

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

**МАРЧУК ОЛЕКСАНДРА ОЛЕГІВНА**

**УДК:633.62:631.5:620.9**

**ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЦУКРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ  
ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ**

**06.01.09 – рослинництво**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата  
сільськогосподарських наук**

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків  
Національної академії аграрних наук України упродовж 2011–2015 років

**Науковий керівник:** доктор сільськогосподарських наук, професор,  
**Курило Василь Леонідович**, Національна академія  
аграрних наук України, заступник академіка-секретаря  
Відділення землеробства, меліорації та механізації

**Офіційні опоненти:** доктор сільськогосподарських наук, професор,  
**Рахметов Джамал Бахлулович**, Національний  
ботанічний сад ім. М. М. Гришка Національної академії  
наук України, завідувач відділу нових культур

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
**Крикунова Олена Володимирівна**, Білоцерківський  
національний аграрний університет МОН України,  
доцент кафедри землеробства, агрохімії та  
грунтознавства

Захист дисертації відбудеться «26» січня 2016 р. о 12<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.360.01 при Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за адресою: 03141, м. Київ, вул. Клінічна, 25 (корпус 1).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за адресою: 03141, м. Київ, вул. Клінічна, 25 (корпус 2).

Автореферат розісланий «24» грудня 2015 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради,

кандидат сільськогосподарських наук



Л. І. Сторожик

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

**Актуальність теми.** Постійне підвищення цін на енергоресурси та погіршення екологічного стану довкілля внаслідок активного споживання викопних палив з кожним роком все більше турбують суспільство всіх країн світу. Енергетична залежність України, зниження врожайності основних сільськогосподарських культур внаслідок поступового глобального потепління, зумовлюють необхідність підбору нових культур, які відрізняються високою врожайністю, посухостійкістю та невибагливістю до умов вирощування. Виробництво енергії з біомаси є актуальним напрямом розвитку аграрної сфери. Однією з найперспективніших кормових, харчових і енергетичних рослин є сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* (L) Pers).

Сорго – невибаглива, високоврожайна культура, адаптована до різних кліматичних умов на різноманітних ґрунтах, що має потужну, глибоко проникаючу в ґрунт кореневу систему. Завдяки тому, що вміст вуглеводів у соку стебел сорго від 14 до 20 %, його можна використовувати в якості сировини для виробництва біоетанолу та харчового сиропу, а суху масу стебел після віджиму – для переробки на біогаз або виробництва твердих видів палива.

Однак, не зважаючи на всі унікальні властивості сорго цукрового, як високопродуктивної енергетичної культури, досі відсутня цілісна технологія його вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Тому, *актуальною є тема* з визначення продуктивності сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування, як сировини для виробництва біопалива, що має велике наукове та народногосподарське значення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами.** Дисертаційна робота є складовою ПНД «Біоенергетичні ресурси» наукового завдання 22.02.03.01 Ф «Розробити методики визначення індексів структурних і функціональних ознак та метаболічних процесів, що забезпечують кінцеву продуктивність сорго цукрового як сировини в харчовій промисловості і виробництві біопалива» (номер державної реєстрації 0111U002184) на 2011 – 2015 роки.

**Мета і задачі дослідження.** Мета дослідження – підвищити врожайність та поліпшити показники технологічної якості сорго цукрового шляхом удосконалення технології вирощування для виробництва біопалива.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення наступних задач:

- встановити особливості росту і розвитку сортів та гібрида сорго цукрового в умовах Правобережного Лісостепу України;
- визначити найбільш придатні для виробництва біопалива сорти та гібриди сорго цукрового;
- встановити ефективність застосування добрив для вирощування сорго цукрового;
- визначити вплив забур'яненості посівів на продуктивність сорго цукрового;

- дати оцінку економічної й енергетичної ефективності вирощування сорго як культури для виробництва біопалива.

*Об'єкт дослідження* – процеси формування продуктивності та якості сорго цукрового на основі визначення закономірностей росту і розвитку рослин залежно від елементів технології вирощування.

*Предмет дослідження* – складові елементи технології вирощування сорго цукрового, їхня оптимізація на основі вивчення біологічних і агрофізичних властивостей культури.

**Методи дослідження.** Польовий – спостереження за ростом та розвитком рослин на різних етапах вегетації, формування врожайності. Лабораторний – визначення посівних якостей насіння, хімічного складу рослин та ґрунту, вуглеводної складової соку стебел культури, сухої речовини в листках та стеблах, хлорофілів *a* і *b* та їхньої суми. Математично-статистичний – дисперсійний, кореляційний, регресійний, оцінки достовірності експериментальних даних. Розрахунково-порівняльний – для встановлення економічної та біоенергетичної ефективності досліджуваних факторів.

**Наукова новизна одержаних результатів.** В умовах Правобережного Лісостепу України удосконалено ряд елементів технології вирощування сорго цукрового.

*Вперше:*

- визначено вплив елементів технології вирощування сорго цукрового на вуглеводневий склад сировини та його продуктивність для отримання біопалива;
- встановлено сорти та гібрид сорго цукрового, найбільш придатні для виробництва біопалива;
- оптимізовано дозу внесення добрив;
- обґрунтовано оптимальні заходи контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго цукрового.

*удосконалено* технологію вирощування сорго цукрового в умовах Правобережного Лісостепу України шляхом запровадження сорту Фаворит, із застосуванням дози удобрення  $N_{80}P_{80}K_{80}$  з використанням хімічних способів контролювання чисельності бур'янів – Діален Супер (1,0 – 1,25 л/га у фазі 3–5 листків культури).

*набуло подальшого розвитку* питання управління процесами формування високої врожайності і технологічних якостей сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі результатів дослідження виробництву рекомендовано сорти та гібрид сорго цукрового, найбільш придатні для отримання біопалива, оптимізовано дози внесення добрив, обґрунтовано методи контролювання чисельності бур'янів, що дає можливість вирощувати сорго цукрове для виробництва біопалива за раціональних витрат коштів та енергії.

Виробнича перевірка результатів досліджень була проведена у 2014 році на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції на площі 2 га .

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційну роботу виконано автором самостійно. Зроблено глибокий аналіз літературних джерел за темою дисертації, розроблено програму і схему дослідів, закладено і проведено польові, лабораторні та виробничі досліди, визначено економічну і біоенергетичну ефективність досліджень, сформовано загальні висновки та рекомендації виробництву, за результатами проведених досліджень підготовлено наукові публікації.

**Апробація результатів дисертації.** Протягом 2011–2015 рр. результати досліджень доповідались на засіданнях відділу технологій вирощування біоенергетичних культур та у спеціалізованій контрольно-насіннєвій аналітико-технологічній лабораторії Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (2011, 2012, 2013, 2014, 2015 рр.), засіданнях методичної ради Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (2011, 2012, 2013, 2014, 2015 рр.), на Першій міжнародній науково-практичній конференції «Біоенергетика: вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива» (25–26 жовтня 2011 р., Київ); Всеукраїнській науковій конференції «Підвищення ефективності ресурсозберігаючих технологій на зернопереробних підприємствах» (24–25 жовтня 2013 р., Умань); II Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур» (25 квітня 2013 р., Київ); Державній науково-практичній конференції Аграрна наука – виробництво «Новітні технології в рослинництві» (7–8 листопада 2013 р., Біла Церква); Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених, аспірантів, докторантів «Наукові пошуки молоді у третьому тисячолітті» Новітні технології в рослинництві (15–16 травня 2014 р., Біла Церква), IV Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур» (24 квітня 2015 р., Київ).

**Публікації.** Основні результати наукових досліджень за темою роботи опубліковано у 4 наукових працях у фахових виданнях України затверджених Міністерством освіти і науки України (2 – одноосібні), 2 – у закордонному виданні, 6 – у матеріалах конференцій, 1 – рекомендації виробництву, 3 – патенти на корисну модель.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація містить 219 сторінок комп'ютерного тексту, включає 24 таблиці та 41 рисунок, складається зі вступу, 5 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел, що містить 290 найменувань, з них 22 латиницею та 11 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У першому розділі «Вплив елементів технології вирощування сорго цукрового на його продуктивність» (огляд літератури) висвітлено морфолого-біологічні особливості рослин сорго цукрового. Обґрунтовано актуальність використання сорго цукрового як сировини для виробництва біопалива.

