

УДК:631.81.84

# БІОЕНЕРГЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦУКРОВОГО СОРГО ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ

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

**Вступ.** Для виробництва рідких і твердих видів палива цукрове сорго вважається однією з найбільш перспективних невибагливих до умов вирощування культур [3], [4], [5]. За врожайності 40 т/га з 1 гектара посівів цієї культури можна отримати 6-12 т спирту і 12-15 т побічної продукції, яку можна використовувати як тверде біопаливо [2].

Важливу роль у формуванні вегетативної маси рослин та досягненні високої їх продуктивності відіграє азотне живлення. Максимальну площу листового апарату рослини цукрового сорго досягають у період цвітіння. На посівах з проведенням вегетаційних поливів урожайність сухої маси за внесення азотних добрив збільшилась порівняно з варіантом без добрив на 15,4%. Найбільшого накопичення маси сухої речовини у рослинах цукрового сорго досягнуто у фазі молочно-воскової стиглості за внесення  $N_{90}$  2450 г/м<sup>2</sup> [1].

Висока здатність цієї культури адаптуватись до умов навколишнього середовища відкриває можливість для подальшого розширення ареалу вирощування цукрового сорго в Україні.

**Метою** дослідження було вивчення впливу доз та строків внесення азотних добрив на біоенергетичну продуктивність цукрового сорго за вирощування в умовах лівобережного Лісостепу України.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили впродовж 2011-2013 рр. в тимчасовому польовому досліді на Іванівській ДСС.

грунт дослідної ділянки чорнозем типовий слабкосолонцюватий важкосуглинковий, який характеризується такими агрохімічними властивостями орного (0-30 см) шару: рН сольове 6,5-6,7; сума увібраних основ 36,6 мг-екв. на 100г ґрунту; гумус за Тюрнімом 5,0-5,1%; легкогідролізований азот за Корнфілдом 150 мг/кг ґрунту;  $P_2O_5$  та  $K_2O$  за Чиріковим відповідно, 140 та 80-90 мг/кг ґрунту.

Розмір посівної ділянки 100 м<sup>2</sup>. Роз-

міри облікової ділянки 73,1 м<sup>2</sup>. Розміщення повторень ярусне чотирикратне.

Форми мінеральних добрив: аміачна селітра, суперфосфат простий гранульований, калій хлористий. Фосфорні та калійні добрива вносили з осені під оранку на глибину 0-30 см, азотні весною у передпосівну культивування та підживлення.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Результати досліджень свідчать, що вирощування цукрового сорго в умовах лівобережного Лісостепу України за внесення  $P_{60}K_{60}$  супроводжувалось отриманням урожайності зеленої маси 43,6-58,4 т/га. Гібрид «Медовий» мав урожайність вищу порівня-

но з сортом «Силосне 42» на 14,8 т/га.

Внесення азоту в дозі 30-90 кг/га на фоні фосфорних і калійних добрив підвищило врожайність зеленої маси цукрового сорго порівняно з фоном ( $P_{60}K_{60}$ ) сорту «Силосне 42» на 3,3-21,4, гібриду «Медовий» на 6,8-16,2 т/га. Застосування азотних добрив супроводжувалось підвищенням вмісту сухої речовини і цукру в рослинах цукрового сорго. Так, за внесення азотних добрив вміст сухої речовини порівняно з фоном  $P_{60}K_{60}$  підвищився у сорту «Силосне 42» на 0,4-0,7%, гібриду «Медовий» на 0,8-1,2%; вміст цукру відповідно на 0,4-2,1% та 0,9-1,6% (табл. 1).

Таблиця 1.

Продуктивність цукрового сорго залежно від доз та строків внесення азотних добрив, ДСС, 2011-2013 рр.

№ вар.	Варіант	Висота рослин, см	Вміст сухої речовини, %	Врожайність зеленої маси, т/га	Цукристість, %
Силосне 42					
1	$P_{60}K_{60}$ - Фон	221	23,5	43,6	9,7
2	Фон + $N_{30}$ в передпосівну культивування	231	23,9	46,9	10,1
3	Фон + $N_{60}$ - " -	238	24,2	58,9	10,9
4	Фон + $N_{90}$ - " -	247	24,1	62,7	11,8
5	Фон + $N_{45}$ в передпосівну культивування + $N_{45}$ в підживлення	252	24,0	65,0	11,8
Медовий					
6	$P_{60}K_{60}$ - Фон	249	24,1	58,4	11,3
7	Фон + $N_{30}$ в передпосівну культивування	260	24,9	65,2	12,2
8	Фон + $N_{60}$ - " -	266	25,1	70,1	12,6
9	Фон + $N_{90}$ - " -	270	25,3	73,0	12,9
10	Фон + $N_{45}$ в передпосівну культивування + $N_{45}$ в підживлення	275	25,3	74,6	12,9
НІР <sub>05</sub>		2,4	0,9	1,7	0,2

Таблиця 2.

