustainability*, 2011, 3, 1452–1485
36. Dovale J. C., Delima R. O., Fritsche-Neto R. Breeding for nitrogen use efficiency, in *Plant Breeding for Abiotic Stress Tolerance*, eds R. Fritsche Neto and A. Borem (Berlin: Springer), 2012, 53–65.
37. Crawford N. M., Glass A. D. M. Molecular and physiological aspects of nitrate uptake in plants. *Trends Plant Sci.*, 1998, 3, 389–395. doi: 10.1016/s1360-1385(98)01311-9
38. Crawford N. M., and Glass A. D. M. Molecular and physiological aspects of nitrate uptake in plants. *Trends Plant Sci.*, 1998, 3, 389–395. doi: 10.1016/s1360-1385(98)01311-9
39. Pathak R. R., Ahmad A., Lochab S., and Raghuram N. Molecular physiology of plant nitrogen use efficiency and biotechnological options for its enhancement. *Curr. Sci.*, 2008, 94, 1394–1403.
40. Silva J., Uchida, R. Essential nutrients for plant growth: nutrient functions and deficiency symptoms, in *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture*, eds J. A. Silva and R. Uchida (Honolulu, HI: College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii and Manoa), 2000, 31–55.
41. Andrews M., Raven J. A., Lea, P. J. Do plants need nitrate? The mechanisms by which nitrogen form affects plants. *Ann. Appl. Biol.*, 2013, 163, 174–199. doi: 10.1111/aab.12045
42. McHenry B. M. Balanced Nutrition and Crop Production Practices for the Study of Grain Sorghum Nutrient Partitioning and Closing Yield Gaps. M.Sc. thesis. Manhattan, KS: Kansas State University, 2016.
43. Hirel B., Tétu T., Lea P. J., Dubois F. Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. *Sustainability*, 2011 3, 1452–1485.

44. Ma Z., Yue Y., Feng M., Li Y., Ma X., Zhao X., et al. Mitigation of ammonia volatilization and nitrate leaching via loss control urea triggered H-bond forces. *Sci. Rep.*, 2019, 9:15140. doi: 10.1038/s41598-019-51566-2
45. Mahmud K., Panday D., Mergoum A., Missaoui A. Nitrogen losses and potential mitigation strategies for a sustainable agroecosystem. *Sustainability*, 2021, 13:2400. doi: 10.3390/su13042400
46. Gleadow R. M., Ottman M. J., Kimball B. A., Wall G. W., Pinter P. J., LaMorte R. L., et al. Drought-induced changes in nitrogen partitioning between cyanide and nitrate in leaves and stems of sorghum grown at elevated CO<sub>2</sub> are age dependent. *Field Crops Res.*, 2016, 185, 97–102. doi: 10.1016/j.fcr.2015.10.010
47. McHenry B. M. Balanced Nutrition and Crop Production Practices for the Study of Grain Sorghum Nutrient Partitioning and Closing Yield Gaps. M.Sc. thesis. Manhattan, KS: Kansas State University, 2016.
48. Worland B., Robinson N., Jordan D., Schmidt S., Godwin I. Post-anthesis nitrate uptake is critical to yield and grain protein content in Sorghum bicolor. *J. Plant Physiol.*, 2017, 216, 118–124. doi: 10.1016/j.jplph.2017.05.026
49. van Oosterom E. J., Borrell A. K., Chapman S. C., Broad I. J., Hammer G. L. Functional dynamics of the nitrogen balance of sorghum: I. N demand of vegetative plant parts. *Field Crops Res.*, 2010, 115, 19–28.
50. Muchow R. C., Sinclair, T. R. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field-grown maize and Sorghum. *Crop Sci.*, 1994, 34, 721–727. doi: 10.2135/cropsci1994.0011183x003400030022x
51. van Oosterom E. J., Chapman S. C., Borrell A. K., Broad I. J., Hammer G. L. Functional dynamics of the nitrogen balance of sorghum. II. Grain filling period. *Field Crops Res.*, 2010, 115, 29–38.
52. Aziz T., Sabir M., Farooq M., Maqsood M. A., Ahmad H. R., Warraich E. A. Phosphorus deficiency in plants: responses, adaptive mechanisms, and signaling, in *Plant Signaling: Understanding the Molecular Crosstalk*. eds. K. Hakeem, R. Rehman and I. Tahir (Switzerland: Springer Nature), 2014, 133–148.
53. Babalola O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol. Lett.*,