Наведено огляд літератури з питань впливу мінеральних добрив на продуктивність сорго і ефективності способів обробітку ґрунту та методів контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго цукрового. На цій основі розроблено програму досліджень за темою дисертації.

У другому розділі «Умови та методика проведення досліджень» описано ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень, подано схему та методику досліджень, особливості технології вирощування сорго цукрового на дослідних ділянках та характеристику досліджуваних сортів та гібрида.

Дослідження проводили на полях Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (Калинівський район, Вінницької області) та у спеціалізованій контрольно-насіневій аналітико-технологічній лабораторії Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (атестат акредитації за №А13-286) упродовж 2011–2014 років. Схема дослідження включала один трифакторний дослід.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем глибокий малогумусний. В орному шарі вміст гумусу складає 3,7 %, легкогідролізованого азоту – 10,3, а рухомих форм фосфору та калію – 23,3 і 13,5 мг на 100 г ґрунту відповідно, рН ґрунтового розчину – 5,6, гідролітична кислотність – 1,5 мг-екв на 100 г ґрунту.

За погодними умовами роки проведення досліджень були неоднаковими. Гідротермічний коефіцієнт за вегетаційний період 2011 року становив – 1,0, за 2012 рік – 1,2, за 2013 рік – 1,65. В цілому аналіз кліматичних умов зони вирощування культури показує, що умови були типовими для зони північно-західного Лісостепу України і сприятливими для росту, розвитку рослин сорго цукрового та отримання високих урожаїв даної культури.

Відповідно до робочих гіпотез та основних принципів планування дослідних робіт було розроблено схему дослідження (табл. 1).

Таблиця 1

**Схема дослідження з вивчення впливу агротехніки вирощування на продуктивність сортів та гібрида сорго цукрового**

Сорт, гібрид (фактор А)	Доза добрив (фактор В)	Методи боротьби з бур'янами (фактор С)
1. Силосне 42 (сорт) 2. Медовий (гібрид) 3. Нектарний (сорт) 4. Фаворит (сорт)	1. Без добрив (контроль) 2. N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> 3. N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	1. Механічний 2. Хімічний (за допомогою застосування гербіцидів): а) Діален Супер – 1,0–1,25 л/га; б) Естерон – 0,6–0,8 л/га

Дослід закладався рендомізовано, повторність – 3-разова. Сівбу проводили на глибину 4–6 см з шириною міжрядь 30 см, густотою рослин 300 тис. шт./га. Площа посівної ділянки 50 м<sup>2</sup>, облікової – 35 м<sup>2</sup>.

У досліді проводили наступні обліки, спостереження та аналізи: фенологічні спостереження за фазами росту й розвитку рослин, динаміку накопичення маси, агрохімічну характеристику ґрунту за вмістом легкогідролізованого азоту (за Корнфільдом), рухомих форм фосфору та калію

(за Чиріковим), вмісту гумусу (за Тюрінім), рН ґрунту (за Каппеном), вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом перед сівбою насіння сорго цукрового, в середині вегетації та перед збиранням культури, лабораторну схожість насіння визначали за ДСТУ 4138-2002, польову – після появи повних сходів, фотосинтетичну діяльність рослин сорго цукрового визначали за методикою А. А.Ничипоровича, вуглеводну складову соку стебел сорго цукрового – за методом Люфа–Шоорля. Також було проведено обліки забур'янення та ефективність дії гербіцидів, дослідження з визначення вмісту сухої речовини у листках та стеблах культури, хімічний аналіз рослин (визначення вмісту загального азоту, фосфору, калію, сірки, хлору та золи), вміст хлорофілу (спектрофотометричним методом). Обліки з визначення врожайності рослин сорго цукрового проводили окремо для кожної облікової ділянки у фазу повної стиглості. Визначення основних біометричних показників сорго цукрового проводили на різних етапах вегетації культури (фази виходу в трубку, викидання волоті, формування та росту зернівки, повної стиглості). Вихід біоетанолу, твердого палива та енергії отримано розрахунковим методом, згідно з методичними рекомендаціями розробленими ІБКіЦБ.

Статистичний аналіз проводили методом дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу з використанням комп'ютерного програмного забезпечення Excel, Statistica – 6.0. Біоенергетичну оцінку заходів, що вивчалися, визначали за методикою О. К. Медведовського, П. І. Іваненка. Економічну оцінку досліджуваних заходів вирощування сорго цукрового визначали за результатами виробничої перевірки та шляхом складання технологічних карт.

**У третьому розділі** «Особливості росту та розвитку сорго цукрового залежно від окремих елементів технології вирощування» висвітлено результати, щодо ефективності використання рослинами запасів продуктивної вологи. Досліджено особливості росту та розвитку сортів та гібрида, вивчено вміст та співвідношення хлорофілів у листках рослин, основні показники фотосинтетичної активності посівів, забур'яненість посівів сорго цукрового, залежно від технології вирощування та систем захисту, винос елементів живлення рослинами сорго цукрового та вміст сухої речовини у листках та стеблах культури.

Результати досліджень показали, що зниження забур'янення посівів сорго цукрового за допомогою хімічних методів захисту посівів покращує водний режим ґрунту. Отримані результати сумарного водоспоживання різних сортів та гібрида сорго цукрового за вегетацію свідчать про те, що більш ощадливо витрачалась вода на удобрених варіантах, на що вказують показники коефіцієнтів водоспоживання, які на ділянках удобрених варіантів були значно нижчими (43,7–59,9 м<sup>3</sup>/т), ніж на контрольних (50,1–65,9 м<sup>3</sup>/т). Найбільші витрати вологи на формування 1 т зеленої маси спостерігалися на неудобрених варіантах. Застосування добрив знижувало цей показник на 11,0–16,5 %.

Поряд зі зниженням коефіцієнта водоспоживання за застосування добрив, сумарні витрати вологи посівами всіх сортів та гібрида сорго цукрового зростали в середньому на 3,6 %.

Загальні витрати вологи за період вегетації коливаються від 387,4 мм у сорту Силосне 42 на неудобрених ділянках до 419,5 у сорту Нектарний за дози добрив  $N_{160}P_{160}K_{160}$ .

З досліджуваних факторів дози внесених добрив істотно не впливали на показники польової схожості насіння. Вищі показники отримано на варіантах з проведенням досходового боронування.

Найвищу польову схожість насіння у середньому за роками та дозами мінерального живлення було відмічено у сорту Силосне 42 (забур'янений контроль – 70,2 %; досходове боронування – 76,9 %) та сорту Фаворит (забур'янений контроль – 69,7 %; досходове боронування – 75,8 %).

Польова схожість насіння корелюється з показником виживання рослин. У середньому за роками досліджень найкращим виживанням характеризувалися рослини сорту Фаворит (59,7–84,3 %), гібрида Медовий (58,2–81,2) та сорту Нектарний (58,3–82,3).

Найбільш високорослими були рослини гібрида Медовий (210,3–289,6 см), сорту Нектарний (215,7–295,3) та сорту Фаворит (223,6–298,6 см). У сорту Силосне 42 спостерігалася тенденція відставання рослин у рості (200,4–279,7 см), що пов'язано з його сортовими особливостями. Незалежно від методів контролювання чисельності бур'янів найвищими були рослини на ділянках з використанням повної дози мінеральних добрив (219,9–298,6 см) (табл. 2).

