

УДК: 620.91.631.81.095.337

БІОЕНЕРГЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦУКРОВОГО СОРГО ЗА ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОДОБРИВ

ІВАНІНА В.В. - доктор с.-г. наук;
СИПКО А.О., СТРИЛЕЦЬ О.П., ЗАЦЕРКОВНА Н.С. - канд. с.-г. наук;
СІНЧУК Г.А. - н.с.
 (Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН);
ІВАНОВА О.Г. - с.н.с.; Іванівська дослідно-селекційна станція ІБКІЦБ;
СЕНЧУК С.М. - канд. с.-г. наук; Білоцерківська дослідно-селекційна станція ІБКІЦБ

Вступ. Цукрове сорго є однією з найперспективніших біоенергетичних культур для виробництва рідких і твердих видів біопалива [5], [7]. За врожайності 40 т/га з 1 гектара посівів цієї культури можна отримати 6-12 т спирту і 12-15 т побічної продукції [1].

Сорго характеризується високою посухо- та солестійкістю [6], може активно здійснювати процеси засвоєння та трансформації світлової енергії за температури повітря понад 35°C і навіть за 40°C, тоді як інші культури за цих умов практично припиняють асиміляційні процеси і перебувають у стані депресії [2].

Одним із основних чинників підвищення продуктивності цукрового сорго є мінеральні добрива. За рахунок оптимізації мінерального живлення можна підвищити врожайність зеленої маси цукрового сорго на 50% порівняно з базовою його продуктивністю [3].

Застосування мікродобрив на посівах цукрового сорго є новим і недостатньо вивченим питанням. Мікродобрива активують діяльність ферментативних систем, посилюють фотосинтетичну активність, забезпечують швидке накопичення вегетативної маси та вуглеводнів, що істотно підвищує біоенергетичну продуктивність [4].

Метою досліджень було встановлення впливу доз та строків застосування у позакореневе підживлення композиційного мікродобрива «Максимус» на продуктивність цукрового сорго для виробництва біоетанолу в умовах недостатнього зволоження Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2014-2015 рр. у тимчасовому польовому досліді на Іванівській ДСС.

грунт дослідної ділянки – чорнозем типовий середньосуглинковий, який характеризується такими агрохімічними властивостями орного (0-30 см) шару: рН сольове – 6,5-6,7; сума увібраних основ за Каппеном-Гільковицем – 36,6 мг-екв./100 г ґрунту; гумус за Тюрінім – 5,0-5,1%; легкогідролізований

азот за Корнфілдом – 150 мг/кг ґрунту; 140 та 80-90 мг/кг ґрунту.
 P₂O₅ та K₂O за Чиріковим – відповідно, Розмір посівної ділянки – 100 м².

Таблиця 1

Продуктивність цукрового сорго залежно від доз та строків внесення мікродобрив, ІДСС, 2014-2015 рр.

№ вар.	Варіант	Вміст сухої речовини, %		Врожайність зеленої маси, т/га	Цукристість, %
		листки	стебла		
Силосне 42					
1	Р90 90 + N45 у передпосівну культивуацію + N30 підживлення I - Фон	27,9	20,9	87	8,2
2	Фон + Махімус, 3 кг/га підживлення I	28,6	21,3	97	9,2
3	Фон + Махімус, 4,5 кг/га підживлення I	29,3	22,7	102	9,7
4	Фон + Махімус, 3 кг/га підживлення I + Махімус, 3 кг/га підживлення II	29,5	23,6	102	10,4
5	Фон + Махімус, 4,5 кг/га підживлення I + Махімус, 3 кг/га підживлення II	31,3	25,4	105	11,3
Медовий					
6	Р90 90 + N45 у передпосівну культивуацію + N30 підживлення I - Фон	28,6	21,8	91	10,6
7	Фон + Махімус, 3 кг/га підживлення I	28,7	22,4	101	11,6
8	Фон + Махімус, 4,5 кг/га підживлення I	29,8	23,4	108	12,1
9	Фон + Махімус, 3 кг/га підживлення I + Махімус, 3 кг/га підживлення II	30,4	24,1	111	12,9
10	Фон + Махімус, 4,5 кг/га підживлення I + Махімус, 3 кг/га підживлення II	31,9	26,5	113	14,0
НІР05		1,2	1,4	4,6	0,4

Примітка: Позакореневе підживлення I – проводили у фазі кущення (IV етап органогенезу); підживлення II – через 10-12 днів.