2010, 32, 1559–1570. doi: 10.1007/s10529-010-0347-0

54. Gemenet D. C., Leiser W. L., Beggi F., Herrmann L. H., Vadez V., Rattunde H. F. W., et al. Overcoming phosphorus deficiency in west African pearl millet and sorghum production systems: promising options for crop improvement. *Front. Plant Sci.*, 2016, 7:1389. doi: 10.3389/fpls.2016.01389
55. Alori E. T., Glick B. R., Babalola O. O. Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Front. Microbiol.*, 2017, 8:971. doi: 10.3389/fmicb.2017.00971
56. Li Y., Wang, C., Wang T., Liu Y., Jia S., Gao Y., et al. Effects of different fertilizer treatments on rhizosphere soil microbiome composition and functions. *Land*, 2020, 9:329. doi: 10.3390/land9090329
57. Chawngthu L., Hnamte R., Lalfakzuala R. Isolation and characterization of rhizospheric phosphate solubilizing bacteria from wetland paddy field of Mizoram, India. *Geomicrobiol J.*, 2020, 37, 366–375. doi: 10.1080/01490451.2019.1709108
58. Zaidi A., Khan M., Ahemad M., Oves M. Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria. *Acta Microbiol. Immunol. Hung.*, 2009, 56, 263–284. doi: 10.1556/AMicr.56.2009.3.6
59. Rezakhani L., Motesharezadeh B., Tehrani M. M., Etesami H., Hosseini, H. M. Effect of silicon and phosphate-solubilizing bacteria on improved phosphorus (P) uptake is not specific to insoluble P-fertilized sorghum (*Sorghum bicolor* L.) plants. *J. Plant Growth Regul.*, 2020, 39, 239–253. doi: 10.1007/ s00344-019-09978-x
60. Elfiati D., Delvian D., Hanum H., Susilowati A., Rachmat, H. H. Potential of phosphate solubilizing fungi isolated from peat soils as inoculant biofertilizer. *Biodiversitas J. Biol. Divers.*, 2021, 22, 3042–3048. doi: 10.13057/biodiv/ d220605
61. Saif S., Khan M. S., Zaidi A., Ahmad, E. Role of phosphatesolubilizing actinomycetes in plant growth promotion: current perspective, in *Phosphate Solubilizing Microorganisms*. eds. M. Khan, A. Zaidi and J. Musarrat (Switzerland: Springer Nature), 2014, 137–156.
62. Abawari R. A., Tuji F. A., Yadete D. M. Phosphate solubilizing bio-fertilizers and their role in bio-available P nutrient: an overview. *Int. J. Appl. Agric. Sci.*, 2020, 6,

162–171. doi: 10.11648/j.ijaas.20200606.11

63. Chen J., Zhao G., Wei Y., Dong Y., Hou L., Jiao R. Isolation and screening of multifunctional phosphate solubilizing bacteria and its growth-promoting effect on Chinese fir seedlings. *Sci. Rep.*, 2021, 11:9081. doi: 10.1038/s41598-021-88635-4

64. Gemenet D. C., Leiser W. L., Beggi F., Herrmann L. H., Vadez V., Rattunde H. F. W., et al. Overcoming phosphorus deficiency in west African pearl millet and sorghum production systems: promising options for crop improvement. *Front. Plant Sci.*, 2016, 7:1389. doi: 10.3389/fpls.2016.01389

65. Ямковський В. Особливості сучасної системи удобрення сої. Пропозиція. 2013. № 3. 66–70.

66. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т.1. Экология, режимы и процессы, классификация и генетико-производственные процессы / Под ред. Н.И. Полупана. К.: Урожай, 1988. 296.

67. Закалюжний В.М., Джурка Г.Ф. Полтавська область. Геолого- географічний нарис. Полтава, 2000. 130.

68. Метеорологічний звіт за 9 місяців 2018 року по метеорологічному посту с. Степне Полтавського району Полтавської області. – Полтава.: Полтавська ДСГДС ім. М.І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН, 2018. 19 с.

69. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта./ Б.А. Доспехов. – М.:Агропромиздат, 1985. 351.