Таблиця 2

**Біометричні показники сорго цукрового залежно від агротехніки вирощування, повна стиглість зерна (середнє за 2011–2013 рр.)**

Сорт, гібрид	Метод обмеження чисельності бур'янів											
	Без обробітків (контроль 1)			Ручні прополовання (контроль 2)			Механічний обробіток			Хімічна обробка		
	без добрив	$N_{80}P_{80}K_{80}$	$N_{160}P_{160}K_{160}$	без добрив	$N_{80}P_{80}K_{80}$	$N_{160}P_{160}K_{160}$	без добрив	$N_{80}P_{80}K_{80}$	$N_{160}P_{160}K_{160}$	без добрив	$N_{80}P_{80}K_{80}$	$N_{160}P_{160}K_{160}$
Доза добрив												
Висота рослин, см												
Силосне 42	200,4	213,7	219,9	243,9	265,2	279,7	226,9	243,1	255,7	230,2	251,7	262,4
Медовий	210,3	221,6	234,3	248,4	272,2	289,6	230,4	258,7	268,7	238,4	263,2	274,1
Нектарний	215,7	228,7	236,9	258,2	273,3	295,3	235,7	250,1	272,9	243,4	258,6	280,4
Фаворит	223,6	232,4	241,6	256,6	282,5	298,6	243,4	268,9	283,7	249,4	275,9	291,6
Діаметр стебла, мм												
Силосне 42	12,3	13,2	14,3	16,5	17,9	19,7	15,4	16,1	17,9	16,2	17,1	18,9
Медовий	12,9	14,1	14,9	18,1	19,3	21,3	17,1	18,0	19,1	17,9	19,0	21,0
Нектарний	13,8	14,9	15,4	19,0	20,5	21,6	18,2	19,1	21,0	18,9	20,0	21,2
Фаворит	14,9	15,3	15,9	18,9	21,2	22,5	18,0	18,8	21,2	18,7	19,6	21,8
Площа листової поверхні 1 рослини, см <sup>2</sup>												
Силосне 42	900,6	1000,7	1089,7	1284,5	1439,7	1608,4	1230,7	1276,4	1496,8	1279,3	1397,4	1538,2



Медовий	963,7	1112,4	1196,5	1444,7	1644,8	2015,8	1400,7	1493,6	1613,4	1412,3	1529,6	1936,4
Нектарний	989,4	1200,7	1302,7	1398,1	1593,5	2120,6	1275,9	1397,9	1816,7	1320,0	1563,1	2010,3
Фаворит	1100,9	1121,4	1208,7	1390,1	1534,1	1859,0	1298,7	1400,7	1800,7	1310,1	1500,1	1821,4

На потенційну врожайність зеленої маси впливає не лише показник висоти рослин, але й діаметр стебла. Максимальне значення діаметра стебла по кожному з років досліджень спостерігалось у фазі повної стиглості зерна. Діаметр стебла рослин сорго цукрового в фазу повної стиглості на неудобрених ділянках знаходився в межах 16,5–19,0 мм; на фоні добрив  $N_{80}P_{80}K_{80}$  – 17,9–21,2 мм;  $N_{160}P_{160}K_{160}$  – 19,7–22,5 мм на кращому варіанті (з ручними прополюваннями). Найбільший діаметр сформували рослини сорту Фаворит на варіанті з ручними прополюваннями за умови використання повної дози мінеральних добрив (22,5 мм).

На удобрених варіантах спостерігалось також зростання площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу. Максимальну площу листової поверхні відмічено у фазі формування та росту зернівки (912,7–2100,4 см<sup>2</sup>). Результати досліджень свідчать, що у фазі повної стиглості спостерігається зменшення площі листової поверхні у середньому на неудобрених ділянках на 4,9 %, за внесення  $N_{80}P_{80}K_{80}$  – на 3,2 %,  $N_{160}P_{160}K_{160}$  – на 3,6 %. Даний процес відбувається за рахунок відмирання листків на стеблах культури. Отримані результати досліджень дають можливість стверджувати, що між показником площі листової поверхні та фотосинтетичним потенціалом існує пряма залежність. Так, на всіх досліджуваних варіантах зі зростанням величини площі листової поверхні відбувалося збільшення величини фотосинтетичного потенціалу. Найкращі результати забезпечило внесення повної дози мінеральних добрив на варіантах з ручними прополюваннями у гібрида Медовий (4,41 млн.м<sup>2</sup>·діб/га) та сорту Нектарний (4,56 млн.м<sup>2</sup>·діб/га), у сорту Силосне 42 даний показник був меншим у середньому на 0,88 млн.м<sup>2</sup>·діб/га, у сорту Фаворит – на 0,36 млн.м<sup>2</sup>·діб/га.

Найвищі значення чистої продуктивності фотосинтезу показали сорт Фаворит (4,59–7,86 г/м<sup>2</sup>поверхні листків·добу) та сорт Нектарний (3,74–6,19 г/м<sup>2</sup>поверхні листків·добу). Відповідно, високоврожайним може бути не лише сорт чи гібрид, у якого великий фотосинтетичний потенціал, але й сорт, у якого асиміляційна поверхня невелика, однак досить інтенсивно протікає процес фотосинтезу.

Дослідження вмісту хлорофілу *a*, *b* та їх суми залежно від фону мінерального живлення та захисту посівів від бур'янів показують, що дія добрив на гербіцидному фоні призводить до підвищення вмісту хлорофілів у листках рослин сорго цукрового на фоні середньої дози добрив на 8,6 %, за умов використання повної дози добрив – на 14,7 %.

Аналіз забур'яненості посівів сорго цукрового за роками досліджень дозволяє стверджувати, що видовий склад бур'янів практично не змінювався. У посівах сорго цукрового переважали багаторічні злакові бур'яни (мишій сизий і півняче просо) та однорічні двосім'ядольні (підмаренник чіпкий, паслін чорний, лобода біла, талабан, грицики звичайні, зірочник середній, фіалка польова, ромашка непахуча та ін.). Середня забур'яненість посівів за роки

досліджень становила на варіантах без добрив – 116,72 шт./м<sup>2</sup>, за дози добрив N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub> – 119,57 шт./м<sup>2</sup>, за дози N<sub>160</sub>P<sub>160</sub>K<sub>160</sub> – 124,15 шт./м<sup>2</sup>.

За умов своєчасного і якісного проведення обприскування гербіцидами за рекомендованих доз внесення знищення бур'янів становило 56,4–58,4 %. Недосконалість такої системи хімічного захисту пояснюється вибірковою дією досліджуваних гербіцидів, а саме їх слабким впливом на однорічні види злакових бур'янів. За проведення механічних заходів захисту посівів сорго цукрового певна частина бур'янів залишалася у захисній зоні рядка і накопичувала вегетативну масу в межах 468–568 г/м<sup>2</sup>, тобто більше на 16,2 %, порівняно з варіантами хімічного захисту.

За результатами вивчення вмісту макроелементів у фазі повної стиглості, вміст азоту в рослинах сорго цукрового становив у середньому 0,99 %, фосфору – 0,35 %, калію – 1,06 %. За таких умов винос основних макроелементів у варіантах з внесенням добрив значно перевищував контроль без добрив: азоту – на 39 %, фосфору – на 41 %, калію – на 37 %. Це відбувалось за рахунок росту врожайності та підвищення вмісту елементів живлення в рослинах.

Дослідженнями встановлено, що чим вищі показники фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу, тим більше сухої речовини в листках та стеблах культури. Застосування мінеральних добрив дозволило рослинам сорго сформувати потужний фотосинтетичний потенціал, за допомогою якого вони були спроможні накопичити біомасу вищу, ніж у варіантах без внесення добрив. На фоні середньої дози добрив суха речовина підвищувалась у листках на 12,0 %, у стеблах на 7,8 %, за повної дози мінерального живлення – на 18,3 % та 18,9 % відповідно.

Встановлено, що основний вплив на накопичення сухої речовини в стеблах у фазі повної стиглості зерна чинять дози добрив (40 %) та метод контролювання чисельності бур'янів (33 %) (рис. 1).