Розміри облікової ділянки – 73,1 м². Розміщення повторень – ярусне, чотирикратне.

Форми мінеральних добрив: осінню під оранку на глибину 0-30 см – суперфосфат простий гранульований, калій хлористий; весною у передпосівну культивуацію – амонійну селітру; позакореневе підживлення – сечовина, мікродобриво «Максимум».

Мікродобриво «Максимум» містить у своєму складі висококонцентровані розчини солей етилендіамінтетраукснної кислоти (ЕДТА) з вмістом N – 20%, P₂O₅ – 20%, K₂O – 20%; MgO – 12%, SO₃ – 23%; катіонів металів: Fe – 0,11%, B – 0,05%, Mo – 0,01%, Mn – 0,01%, Cu – 0,06%, Zn – 0,04%.

Результати досліджень та їх обговорення. Результати досліджень свідчать, що вирощування цукрового сорго в умовах Лівобережного Лісостепу України за внесення під оранку P₆₀K₆₀ поєднано з N₄₅ у передпосівну культивуацію та N₃₀ у позакореневе підживлення забезпечило врожайність зеленої маси 87-91 т/га, за вмісту цукру в рослинах – 8,2-10,6%. За внесення мінеральних добрив гібрид «Медовий» відзначився вищою продуктивністю порівняно з сортом «Силосне 42»: врожайність зеленої маси була вища – на 4 т/га, вміст цукру – на 2,4% (табл. 1).

Внесення у позакореневе підживлення мікродобрива «Максимум» на фоні основного удобрення підвищило врожайність зеленої маси цукрового сорго порівняно з фоном мінеральних добрив у сорту «Силосне 42» – на 10-18, гібриду «Медовий» – на 10-22 т/га. Застосування мікродобрив підвищило вміст сухої речовини та цукру в рослинах цукрового сорго. Так, за внесення мікродобрива «Максимум» у позакореневе підживлення вміст сухої речовини в стеблах рослин цукрового сорго, порівняно з фоном P₆₀K₆₀ + N₄₅ + N₃₀, підвищився у сорту «Силосне 42» – на 0,4-4,5%, гібриду «Медовий» – на 0,6-4,7%; вміст цукру, відповідно – на 1,0-3,1% та 1,0-3,4%.

За проведення позакореневих підживлень мікродобривом «Максимум» вищу продуктивність показав гібрид «Медовий». Вирощування гібриду «Медовий» і застосування мікродобрив підвищило врожайність зеленої маси, порівняно з сортом «Силосне 42» – на 4-9 т/га, вмісту цукру в рослинах – на 2,4-2,7%.

Цукрове сорго добре відзивалось на збільшення дози мікродобрив у позакореневе підживлення. Так, за одноразового внесення мікродобрива «Максимум» у дозі 3 кг/га у фазі кушення, врожайність зеленої маси цукрового сорго становила 97-101 т/га, у дозі 4,5 кг/га – відповідно, 102-108 т/га. Збільшення дози мікродобрив з 3 до 4,5 кг/га підвищило вміст цукру в рослинах цукрового сорго на 0,5%.

Найвищу врожайність зеленої

Таблиця 2.
Вихід біопалива і енергії залежно від доз та строків внесення мікродобрив, Іванівська ДСС, 2014-2015 рр.