Вихід біопалива і енергії за різних доз та строків внесення азотних добрив під цукрове сорго, ІДСС, 2011-2013 рр.

№ вар.	Варіант	Вихід, т/га			Вихід енергії, ГДж/га		Всього енергії, ГДж/га
		соку	біоетанолу	твердого палива	біоетанол	тверде паливо	
Силосне 42							
1	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - Фон	21,8	1,74	11,3	43,5	181	224
2	Фон + N <sub>30</sub> в передпосівну культивуацію	23,5	1,88	12,3	47,0	197	244
3	Фон + N <sub>60</sub> - " -	29,5	2,36	15,7	59,0	251	310
4	Фон + N <sub>90</sub> - " -	31,4	2,83	16,6	70,8	266	337
5	Фон + N <sub>45</sub> в передпосівну культивуацію + N <sub>45</sub> в підживлення	32,5	2,93	17,2	73,3	275	348
Медовий							
6	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - Фон	29,2	2,63	15,5	65,8	248	314
7	Фон + N <sub>30</sub> в передпосівну культивуацію	32,6	3,19	17,9	79,8	286	366
8	Фон + N <sub>60</sub> - " -	35,1	3,44	19,4	86,0	310	396
9	Фон + N <sub>90</sub> - " -	36,5	3,58	20,3	89,5	325	415
10	Фон + N <sub>45</sub> в передпосівну культивуацію + N <sub>45</sub> в підживлення	37,3	3,66	20,8	91,5	333	425

Застосування повного мінерально-го добрива збільшило порівняно з фоном P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> висоту стебла в період молочно-воскової стиглості у сорту «Силосне 42» на 10-31 см, гібриду «Медовий» на 11-26 см.

Найвищу врожайність зеленої маси цукрового сорго отримали за вирощування гібриду «Медовий» і дворазового внесення азотних добрив: N<sub>45</sub> в передпосівну культивуацію та N<sub>45</sub> в підживлення 74,6 т/га. При цьому досягалась найвища цукристість рослин 12,9%.

Внесення N<sub>90</sub> одноразово у передпосівну культивуацію знижувало врожайність зеленої маси порівняно з дворазовим внесенням азотних добрив у сорту «Силосне 42» на 2,3, гібриду «Медовий» на 1,6 т/га і не впливало на вміст цукру в рослинах.

Застосування одноразово у передпосівну культивуацію доз азоту 30-60 кг/га відзначалось низькою врожайністю зеленої маси. Порівняно з дозою 90 кг/га урожайністю зеленої маси зменшилась на 2,9-15,8 т/га, цукристість на 0,3-1,7%, що свідчить про низьку ефективність малих доз внесення азотних добрив.

Розрахунки виходу біопалива і енергії показали, що енергетично найефективнішим на чорноземі типовому слабосолонцюватому було вирощування гібриду «Медовий» за внесення у передпосівну культивуацію N<sub>45</sub>, підживлення N<sub>45</sub> на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> під глибоку оранку: вихід біоетанолу 3,66 т/га, твердого палива 20,8 т/га, сумарний вихід енергії 425 ГДж/га (табл. 2).

Вирощування сорту «Силосне 42» за зазначеної системи удобрення супроводжувалось зменшенням порівняно з гібридом «Медовий» виходу біоетанолу на 0,73 т/га, твердого палива на 3,6 т/га, сумарного виходу енергії на 77 ГДж/га.

Застосування дози азотних добрив N<sub>90</sub> одноразово у передпосівну культивуацію було менш енергетично ефективним. Сумарний вихід енергії порівняно з дворазовим його внесенням зменшився у сорту «Силосне 42» на 11, гібриду «Медовий» на 10 ГДж/га.

За внесення одноразово у передпосівну культивуацію доз азоту N<sub>30</sub> та N<sub>60</sub> енергетична ефективність вирощування цукрового сорго була низькою. Порівняно з дозою N<sub>90</sub> сумарний вихід

енергії в зазначених варіантах зменшився у сорту «Силосне 42» на 27-93, гібриду «Медовий» на 19-49 ГДж/га і становив, відповідно, 244-310 та 366-396 ГДж/га.