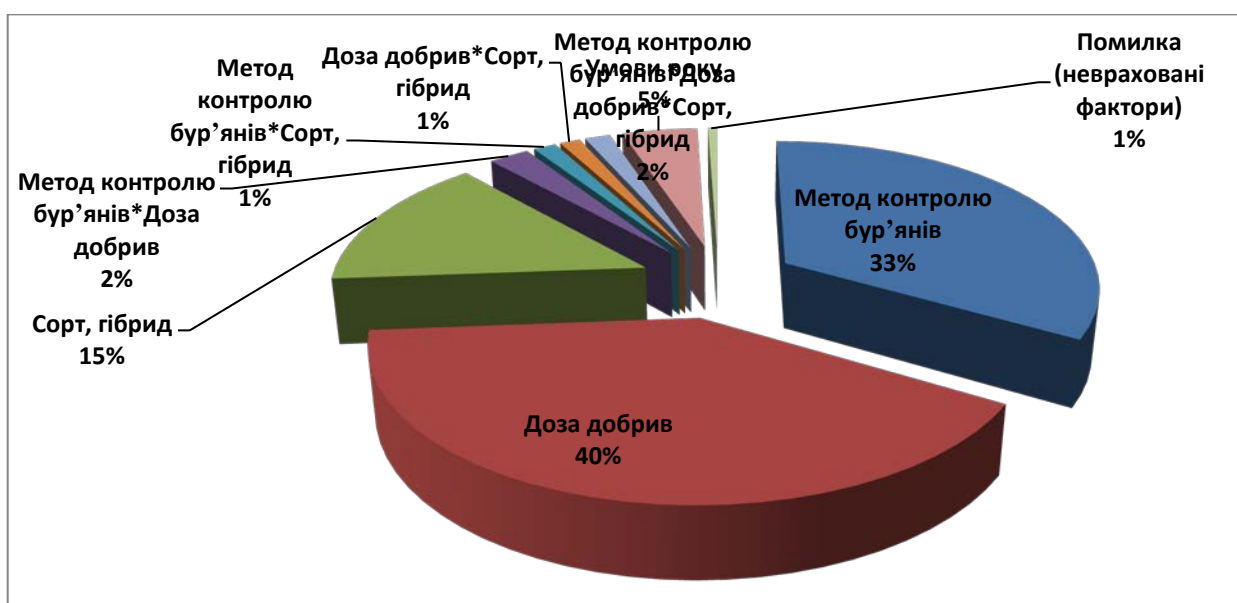


Рис. 1. Частка впливу факторів на накопичення сухої речовини в стеблах сорго цукрового в фазі повної стиглості зерна (2011–2013 рр.)

У фазі повної стиглості зерна найвищі значення з накопичення сухої речовини показали сорт Фаворит (вміст сухої речовини у листках за максимальної дози добрив – 35,93 %, у стеблах – 29,30 %); гібрид Медовий – 35,42 %, 28,40 %; сорт Нектарний – 35,12 %, 28,41 %; у сорту Силосне 42 вміст сухої речовини був меншим на 3 % у листках та на 14 % у стеблах порівняно з сортом Фаворит і становив 34,93 % та 25,66 % відповідно.

Використання мінеральних добрив дало змогу значно підвищити масу рослин сорго цукрового: за використання середньої дози добрив – на 22,7 %, повної – на 34,2 %. Найкращі показники з накопичення маси рослин показали сорт Фаворит та гібрид Медовий на варіанті з ручними прополюваннями.

У четвертому розділі «Продуктивність сорго цукрового залежно від сортових особливостей, доз добрив та систем захисту» висвітлено результати досліджень, щодо вивчення особливостей накопичення зеленої та сухої маси рослинами сорго цукрового залежно від доз внесених добрив та методів захисту посівів. Показано структуру врожаю сорго, динаміку накопичення цукрів на різних етапах вегетації рослин, розрахунковий вихід біопалива та енергії, вміст сирової золи, сірки та хлору в стеблах рослин сорго, моделювання продуктивності сорго цукрового.

Найвищу врожайність надземної біомаси сорго цукрового спостерігали у сорту Фаворит на ділянках з використанням повної та середньої дози добрив на варіантах контролю з ручними прополюваннями, дещо меншу – за обробки посівів гербіцидами та проведення механічних обробітків і найменшу – на контролі без догляду (табл. 3).

Таблиця 3

**Урожайність зеленої маси різних сортів та гібрида сорго цукрового залежно від доз добрив та методів контролювання бур'янів у фазі повної стиглості зерна, т/га (середнє за 2011–2013 рр.)**

Метод контролю бур'янів (фактор С)	Доза добрив (фактор В)	Сорт, гібрид (фактор А)			
		Силосне 42	Медовий	Нектарний	Фаворит
Контроль 1 (без догляду)	Без добрив	40,0	41,2	42,4	54,7
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	54,3	63,0	63,9	71,0
	N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	59,6	69,0	69,6	73,9
Контроль 2 (ручне прополювання)	Без добрив	69,5	71,1	72,6	92,9
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	79,2	79,6	87,5	106,8
	N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	83,0	93,3	103,1	114,5
Механічний	Без добрив	58,4	60,4	62,1	79,4
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	66,4	69,1	74,8	90,9
	N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	72,9	78,9	87,3	96,4
Хімічний	Без добрив	62,4	64,2	65,5	84,5
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	71,2	74,2	83,7	104,7
	N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	79,3	91,5	102,7	110,9
НІР <sub>0,05</sub> Метод контролю бур'янів		0,70			
Доза добрив		0,61			
Сорт, гібрид		0,70			
Загальна		2,44			

Серед досліджуваних факторів основними у формуванні врожайності зеленої маси були: метод контролю чисельності бур'янів – 38 %, доза добрив – 27 % та сорт, гібрид – 24 %. У той же час, варто відмітити, що вплив умов року на показник зеленої маси склав 5 % (рис. 2).

У цілому розподіл основних складових, що впливають на формування сухої маси, повністю аналогічний зеленій масі і відрізняється лише незначним перерозподілом відсоткової участі часток впливу факторів. Так, метод контролю чисельності бур'янів впливає на врожайність сухої маси на 37 %, доза добрив – на 33 %, а сортові особливості – на 21 %.

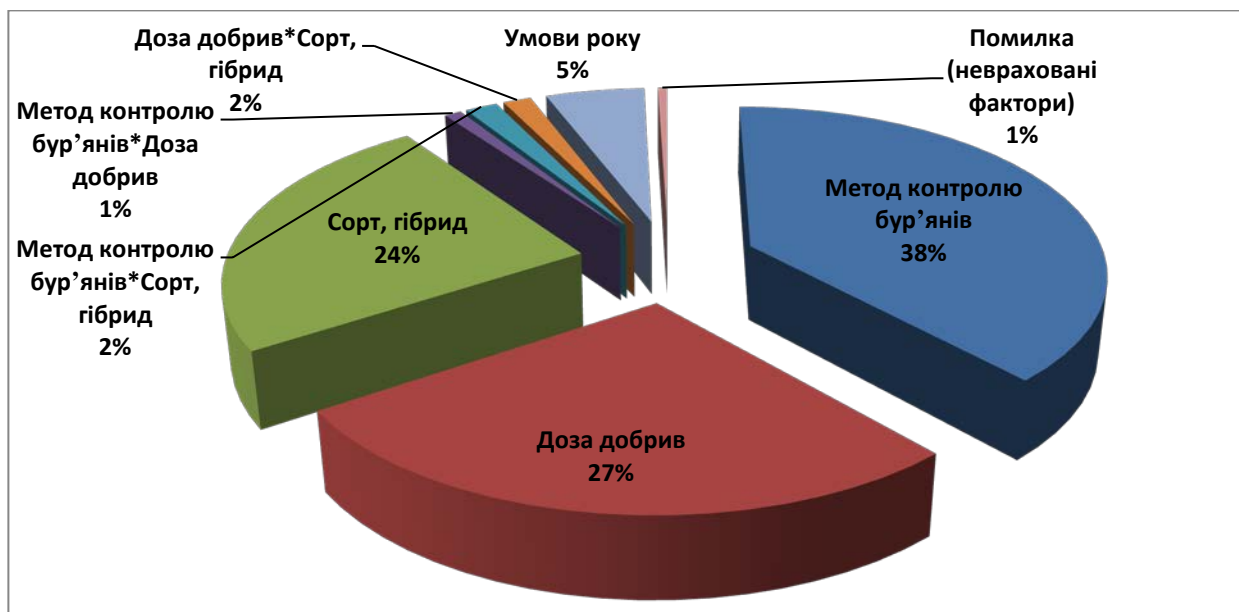


Рис. 2. Частка впливу факторів на врожайність зеленої маси сорго цукрового, % (2011–2013 рр.)

Найвищу врожайність сухої маси показали сорти Фаворит та Нектарний на варіантах з ручними прополюваннями (контроль 2). Дані показники знаходились у межах 22,3– 33,5 т/га та 16,8–29,3 т/га відповідно (рис. 3).