70. Посыпанов Г.С. Энергетическая оценка технологии возделывания полевых культур: Учебное пособие / Г.С.Посыпанов, В.Е. Долгодворов. – Москва, 1995. 125.

71. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. –М., – 1985. Вып.3. 184.

72. Бабиц А.О. Методика проведення дослідів по кормовиробництву /Під ред А.О.Бабица. Вінниця, 1994. 87 с.

73. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Чмара, М.П. Власова. М.: АН СССР, 1961. 133.

74. Майсурян Н.А. Растениеводство / В.Н. Степанов, В.С. Кузнецов, В.И. Лукьянок. – М.: Колос, 1979. 320.
75. Rajjou L., Duval M., Gallardo K., Catusse J., Bally J., Job C., Job D. Seed germination and vigor. *Plant. Biol.* 2012, 63, 507–533. [10.1146/annurev-arplant-042811-105550](https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105550)
76. Nonogaki H. Seed Biology Updates—Highlights and New Discoveries in Seed Dormancy and Germination Research. *Front. Plant Sci.* 2017, 8, 1–16.
77. Nonogaki H. Seed Biology Updates—Highlights and New Discoveries in Seed Dormancy and Germination Research. *Front. Plant Sci.* 2017, 8, 1–16.
78. Nonogaki H., Bassel G.W., Bewley, J.D. Germination—Still a mystery. *Plant Sci.* 2010, 179, 574–581.
79. Bewley J.D. Seed germination and dormancy. *Plant Cell* 1997, 9, 1055–1066.
80. Wang C., He J., Zhao T-H., Cao Y., Wang G., Sun B., Yan X., Guo W., Li M-H. The Smaller the Leaf Is, the Faster the Leaf Water Loses in a Temperate Forest. *Front. Plant Sci.* 2019. 10:58. doi: 10.3389/fpls.2019.00058
81. Guo J.H., Liu X.J., Zhang Y., Shen J.L., Han W.X., Zhang W.F., Christie P., Goulding K.W., Vitousek P.M., Zhang F.S. Significant acidification in major Chinese croplands. *Science*, 2010, 327: 1008–1010.
82. Bouman O.T.D., Curtin C.A., Campbell V., Biederbeck O., Ukrainetz H. Soil acidification from long-term use of anhydrous ammonia and urea. *Soil Science Society of America Journal*, 1995, 59: 1488–1494.
83. Chien S.H., Collamer D.J., Gearhart M.M. The effect of different ammonical nitrogen sources on soil acidification. *Soil Science*, 2008, 173: 544–551.
84. Malhi S.S., Harapiak J.T., Nyborg M., Gill K.S. Effects of long-term applications of various nitrogen sources on chemical soil properties and composition of bromegrass hay. *Journal of Plant Nutrition*, 2000, 23: 903–912.
85. Pribyl D.W. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma*, 2010, 156: 75–83.
86. Henderson G.S. Soil organic matter: a link between forest management and productivity. In: McFee WW and Kelly JM (eds.) *Proceedings of the 8th North*

American Forest Soils Conference on Carbon Forms and Functions in Forest Soils, 1995, 419–435, Madison, WI: Soil Science Society of America.

87. Stevens W.B., Hoefl R.G., Mulvaney R.L. Fate of nitrogen-15 in a long-term nitrogen rate study: II. Nitrogen uptake efficiency. *Agronomy Journal*, 2005, 97: 1046–1053.

88. Mulvaney R.L., Khan S.A., Ellsworth T.R. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: a global dilemma for sustainable cereal production. *Journal of Environmental Quality*, 2009, 38: 2295–2314.

89. Гандзюк М.П., Желібо Е.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. Київ: Каравела, 2008. 34-41.

90. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2002. 40 -52.

91. Єсипенко А. Розроблення переліку профілактичних заходів щодо поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. На допомогу спеціалісту з охорони праці, №4, 2012. 36 – 40.

**ДОДАТОК А**  
**ХАРАКТЕРИСТИКА БІОСТИМУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН**  
**СТИМПО**

**Стимпо** - Новітній біостимулятор рослин із серії полікомпонентних препаратів, в основу дії якого покладено синергетичний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів з кореневої системи женьшеню і авермектинів.