№ вар	Варіант	Вихід, т/га			Вихід енергії, ГДж/га		Всього енергії, ГДж/га
		соку	біоетанолу	твердого палива	біоетанол	тверде паливо	
Силосне 42							
1	P90K90 + N45 у передпосівну культивуацію + N30 підживлення I - Фон	43,6	3,5	20,0	88	320	408
2	Фон + Махімус, 3 кг/га підживлення I	48,5	3,9	22,8	98	365	463
3	Фон + Махімус, 4,5 кг/га підживлення I	50,9	4,1	25,5	103	408	511
4	Фон + Махімус, 3 кг/га підживлення I + Махімус, 3 кг/га підживлення II	51,1	4,1	26,5	103	424	527
5	Фон + Махімус, 4,5 кг/га підживлення I + Махімус, 3 кг/га підживлення II	52,6	4,7	29,6	118	474	592
Медовий							
6	P90K90 + N45 у передпосівну культивуацію + N30 підживлення I - Фон	45,2	3,6	21,8	90	349	439
7	Фон + Махімус, 3 кг/га підживлення I	50,2	4,5	24,9	113	398	511
8	Фон + Махімус, 4,5 кг/га підживлення I	53,8	5,3	27,8	133	445	578
9	Фон + Махімус, 3 кг/га підживлення I + Махімус, 3 кг/га підживлення II	55,3	5,4	29,5	135	472	607
10	Фон + Махімус, 4,5 кг/га підживлення I + Махімус, 3 кг/га підживлення II	56,6	6,3	32,9	158	526	684

Примітка: Позакореневе підживлення I – проводили у фазі кушення (IV етап органогенезу); підживлення II – через 10-12 днів.

маси цукрового сорго отримали за вирощування гібриду «Медовий» і проведення двох позакореневих підживлень мікродобривом «Максимум» (4,5 кг/га у фазі кушення (IV етап органогенезу) та 3 кг/га через 10-12 днів) на фоні основної дози мінеральних добрив N₇₅P₉₀K₉₀ – 113 т/га. При цьому досягався найвищий вміст цукру в рослинах – 14,0%.

Розрахунки виходу біоетанолу й енергії показали, що енергетично найефективнішим в умовах нестійкого зволоження на чорноземі типовому середньосушлинковому визначено вирощування гібриду «Медовий» за внесення під оранку P₆₀K₆₀ у передпосівну культивуацію – N₄₅, підживлення у фазі кушення – N₃₀ + «Максимум», 4,5 кг/га, друге підживлення через 10-12 днів – «Максимум», 3 кг/га: вихід біоетанолу – 6,3 т/га, твердого палива – 32,9 т/га, сумарний вихід енергії – 684 ГДж/га (табл. 2).

Вирощування сорту «Силосне 42» за зазначеної системи удобрення суп-

роводжувалось зменшенням, порівняно з гібридом «Медовий», виходу біоетанолу – на 1,6 т/га, твердого палива – на 3,3 т/га, сумарної енергії – на 92 ГДж/га.

Проведення одного позакореневого підживлення мікродобривом «Максимум» визначено менш енергетично ефективним порівняно з дворазовим. Сумарний вихід енергії за одноразового внесення мікродобрива у сорту «Силосне 42» становив 463-511 ГДж/га, гібриду «Медовий» – 511-578, що, порівняно з дворазовим внесенням, було меншим – відповідно, на 64-81 та 96-106 ГДж/га.

Збільшення дози мікродобрива «Максимум» на 1,5 кг/га за одноразового підживлення підвищило енергетичну ефективність цукрового сорго – на 48-67 ГДж/га, дворазового – на 65-77 ГДж/га.

Отже, за вирощування цукрового сорго в умовах Лівобережного Лісо-

Таблиця 3.

Винос елементів живлення цукровим сорго залежно від доз та строків внесення мікродобрив, ІДСС, 2014-2015 рр.