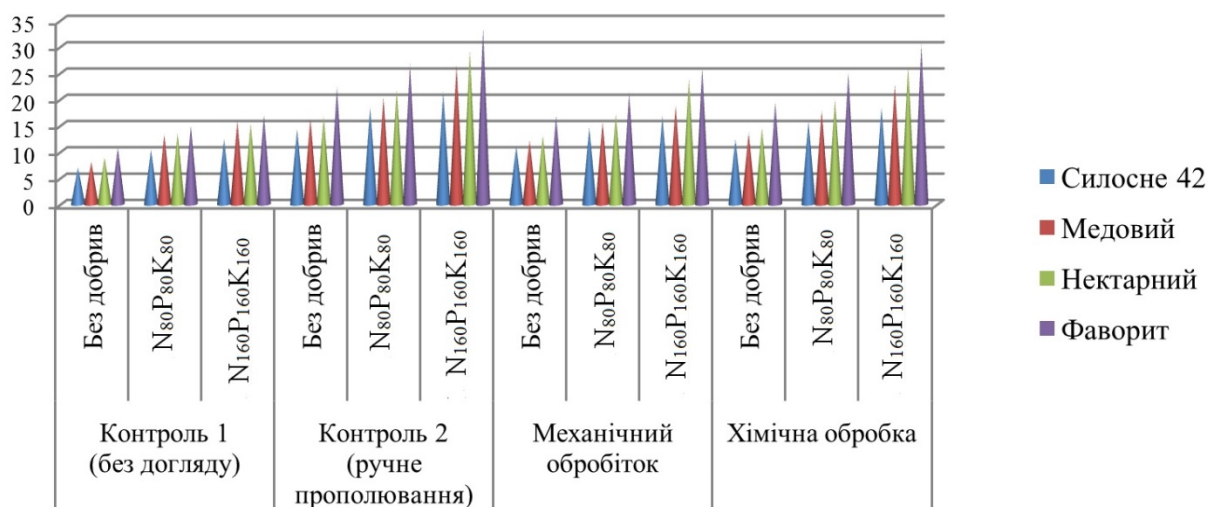


Рис. 3. Урожайність сухої маси рослин сорго цукрового залежно від сортових особливостей, доз добрив та методів контролювання бур'янів,

т/га (середнє за 2011–2013 рр.)

Оскільки, в ході росту та розвитку рослин сорго співвідношення їх частин динамічно змінюється, залежно від проходження різних етапів вегетації рослин, встановлено, що у фазі повної стиглості частка і листків і стебел, порівняно з попередньою фазою, на всіх варіантах досліджується, а частка волоті підвищується і становить для сорту Силосне 42 – 19 %, гібрида Медовий – 17 %, сорту Нектарний – 17%, сорту Фаворит – 16%. Встановлено, що на удобрених варіантах загальна маса рослин сорго всіх досліджуваних сортів та гібрида збільшувалась і зростала масова частка волоті (в середньому на 8% порівняно з попередньою фазою), однак практично не змінювалась структура врожаю зеленої маси.

Максимальний вміст загальних цукрів у стеблах усіх досліджуваних сортів та гібрида спостерігається у фазу, коли зерно досягає стадії молочної стиглості, однак перегрупування цукрів продовжується до фази повної стиглості (8,54–13,30%). Саме у фазу повної стиглості вміст цукрози в соку стебел був найвищим і знаходився в межах 76,34–88,80% від загальної кількості цукрів, а вміст редукувальних цукрів помітно знижувався і становив 11,20–23,76% (табл. 4).

Таблиця 4

**Вихід соку, вміст та вихід загальних цукрів з рослин сорго цукрового залежно від сортових особливостей та агротехніки вирощування (середнє за 2011–2013 рр.)**

Метод контролювання бур'янів (фактор С)	Доза добрив (фактор В)	Сорт, гібрид (фактор А)											
		Силосне 42			Медовий			Нектарний			Фаворит		
		Вихід соку, т/га	Вміст загальних цукрів, %	Вихід загальних цукрів, т/га	Вихід соку, т/га	Вміст загальних цукрів, %	Вихід загальних цукрів, т/га	Вихід соку, т/га	Вміст загальних цукрів, %	Вихід загальних цукрів, т/га	Вихід соку, т/га	Вміст загальних цукрів, %	Вихід загальних цукрів, т/га
Контроль 1 (без догляду)	Без добрив	33,0	8,54	2,82	33,1	9,27	3,07	33,5	8,97	3,01	43,9	8,62	3,78
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	43,9	9,03	3,96	49,7	9,73	4,83	50,4	9,60	4,84	56,1	8,79	4,93
	N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	47,2	9,37	4,42	53,1	10,49	5,57	54,2	9,85	5,34	56,9	9,30	5,29
Контроль 2 (ручні прополовання)	Без добрив	55,2	11,24	6,20	54,8	12,64	6,92	55,8	10,96	6,11	70,6	11,69	8,26
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	60,8	11,56	7,03	59,3	13,43	7,97	65,6	11,83	7,76	80,0	12,31	9,84
	N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	61,6	12,35	7,61	66,8	14,36	9,59	73,8	12,38	9,14	81,0	13,30	10,77
Механічний	Без добрив	47,3	10,39	4,91	48,2	11,51	5,55	49,0	10,30	5,05	62,5	10,82	6,77
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	51,8	10,69	5,53	53,5	12,43	6,65	57,6	11,03	6,35	69,7	11,40	7,95
	N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	56,1	11,15	6,26	60,1	13,49	8,11	63,4	11,69	7,41	70,5	12,41	8,75
Хімічний	Без добрив	50,0	10,73	5,36	50,6	12,05	6,10	51,0	10,65	5,43	65,1	11,25	7,33
	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	55,4	11,03	6,11	56,4	13,15	7,42	63,7	11,42	7,28	79,6	11,92	9,49
	N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	60,9	11,77	7,17	68,7	14,00	9,62	76,5	12,03	9,20	80,5	12,88	10,37

Використання мінеральних добрив на гербіцидному фоні залежно від сортових особливостей дозволяє отримати від 6,11 до 10,37 т/га загальних

цукрів. Механічні заходи захисту посівів дають змогу отримати від 5,53 до 8,75 т/га загальних цукрів. Найкращі показники отримано на варіантах з ручними прополюваннями – від 7,03 до 10,77 т/га, що було більшим на 3,07–5,48 т/га, порівняно з варіантами забур'яненого контролю. Використання мінеральних добрив дає змогу підвищити вихід загальних цукрів за умови внесення середньої дози добрив для сорту Силосне 42 – на 17,6%, сорту Нектарний – 33,9%, гібрида Медовий – 24,2%, сорту Фаворит – 23,1%. За умови внесення  $N_{160}P_{160}K_{160}$  – на 32,2%, 58,6%, 51,9% та 34,4% відповідно порівняно з неудобреними варіантами.

Максимальний вихід соку був відмічений для сорту Фаворит на варіанті з ручними прополюваннями за використання середньої дози добрив – 80 т/га, повної – 81 т/га, дещо меншими були дані показники на варіанті з хімічними обробками (79,6 та 80,5 т/га), на ділянках з проведенням механічних обробітків (69,7 та 70,5 т/га).

Аналіз паливних характеристик сировини сорго цукрового за хімічних заходів захисту посівів від бур'янів показав, що на неудобреному фоні вміст золи знаходиться в межах 2,36–2,43%, сірки 0,040–0,046%, хлору 0,037–0,038%. За умови внесення середньої дози добрив вміст сірки підвищується на 7,1% у середньому за сортами та гібридом, за внесення  $N_{160}P_{160}K_{160}$  – на 13,5%. Вміст хлору на фоні  $N_{80}P_{80}K_{80}$  зростає на 6,0%, за внесення повної дози добрив – на 12,1%. Вміст золи на – 18,6 та 48,9% відповідно.

Найвищий розрахунковий вихід біоетанолу показали сорт Фаворит (1,89–5,38 т/га) та гібрид Медовий (1,53–4,83 т/га) (табл. 5).