**Склад препарату:**

**Комплекс** біологічно-активних сполук - продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів -1 г/л (насичені і ненасичені жирні кислоти (C<sub>14</sub>C<sub>28</sub>), полісахариди 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи)

**Комплекс** біогенних мікроелементів - 0,014 г/л

**Аверсектин С** - продукт життєдіяльності актиноміцету *Streptomyces avermytilis*

**Переваги препарату:** Під дією стимулятора росту Стимпо відбувається прискорений поділ клітин, ризогенез, розвиток симбіотичної мікрофлори в кореневій системі, посилення фотосинтетичної активності та розвиток листової поверхні, зниження фітотоксичної дії пестицидів. Стимпо має антимутагенний ефект, покращує якість вирощеної продукції, збільшує врожай. Препарат має яскраво виражену біозахисну і антипаразитарну дію.

## ДОДАТОК В

УДК 631.5:633.358

### ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ НА УРОЖАЙНІСТЬ СОРГО

Єремко Л.С., кандидат с.-г. наук, ст. н. с., доцент кафедри рослинництва

*Полтавський державний аграрний університет*

*doktor nauk rolniczych, adiunkt, Zakład Uprawy Roślin Pastewnych*

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, POLAND*

Сапа В.Г., СВО Магістр за спеціальністю 201 – Агрономія

*Полтавський державний аграрний університет*

**Актуальність теми.** У групі зернових сорго є найпоширенішою культурою універсального використання. Загальна світова величина його посівних площ сягає близько 45-51 млн. га і на сьогоднішній день її значення невпинно зростають.

Значна популярність сорго пов'язана із його використанням майже у всіх сферах народного господарства. Зелена маса його рослин є добрим кормом майже для всіх видів свійських тварин, сировиною для виготовлення волокна, палива та виробництва целюлозного етанолу. Соргову крупу, шрот і борошно можна використовувати окремо або в суміші з пшеничним борошном для виготовлення різноманітних хлібобулочних виробів [1].

За хімічним складом і поживною цінністю зерно сорго наближається до рису, кукурудзи та пшениці. Воно містить близько 11,4% білка, 56-75% крохмалю, 2,1-7,6% олії, 1,0-3,4% сирі клітковини, 1,3-3,3% золи, вітаміни та мінеральні елементи [2]. Пігментоване зерно сорго слугує джерелом поліфенолів та дубильні речовин, що є досить корисними для здоров'я людини. Зокрема антиоксидантна активність поліфенолів, пов'язана з профілактикою захворювань, спричинених окислювальним стресом, антимікробною та протизапальною дією, а також покращанням метаболізму глюкози [3].

Завдяки широкому діапазону екологічної адаптації, сорго є культурою, вирощування якої може гарантувати стабільне виробництво зернової продукції у районах недостатнього і нестійкого зволоження, площа яких за останні роки невпинно збільшується на території України.

Одним із елементів технології вирощування, що гарантовано забезпечує отримання стабільної урожайності зерна сорго є мінеральне удобрення. Даний агротехнічний прийом покращує поживний режим рослин впродовж вегетаційного періоду та надає можливість підвищення інтенсивності їх ростових процесів.

**Мета роботи** - визначення найбільш раціональних норм внесення мінеральних добрив, застосування біостимулятора росту рослин за передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення.

**Матеріали та методи досліджень.** Польові дослідження проводили в умовах дослідного поля ДП «ДГ «Степне» Інституту свинарства і АПВ НААН» Полтавського району Полтавської області впродовж 2021–2022 рр.

До варіантів дослідження входило внесення мінеральних добрив дозами

діючої речовини  $N_0P_0K_0$ ,  $N_{65}P_{65}K_{65}$ ,  $N_{85}P_{85}K_{85}$ , допосівна обробка насіння, позакореневе підживлення рослин у фазі кушіння біостимулятором Стимпо та поєднання даних агротехнологічних прийомів.

Облікова площа ділянки становила 50 м<sup>2</sup>. Розміщення варіантів і повторень у дослідженні було систематичним із чотириразовою повторністю.

**Результати досліджень.** Елементи технології та їх комбінації мали неоднаковий вплив на формування продуктивності зернового сорго. Із факторів, що вивчалися найбільш впливовим виявилось внесення мінеральних добрив. Застосування біостимулятора сприяло збільшенню інтенсивності проростання насіння та появи дружніх сходів, а також підвищенню стійкості рослин до посушливих умов.