№ вар.	Суха маса, т/га		Вміст елементів живлення, % на суху речовину						Винос NPK, кг/га		
			листки			стебла					
	листіків	стебел	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Силосне 42											
1	6,2	13,8	0,81	0,32	0,92	0,89	0,28	0,97	125	46	138
2	7,1	15,7	0,82	0,32	0,94	0,89	0,28	0,99	170	62	190
3	8,4	17,1	0,80	0,31	0,93	0,91	0,29	0,98	210	74	231
4	8,9	17,6	0,82	0,32	0,92	0,91	0,29	1,01	212	77	237
5	9,1	20,5	0,81	0,31	0,94	0,90	0,28	1,00	255	91	287
Медовий											
1	6,7	14,7	0,82	0,31	0,91	0,90	0,30	1,03	133	47	151
2	8,1	16,8	0,82	0,32	0,92	0,90	0,31	1,04	171	62	196
3	8,7	19,1	0,83	0,33	0,93	0,91	0,30	1,04	209	78	237
4	9,6	19,9	0,84	0,32	0,93	0,91	0,30	1,05	238	86	271
5	10,1	22,8	0,84	0,33	0,93	0,92	0,31	1,06	297	109	338

ступу України на чорноземі типовому середньосуглинковому найефективнішим визначено дворазове внесення мікродобрива «Максимус» у позакореневе підживлення (у фазі кушення – «Максимус», 4,5 кг/га разом з N₃₀, через 10-12 днів – «Максимус», 3 кг/га) на фоні P₆₀K₉₀ під глибоку оранку та N₄₅ у передпосівну культивуацію.

За проведення двох позакорневих підживлень мікродобривом «Максимус» на фоні основної дози мінеральних добрив N₇₅P₉₀K₉₀ сорт «Силосне 42» виносив із ґрунту азоту – 212-255 кг/га, фосфору – 77-91, калію – 237-287, гібрид «Медовий» – відповідно, 238-297, 86-109 та 271-338 кг/га. Вирощування більш врожайного гібриду «Медовий», порівняно з сортом «Силосне 42», підвищило винос із ґрунту азоту – на 26-42, фосфору – на 9-18, калію – на 34-51 кг/га (табл. 3).

Система удобрення на основі двох позакорневих підживлень мікродобривом «Максимус» за вирощування гібрида «Медовий» в умовах нестійкого зволоження формувала різко від'ємний баланс азоту і калію у ґрунті. За внесення у позакореневе підживлення у фазі кушення «Максимус», 4,5 кг/га, через 10-12 днів – «Максимус», 3 кг/га на фоні основної дози мінеральних добрив N₇₅P₉₀K₉₀ баланс азоту у ґрунті формувався від'ємний в кількості -222 кг/га, калію – -248, за невисокого дефіциту фосфору – -19 кг/га.

Отже, вирощування цукрового сорго за дози мінеральних добрив N₇₅P₉₀K₉₀ може призвести у тривалій перспективі до збіднення ґрунту на азот та калій і стати причиною зниження його енерге-

тичної продуктивності. Забезпечення сталих засад вирощування цієї культури потребує застосування вищих доз міне-

ральних добрив в основне удобрення, вирощування його в умовах плодотвірної сізовміни, де різкий дефіцит елементів живлення частково покриватиметься за рахунок післядії добрив та симбіотично фіксованого азоту, який накопичують бобові культури.

Висновки. Найвищою продуктивності цукрового сорго досягли за вирощування гібриду «Медовий» і дворазового внесення у позакореневе підживлення мікродобрива «Максимус» (у фазі кушення – 4,5 кг/га, через 10-12 днів – 3 кг/га) на фоні основної дози мінеральних добрив N₇₅P₉₀K₉₀: урожайність зеленої маси – 113 т/га, цукристість – 14,0%, сумарний вихід енергії – 684 ГДж/га.

Сорт «Силосне 42», порівняно з гібридом «Медовий», за внесення мікродобрив «Максимус» формував значно меншу вегетативну масу, містив менше цукру та відзначався нижчою енергетичною продуктивністю – зменшення, відповідно, на 4-9 т/га, 2,4-2,7% та 48-92 ГДж/га.