Таблиця 5

**Розрахунковий вихід біопалива та енергії сорго цукрового, залежно від доз внесених добрив та методів захисту посівів від бур'янів, (середнє за 2011–2013 рр.)**

Сорт, гібрид (фактор А)	Доза добрив (фактор В)	Метод обмеження чисельності бур'янів (фактор С)											
		Контроль 1 (без догляду)			Контроль 2 (ручні-прополювання)			Механічний			Хімічний		
		Розрахунковий вихід											
		біоетанолу, т/га	твердого палива, т/га	загальної енергії, ГДж/га	біоетанолу, т/га	твердого палива, т/га	загальної енергії, ГДж/га	біоетанолу, т/га	твердого палива, т/га	загальної енергії, ГДж/га	біоетанолу, т/га	твердого палива, т/га	загальної енергії, ГДж/га
Силосне 42	Без добрив	1,41	7,7	158,7	3,10	15,8	329,5	2,46	12,2	256,7	2,68	13,60	285,3
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	1,98	11,5	233,2	3,51	20,2	411,6	2,77	16,1	326,6	3,06	17,30	353,8
	$N_{160}P_{160}K_{160}$	2,21	13,7	274,2	3,81	23,5	471,0	3,13	18,5	373,5	3,58	20,2	413,5
Медовий	Без добрив	1,53	8,9	180,8	3,46	17,9	373,8	2,77	13,4	284,0	3,05	14,9	315,5
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	2,42	14,7	295,0	3,98	22,3	456,7	3,32	17,2	358,2	3,71	19,6	405,6
	$N_{160}P_{160}K_{160}$	2,79	17,5	349,0	4,79	29,2	586,6	4,06	20,6	431,8	4,81	25,0	521,0
Нектарний	Без добрив	1,50	9,8	193,9	3,06	18,5	372,4	2,52	14,4	293,9	2,72	15,9	323,2
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	2,42	14,9	298,6	3,88	24,1	482,0	3,17	18,9	383,0	3,64	21,9	442,4
	$N_{160}P_{160}K_{160}$	2,67	16,9	338,0	4,57	32,2	629,7	3,71	26,3	513,3	4,60	28,8	576,0
Фаворит	Без добрив	1,89	11,9	237,4	4,13	24,5	494,9	3,38	18,5	381,2	3,66	21,3	432,8

	N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	2,46	16,4	324,4	4,92	29,5	596,3	3,97	23,3	472,2	4,74	27,6	560,8
	N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	2,65	18,7	365,3	5,38	36,9	724,9	4,37	28,5	565,3	5,18	33,5	664,9

Внесення мінеральних добрив дозою N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub> сприяло підвищенню розрахункового виходу біоетанолу на 27,5% порівняно з неудобреними варіантами. За внесення повної дози мінеральних добрив підвищення становило 46,9%.

Найвищий розрахунковий вихід твердого палива показали сорт Нектарний (9,8–32,2 т/га) та сорт Фаворит (11,9–36,9 т/га). Використання середньої дози добрив сприяло підвищенню виходу твердого палива на 34,4% порівняно з варіантами без добрив. Повна доза мінеральних добрив підвищувала цей показник на 64,9% порівняно з варіантами без добрив.

Застосування гербіцидів для захисту посівів дає змогу отримати від 285,3 ГДж/га до 664,9 ГДж/га енергії, механічні заходи сприяють отриманню від 256,7 ГДж/га до 565,3 ГДж/га енергії.

Затрати енергії на 1 га за умови застосування мінерального живлення значно збільшувались по всіх варіантах контролювання чисельності бур'янів у посівах сорго цукрового і за умови застосування N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub> були на рівні 37,8–38,9 ГДж/га, а за N<sub>160</sub>P<sub>160</sub>K<sub>160</sub> – 44,6–45,7 ГДж/га.

У п'ятому розділі «Економічна та енергетична ефективність вирощування сорго цукрового» показано вплив різних доз добрив та способів захисту посівів від бур'янів на економічну та енергетичну ефективність вирощування сорго цукрового, зроблено порівняння відомої та удосконаленої технологій вирощування сорго.

Оптимізація досліджуваних елементів технології буде сприяти покращанню економічних та енергетичних показників (табл. 6).

Таблиця 6

**Порівняльна характеристика технологій вирощування сорго цукрового**

Показники	Технологія		Ефективність від удосконалення, +/-
	відома	удосконалена	
Урожайність надземної біомаси, т/га	80,2	104,7	24,5
Загальний вміст цукрів, %	8,3	11,9	3,6
Розрахунковий вихід біоетанолу, т/га	3,29	4,74	1,45
Збір сухої маси, т/га	19,7	25,1	5,4
Витрати на вирощування:			
на одиницю площі, грн/га	3042,7	3679,3	636,6
на одиницю продукції, грн/т	37,9	35,1	-2,8
Виручка від реалізації продукції, грн/га	14837,0	19369,5	4532,5
Прибуток, грн/га	11794,3	15690,2	3895,9
Розрахунковий вихід енергії, ГДж/га	429,1	560,8	131,7
Коефіцієнт енергетичної ефективності	11,1	14,4	3,3

Максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності був отриманий на контрольних варіантах з ручними прополюваннями в усіх сортах та гібрида сорго цукрового (10,5–16,1). Найбільш наближеними за показниками коефіцієнта енергетичної ефективності до контролю з ручним прополюванням були варіанти застосування хімічних методів контролювання чисельності бур'янів. За умови застосування хімічної обробки та дози мінерального живлення  $N_{80}P_{80}K_{80}$  було отримано КЕЕ для сорту Фаворит – 14,4, а за  $N_{160}P_{160}K_{160}$  – 14,6. Аналогічні залежності спостерігаються у сорту Нектарний (11,4; 12,6), гібрида Медовий (10,4; 11,4), та сорту Силосне 42 (9,1; 9,1).

На неудобрених варіантах за умови відсутності будь-яких заходів обмеження чисельності бур'янів собівартість однієї тони біомаси становила 23,8–32,6 грн, за умови застосування механічних заходів контролювання чисельності бур'янів та без застосування добрив – 16,7–22,8 грн/т. Застосування хімічного способу обмеження чисельності бур'янів дозволяє отримати собівартість однієї тонни сорго цукрового на рівні показників з механічними обробітками – 18,5–25,0 грн/т. Найбільша собівартість отриманої продукції спостерігалась на варіантах досліду, де застосовували удобрення  $N_{160}P_{160}K_{160}$  та не обмежували ріст бур'янів – 74,8–92,8 грн/т. Так, для сорту Нектарний за умови використання хімічного методу контролювання чисельності бур'янів та удобрення в дозі  $N_{160}P_{160}K_{160}$  отримано прибуток на рівні 13211,73 грн/га, в той же час максимальний рівень прибутку 15690,19 грн/га забезпечує сорт Фаворит за умови застосування хімічного захисту та удобрення  $N_{80}P_{80}K_{80}$ .

## ВИСНОВКИ

1. У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукового завдання, щодо визначення особливостей росту й розвитку сортів і гібрида сорго цукрового в умовах Правобережного Лісостепу України залежно від удобрення та методів обмеження чисельності бур'янів. Уперше в умовах Правобережного Лісостепу України визначено вплив елементів технології вирощування сорго цукрового на вуглеводну складову соку стебел та на продуктивність рослин для отримання біопалива. Встановлено сорти та гібрид сорго цукрового найбільш придатні для виробництва біопалива, оптимізовано дози внесення добрив, обґрунтовано оптимальні заходи контролювання бур'янів.

2. Найвищу польову схожість насіння відмічено у сорту Силосне 42 (забур'янений контроль – 70,2%; досходове боронування – 76,9%) та сорту Фаворит (забур'янений контроль – 69,7%; досходове боронування – 75,8%). Найкращим виживанням характеризувалися рослини сорту Фаворит (59,7–84,3%), гібрида Медовий (58,2–81,2) та сорту Нектарний (58,3–82,3). Внесення середньої дози добрив підвищувало цей показник на 6,9%, а використання гербіцидів забезпечувало ступінь виживання рослин у межах 67,4–82,4%.



3. Біометричні показники всіх досліджуваних сортів та гібрида сорго цукрового залежали від агротехніки вирощування. Максимальну висоту (256,6–298,6 см) та діаметр (18,9–22,5 мм) формували рослини сорту Фаворит у варіанті з ручними прополюваннями. У варіантах із застосуванням гербіцидів висота рослин була в межах 230,2–291,6 см, діаметр – 16,2–21,8 мм, що було більшим у середньому на 2,1 і 4,0% порівняно з варіантами з механічними обробітками. Внесення дози добрив  $N_{80}P_{80}K_{80}$  підвищувало дані показники на 8,4 і 6,3%.