Кількість волотей, їх озерненість, маса зерен з волоті та маса 1000 зерен збільшувалися по мірі покращання забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Найвищі їх показники були відмічені у варіанті поєднання внесення  $N_{85}P_{85}K_{85}$ , проведення допосівної обробки насіння та обприскування посівів біостимулятором.

Урожайність зерна є інтегрованим показником, що свідчить про ефективність застосування досліджуваних агротехнологічних прийомів вирощування у процесі формування морфологічних ознак рослин та елементів їх продуктивності. У ході проведення досліджень найвищі значення зернової продуктивності посівів сорго (6,28 т/га) були отримані у варіанті поєднання внесення  $N_{85}P_{85}K_{85}$ , застосування біостимулятора Стимпо у передпосівній обробці насіння та позакореновому підживленні рослин у фазі кушіння.

**Висновок.** Поєднання внесення  $N_{85}P_{85}K_{85}$  проведення допосівної обробки насіння та позакоренового підживлення рослин біостимулятором Стимпо є ефективним агротехнічним прийомом, що дозволяє підвищити рівень продуктивності окремих рослин та відповідно збільшити зернову продуктивність посівів сорго.

### Бібліографічний список

1. Rooney L.W., Rooney W.L., Serna S.O. Reference Module in Food Science 2016 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.02986-3>
2. Hassan SM. Nutritional, Functional and Bioactive Properties of Sorghum (*Sorghum Bicolor* I. Moench) with its Future Outlooks: A Review. *Open J Nutr Food Sci.* 2023; 5(1): 1030.
3. Espitia-Hernández P., Chávez González M.L., Ascacio-Valdés J.A., Dávila-Medina D., Flores-Naveda A., Silva T., Chacón X.R. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) as a potential source of bioactive substances and their biological properties. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1852389>

## ДОДАТОК С

### АНОТАЦІЯ

**Сапа В.Г. Продуктивність сорго зернового залежно від поживного лежиму рослин**

Дипломна робота на здобуття СВО Магістр.

**Кваліфікація:** магістр з агрономії за освітньо-професійною програмою Еколого-економічне рослинництво

**Обсяг магістерської роботи:** 62 с., 10 табл., 3 додатки, 91 літературного джерела.

**Об'єкт досліджень:** процеси лінійного росту, розвитку, формування асиміляційної поверхні, симбіотичного апарату, наростання надземної органічної біомаси рослин, зернова продуктивність залежно від застосування мінеральних добрив і біостимулятора росту рослин.

**Мета роботи:** визначення ефективності застосування мінеральних добрив і біостимулятора росту рослин у агротехнологічному процесі вирощування сорго зернового.

**Результати та їх новизна:** наукове обґрунтування застосування новітніх агротехнологічних прийомів у технології вирощування сорго на основі поєднання внесення мінеральних добрив та застосування біостимулятора росту рослин.

**Основні наукові та практичні результати:** визначено, що ефективними елементами агротехнологічного процесу вирощування сорго є поєднання комплексного застосування біостимулятора росту рослин Стимпо у допосівній обробці насіння (25,0 мл/т) та обприскування вегетуючих рослин у фазі кущіння (25,0 мл/га) та внесення мінеральних добрив дозою діючої речовини N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub>. Застосування комплексу даних прийомів надає можливість підвищити зернову продуктивність посівів сорго до 6,28 т/га та збільшити рівень їх економічної ефективності до 52,5 %.

**Галузь застосування:** 20 Аграрні науки та продовольство.

**Значення роботи та висновки:** Внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$  та комплексне застосування біостимулятора росту рослин Стимпо мали найбільш виражений позитивний ефект на формування листкової поверхні рослин, її фотосинтетичну діяльність і відповідно накопичення рослинами абсолютно сухої біомаси. У свою чергу це мало прямий вплив на величину індивідуальної продуктивності рослин та урожайності посівів.

3. Проведення допосівної обробки насіння та позакореневої обробки посівів біостимулятором росту рослин Стимпо на фоні внесення  $N_{100}P_{100}K_{100}$  надає можливість підвищити зернову продуктивність посівів сорго до 6,28 т/га та збільшити рентабельності виробництва зернової продукції до 52,5 %.

**Перелік ключових слів:** сорго зернове, продуктивність, урожай, мінеральні добрива, біостимулятор росту рослин.