Дворазове внесення у позакореневе підживлення цукрового сорго мікродобрива «Максимус» на фоні основної дози мінеральних добрив N₇₅P₉₀K₉₀ формувало у ґрунті від'ємний баланс азоту в кількості – 163-222 кг/га, калію – 181-248, за невисокого дефіциту фосфору – 0-19 кг/га.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Григоренко Н.О. Цукрове сорго дає високі й стабільні врожаї зерна та зеленої маси за складних кліматичних умов / Н.О. Григоренко // Зерно і хліб. – 2011. – № 3. – С. 48-49.
2. Іващенко О.О. Перспективи вирощування кукурудзи та сорго / О.О. Іващенко, О.І. Рудник-Іващенко // Хімія, агрономія, сервіс. – 2011. – № 12. – С. 39-41.
3. Макаров Л.Х. Соргові культури: монографія / Л.Х. Макаров. – Херсон: Айлант, 2006. – 263 с.
4. Микроэлементы в сельском хозяйстве / [Бульгин С.Ю., Демишев Л.Ф., Доронин В.А. и др.]; под. ред. С.Ю. Бульгина. – [2-е изд.]. – Днепропетровск: Днепробук, 2003. – 80 с.
5. Морару Г.А. Перспективи використання сахарного сорго для забезпечення життєдіяльності человека // Revista pentru fermieri: Moldova. – 2000. – №1. – С. 16-19.
6. Фітоенергетичні культури / М.В. Роїк, В.Л. Курило, М.Я. Гументик, О.М. Ганженко // Агроном. – 2013. – №3. – С. 196-199.
7. Шепель Н.А. Сорго / Н.А. Шепель. – Волгоград: Комитет по печати, 1994. – 448 с.

Анотация

Висвітлено результати досліджень щодо впливу доз і строків внесення у позакореневе підживлення мікродобрив «Максимус» на врожайність зеленої маси, вміст цукру і енергетичну продуктивність цукрового сорго при вирощуванні на чорноземах типових середньосуглинкових. Енергетично найбільш ефективним визначено вирощування гібрида «Медовий» при внесенні під оранку - P₉₀K₉₀, передпосівну культивуацію - N₄₅, позакореневе підживлення у фазі кушення - N₃₀ + «Максимус», 4,5 кг / га, другу підгодівлю через 10-12 днів - «Максимус», 3 кг / га: вихід біоетанолу - 6,3 т / га, твердого біопалива - 31,8 т / га, сумарний вихід енергії - 667 ГДж / га.

Ключові слова: цукрове сорго, мікродобрива «Максимус», позакореневе підживлення, біоенергетична продуктивність.

Аннотация

Освещены результаты исследований о влиянии доз и сроков внесения во внекорневую подкормку микроудобрений «Максимус» на урожайность зеленой массы, содержание сахара и энергетическую продуктивность сахарного сорго при выращивании на черноземах типичных среднесуглинистых. Энергетически наиболее эффективными определены выращивание гибрида «Медовый» при внесении под вспашку - P₉₀K₉₀, предпосевную культивацию - N₄₅, внекорневую подкормку в фазе кушения - N₃₀ + «Максимус», 4,5 кг/га, вторую подкормку через 10-12 дней - «Максимус», 3 кг/га: выход биоэтанола - 6,3 т/га, твердого биотоплива - 31,8 т/га, суммарный выход энергии - 667 ГДж/га.

Ключевые слова: сахарное сорго, микроудобрения «Максимус», внекорневые подкормки, биоэнергетическая продуктивность.

Abstract

The article presents experimental results on the effect of doses and timing of micronutrients fertilizer Maximus for foliar feeding on the yield of green mass, sugar content and energetic productivity of sugar sorghum when growing on black soil of the loamy texture. The highest energy efficiency was determined in hybrid Medovyi when applying P₉₀K₉₀ in ploughing, N₄₅ in seed-bed preparation, N₃₀+Maximus (4.5 kg/ha) in foliar application at phase of tillering, Maximus (3 kg/ha) in second foliar application carried out in 10-12 days. Productivity indices: bioethanol output 6.3 t/ha, solid biofuel 31.8 t/ha, total energy output 667 GJ/ha.

Keywords: sugar sorghum, micronutrients fertilizer Maximus, foliar application, bioenergy productivity.