4. Збільшення вмісту хлорофілу в листках усіх досліджуваних сортів та гібрида сорго цукрового спостерігалось під впливом мінеральних добрив на варіантах з хімічними обробками у фазі викидання волоті: з найвищими значеннями за внесення  $N_{160}P_{160}K_{160}$  та мінімальними – на неудобреному фоні. Найвищий вміст суми хлорофілів за весь період вегетації показали гібрид Медовий (4,59 мг/г сухої речовини) та сорт Фаворит (4,52 мг/г), меншими були показники у сорту Нектарний (4,41 мг/г) та сорту Силосне 42 (4,25 мг/г сухої речовини).

5. Найбільшу площу листової поверхні формували рослини сорту Нектарний (63,6 тис.м<sup>2</sup>/га) та гібрида Медовий (60,5 тис.м<sup>2</sup>/га) на фоні внесення повної дози мінеральних добрив на контролі 2 (ручні прополювання). Порівняно з необробленими варіантами площа листової поверхні збільшувалася за механічних заходів контролювання бур'янів на 32,8%, хімічних – на 41,3% відповідно в середньому на всіх фонах удобрення. Найкращі показники у всіх сортів та гібрида отримано на ділянках зі внесенням мінеральних добрив ( $N_{80}P_{80}K_{80}$  – 30,0–49,3,  $N_{160}P_{160}K_{160}$  – 32,7–63,6 тис.м<sup>2</sup>/га). Найвищі значення чистої продуктивності фотосинтезу показали сорти Фаворит та Нектарний – відповідно 4,59–7,86 і 3,74–6,19 г/м<sup>2</sup> поверхні листків × добу.

6. Встановлено, що рослини сорго цукрового використовували азоту 42–80%, фосфору 18–33%, калію – 48–86%. Із застосуванням підвищених доз мінеральних добрив ( $N_{160}P_{160}K_{160}$ ) коефіцієнти використання макроелементів з добрив знижувались порівняно з дозою добрив  $N_{80}P_{80}K_{80}$  у середньому на 5,8 %.

7. Внесення мінеральних добрив сприяло посиленому накопиченню сухої речовини рослинами сорго цукрового. У фазі повної стиглості найвищі показники накопичення сухої речовини показали сорт Фаворит (вміст сухої речовини у листках за максимальної дози добрив – 35,93%, у стеблах – 29,30%) та гібрид Медовий (35,42 і 28,40%).

8. Використання гербіцидів (Діален Супер) для контролювання забур'яненості посівів сприяє збільшенню врожайності сорго цукрового на фоні  $N_{80}P_{80}K_{80}$  на 43%, на фоні  $N_{160}P_{160}K_{160}$  на 57%. Кращі показники врожайності надземної біомаси були у сортів Фаворит (54,7–114,5 т/га), Нектарний (42,4–103,1) та гібрида Медовий (41,2–93,3 т/га). Механічний захист посівів від забур'янення дає змогу зібрати загальних цукрів 4,91–8,75 т/га, у варіантах із застосуванням гербіцидів – 5,36–10,37 т/га.

9. Найвищий розрахунковий вихід біоетанолу і твердого палива був у варіантах за умов максимального удобрення та проведення захисту посівів.

Найвищий вихід біоетанолу показали сорт Фаворит (1,89–5,38 т/га) та гібрид Медовий (1,53–4,83), твердого палива – сорт Нектарний (9,8–32,2) і сорт Фаворит (11,9–36,9 т/га).

10. Виявлено, що з економічної точки максимальний прибуток – 15710,99 грн/га, за рівня рентабельності – 429,4 % отримано за умови вирощування сорту Фаворит із застосуванням хімічного захисту та удобрення  $N_{80}P_{80}K_{80}$ .

11. Максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності був у контрольних варіантах з ручними прополованнями. Найбільш наближеними за показниками коефіцієнта енергетичної ефективності до контролю з ручним прополованням були варіанти із застосуванням хімічних методів контролювання чисельності бур'янів – у сорту Фаворит за хімічного методу контролювання чисельності бур'янів та дози  $N_{80}P_{80}K_{80}$  було отримано КЕЕ 14,4, а за  $N_{160}P_{160}K_{160}$  – 14,6.

### **РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Господарствам Правобережного Лісостепу України для отримання урожайності зеленої маси 104,7 т/га, вмісту загальних цукрів 11,92%, виходу загальної енергії 560,8 ГДж/га з максимальним рівнем економічної ефективності (прибуток – 15690,19 грн/га; рівень рентабельності – 426,4 %) рекомендується:

- вирощувати сорт сорго цукрового Фаворит;
- із застосуванням дози мінеральних добрив  $N_{80}P_{80}K_{80}$ ;
- з використанням хімічних способів контролювання чисельності бур'янів – Діален Супер (1,0–1,25 л/га у фазі 3–5 листків культури).

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

*Статті у наукових фахових виданнях*

1. Курило В.Л. Вплив сортових особливостей та норм внесених добрив на фенологічні показники та продуктивність рослин сорго цукрового / В.Л. Курило, Н.О. Григоренко, О.О. Марчук // Цукрові буряки. – К. – 2013. – № 4 (94). – С. 13–14. *(Здобувач провів експериментальні дослідження, узагальнив та проаналізував результати).*

2. Марчук О.О. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від різних методів боротьби з бур'янами на удобреному фоні / О.О.Марчук // Зб. наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – К. – 2013. – Вип. 17. – Т. I. – С. 201–205.

3. Курило В.Л. Вміст та співвідношення пластидних зелених пігментів у листках рослин сорго цукрового залежно від впливу елементів живлення та гербіцидів / В.Л. Курило, Н.О. Григоренко, О.О. Марчук // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – К. – 2014. – Вип. 22. – С. 71–73. *(Здобувач провів експериментальні дослідження, узагальнив та проаналізував результати).*

4. Марчук О.О. Вміст розчинних вуглеводів у соку стебел сорго цукрового залежно від агротехніки вирощування / О.О.Марчук // Наукові праці

Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – К. – 2015. – Вип. 23. – С. 50–53.

#### *Статті в іноземних виданнях*

5. Курило В.Л. Урожайность зеленой массы и содержание общих сахаров разных сортов и гибридов сорго сахарного в зависимости от агротехники выращивания / В.Л. Курило, А.О. Марчук // Земляробство і ахова раслін. – Минск. – 2015. – № 3(100). – С. 22–24.

6. Kurilo V. Impact of agrotechnical methods upon the energetic productivity of sweet sorghum / V. Kurilo, A. Marchuk, S. Ivanovs // Journal of research and applications in agricultural engineering – Poznan. – 2015. – № 60(2). – С. 50–53.

#### *Патенти*

1. Патент 91515 Україна, МПК (2014), А01В79/02, Спосіб підготовки ґрунту для сівби насіння сорго цукрового / Курило В.Л., Марчук О.О. – № и 2014 00395; заявл. 17.01.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. №13.

2. Патент 91516 Україна, МПК (2014), А01В79/02, Спосіб догляду за посівами сорго цукрового / Марчук О.О., Курило В.Л., Ковальчук В.П., Григоренко Н.О., Герасименко Л.А. – № и 2014 00396; заявл. 17.01.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. №13.

3. Патент 102470 Україна, МПК (2015), А01В79/02, Спосіб догляду за посівами цукрового сорго / Курило В.Л., Марчук О.О., Ганженко О.М., Гументик М.Я., Хіврич О.Б. – № и 2015 05571; заявл. 05.06.2015; опубл. 26.10.2015, Бюл. №20.

#### *Тези доповідей на наукових конференціях*

1. Курило В.Л. Цукрове сорго – перспективна сировина для комплексного використання / В.Л. Курило, Н.О. Григоренко, О.О. Марчук // «Біоенергетика: вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива»: перша міжнародна науково-практична конференція, 25–26 жовтня 2011 р. – Київ, 2011. – С. 130–134.

2. Марчук О.О. Урожайність біомаси різних сортів та гібридів сорго цукрового при спільному використанні добрив та гербіцидів / О.О. Марчук // «Підвищення ефективності ресурсозберігаючих технологій на зернопереробних підприємствах»: всеукраїнська наук. конференція, 24–25 жовтня 2013 р.: тези доп. – Умань, 2013. – С. 56–57.

3. Марчук О.О. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від різних методів боротьби з бур'янами на удобреному фоні / О.О. Марчук // «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур»: II міжнародна науково-практична конференція молодих учених, 25 квітня 2013 р. – Київ, 2013. – С. 60–65.

4. Марчук О.О. Біометричні показники сортів та гібридів сорго цукрового залежно від фону мінерального живлення / О.О. Марчук // Аграрна наука – виробництву «Новітні технології в рослинництві»: держ. наук.-практ. конф., 7–8 листопада 2013 р.: тези доп. – Біла Церква, 2013. – С. 56–57.

5. Марчук О.О. Продуктивність рослин сорго цукрового залежно від методів боротьби з бур'янами / О.О. Марчук // Наукові пошуки молоді у

третьому тисячолітті «Новітні технології в рослинництві»: міжнародна. наук.-практ. конф., 15–16 травня 2014 р.: тези доп. – Біла Церква, 2014. – С. 16–17.

6. Марчук О.О. Вміст розчинних вуглеводів у соку стебел сорго цукрового залежно від агротехніки вирощування / О.О.Марчук // «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур»: IV міжнародна науково-практична конференція молодих учених, 24 квітня 2015 р. – Київ, 2015. – С. 50–53.

## АНОТАЦІЯ

**Марчук О.О. Продуктивність сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування.** – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 – рослинництво. – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, 2015.

У дисертаційній роботі викладено результати досліджень щодо особливостей росту та розвитку різних сортів та гібрида сорго цукрового залежно від доз удобрення та методів контролювання чисельності бур'янів. Вивчено вплив досліджуваних факторів на запаси продуктивної вологи, польову схожість, виживання рослин, висоту, діаметр стебел, вміст та співвідношення хлорофілів у листках культури, основні показники фотосинтетичної активності посівів, забур'яненість, винос елементів живлення, вміст сухої речовини в листках та стеблах, продуктивність сорго, структуру врожаю, динаміку накопичення цукрів, вміст золи та мікроелементів у стеблах рослин, моделювання продуктивності цукрового сорго, економічну та енергетичну ефективність вирощування культури.

На основі результатів досліджень, для забезпечення високої продуктивності у поєднанні з максимальним рівнем економічної ефективності, рекомендовано оптимізовані елементи технології вирощування сорго цукрового в умовах Правобережного Лісостепу України.

**Ключові слова:** сорго цукрове, сорти, гібрид, дози добрив, бур'яни, гербіциди, механічні обробітки, продуктивність, урожайність, суха маса, вуглеводи, біопаливо, економічна та енергетична ефективність.

## АННОТАЦИЯ

**Марчук А.О. Продуктивность сорго сахарного в зависимости от элементов технологии выращивания.** – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 – растениеводство. – Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН, Киев, 2015.

В диссертационной работе изложены результаты исследований особенностей роста и развития различных сортов и гибрида сорго сахарного в зависимости от доз удобрений и методов контроля численности сорняков. Изучено влияние исследуемых факторов на запасы продуктивной влаги, полевую всхожесть, выживаемость растений, высоту, диаметр стеблей, содержание и соотношение хлорофиллов в листьях культуры, основные

показатели фотосинтетической активности посевов, засоренность, вынос элементов питания, содержание сухого вещества в листьях и стеблях, производительность сорго, структуру урожая, динамику накопления сахаров, содержание золы и микроэлементов в стеблях растений, моделирование продуктивности сахарного сорго, экономическую и энергетическую эффективность выращивания культуры.

Биометрические показатели растений изменялись под влиянием исследуемых агротехнических приемов. Наиболее высокорослыми были растения гибрида Медовый (210,3–289,6 см), сорта Нектарный (215,7–295,3) и сорта Фаворит (223,6–298,6 см). У сорта Силосное 42 наблюдалась тенденция отставания растений в росте (200,4–279,7 см), что связано с его биологическими особенностями. Наибольший диаметр стебля формировали растения сорта Фаворит на варианте с ручным возделыванием при внесении полной дозы минеральных удобрений (22,5 мм). Высокие значения чистой продуктивности фотосинтеза показали сорт Фаворит (4,59–7,86 г/м<sup>2</sup> поверхности листьев × сутки) и сорт Нектарный (3,74–6,19 г/м<sup>2</sup> поверхности листьев × сутки). Использование минеральных удобрений на гербицидном фоне в зависимости от сортовых особенностей позволяет получить от 6,11 до 10,37 т/га общих сахаров. Механические меры защиты посевов позволяют получить от 5,53 до 8,75 т/га общих сахаров.

В работе оценено влияние исследуемых агротехнических факторов на показатели производительности различных сортов и гибрида сорго сахарного.

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ позволил получить модельные уравнения зависимости производительности сорго сахарного от морфологических признаков растений. В частности установлено, что между урожайностью и площадью листовой поверхности в период полной спелости существует тесная корреляция  $r = 0,84$ . А эту закономерность можно описать уравнением типа  $Y_3 = 15,49 + 1,413 * S$ .

Установлено, что внесение минеральных удобрений в количестве  $N_{160}P_{160}K_{160}$  может обеспечить гарантированный сбор с 1 га посевов сорго сахарного 59,6–114,5 т зеленой массы, выход общих сахаров из которой составляет 4,42–10,37 т, что подтверждает эффективность использования как сырья для производства сахаросодержащих продуктов, биоэтанола так и твердого биотоплива в качестве топливных брикетов и гранул.

На основе результатов исследований, для обеспечения высокой производительности в сочетании с максимальным уровнем экономической эффективности, рекомендовано оптимизированные элементы технологии выращивания сорго сахарного в условиях Правобережной Лесостепи Украины.

Так, установлено, что хозяйствам Правобережной Лесостепи Украины для получения урожайности зеленой массы – 104,7 т / га; содержания общих сахаров – 11,92%; выхода общей энергии – 560,8 ГДж / га с максимальным уровнем экономической эффективности (прибыль – 15710,99 грн/га, уровень рентабельности – 429,4%) рекомендуется выращивать сорт сорго сахарного Фаворит с применением дозы минеральных удобрений  $N_{80}P_{80}K_{80}$ , при условии использования химических способов борьбы с сорняками – Диален Супер (1,0–

1,25 л/га в фазу 3–5 листьев культуры). Применение высоких доз минерального удобрения  $N_{160}P_{160}K_{160}$  приводит к снижению уровня рентабельности и производства сорго сахарного.

**Ключевые слова:** сорго сахарное, сорта, гибрид, дозы удобрений, сорняки, гербициды, механическое возделывание, продуктивность, урожайность, сухая масса, углеводы, биотопливо, экономическая и энергетическая эффективность.

## SUMMARY

**A. Marchuk Productivity of sorghum sugar depending on growing technology elements.** – Manuscript.

Thesis for a degree in agricultural sciences, specialty 06.01.09 – plant growing. – Institute of bioenergy crops and sugar beet NAAS, Kyiv, 2015.

The thesis presents the results of research on the characteristics of growth and development of different varieties and hybrid of sugar sorghum depending on the dose of fertilization and methods of weed control number. The influence of investigated factors on stocks of productive moisture, field germination, plant survival, height, diameter, and the ratio of chlorophyll content in the leaves of the culture, the basic indicators of photosynthetic activity of crops, weediness, removal of batteries, dry matter content in the leaves and stems, sweet sorghum productivity, crop structure and dynamics of the accumulation of sugars, ash and trace elements in the stems of plants, modeling of productivity of sugar sorghum, economic and energy efficiency of growing the culture.

Based on the results of studies for high performance combined with the highest level of economic efficiency, optimized elements of technology of growing sugar sorghum under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine were recommended.

**Key words:** sweet sorghum, varieties, hybrid, dose of fertilizer, weeds, herbicides, mechanical cultivation, productivity, yield, dry weight, carbohydrates, energy, economic and energy efficiency.