Отже, за вирощування цукрового сорго в умовах лівобережного Лісостепу України на чорноземі типовому слабкосолонцюватому найефективнішим є дворазове внесення азотних добрив (у передпосівну культивуацію N<sub>45</sub>, підживлення N<sub>45</sub>) на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> під глибоку оранку.

За дози добрив N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> під посіви цукрового сорго у ґрунті формувався негативний баланс азоту -50-70 кг/га та калію -120-150 на фоні зрівноваженого балансу фосфору +1-7 кг/га. У тривалій перспективі це може призвести до збіднення ґрунту на азот та калій і стати причиною зниження енергетичної ефективності вирощування цукрового сорго (табл. 3).

Застосування доз азоту 30-60 кг/га одноразово у передпосівну культивуацію збільшувало порівняно з дозою 90

кг/га дефіцит азоту у ґрунті в сорту «Силосне 42» до 65-68 кг/га, гібриду «Медовий» до 87-106 кг/га і зменшувало дефіцит балансу калію відповідно, до 67-104 та 118-133 кг/га.

**Висновки.** Найвища продуктивність цукрового сорго досягалась за вирощування гібриду «Медовий» і дворазового внесення азотних добрив (у передпосівну культивуацію N<sub>45</sub>, підживлення N<sub>45</sub>) на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> під глибоку оранку: врожайність зеленої маси 74,6 т/га, цукристість 12,9%, сумарний вихід енергії 425 ГДж/га.

Сорт «Силосне 42» порівняно з гібридом «Медовий» за внесення мінеральних добрив формував значно меншу вегетативну масу, мав нижчий вміст цукру та відзначався нижчою енергетичною продуктивністю відповідно, на 9,6-18,3 т/га, 1,1-2,1% та 77-122 ГДж/га.

Застосування дози добрив N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> під цукрове сорго формувало у ґрунті негативний баланс азоту -50-70, калію -120-150 на фоні зрівноваженого балансу фосфору +1-7 кг/га.

Таблиця 3.

Баланс елементів живлення в ґрунті залежно від доз та строків внесення азотних добрив під цукрове сорго, ІДСС, 2011-2013 рр.

№ вар.	Варіант	Винос NPK рослиною в цілому, кг/га			Баланс елементів живлення		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Силосне 42							
1	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - Фон	21,8	1,74	11,3	43,5	181	224
2	Фон + N <sub>30</sub> в передпосівну культивуацію	23,5	1,88	12,3	47,0	197	244
3	Фон + N <sub>60</sub> - " -	29,5	2,36	15,7	59,0	251	310
4	Фон + N <sub>90</sub> - " -	31,4	2,83	16,6	70,8	266	337
5	Фон + N <sub>45</sub> в передпосівну культивуацію + N <sub>45</sub> в підживлення	32,5	2,93	17,2	73,3	275	348
Медовий							
6	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - Фон	29,2	2,63	15,5	65,8	248	314
7	Фон + N <sub>30</sub> в передпосівну культивуацію	32,6	3,19	17,9	79,8	286	366
8	Фон + N <sub>60</sub> - " -	35,1	3,44	19,4	86,0	310	396
9	Фон + N <sub>90</sub> - " -	36,5	3,58	20,3	89,5	325	415
10	Фон + N <sub>45</sub> в передпосівну культивуацію + N <sub>45</sub> в підживлення	37,3	3,66	20,8	91,5	333	425

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Влашук А.М. Продуктивність сорго багаторічного в умовах зрошення південного степу України / Д.П. Войташенко, Н.В. Демченко // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Київ: Вип. 19. 2013. С 21-22.

2. Григоренко Н.О. Цукрове сорго дає високі й стабільні врожаї зерна та зеленої маси за складних кліматичних умов / Н.О. Григорен-

ко // Зерно і хліб. 2011. № 3. С. 48-49.

3. Морару Г.А. Перспективи использования сахарного сорго для обеспечения жизнедеятельности человека // Revista pentru fermieri: Moldovei. 2000. №1. С. 16-19.

4. Шепель Н.А. Сорго / Н.А. Шепель. Волгоград: Комитет по печати, 1994. 448 с.

5. Шорин П.М. Технология возделывания и использования сахарного сорго / П.М. Шорин. М.: Госсельхозиздат, 1986. 287 с.

слабосолонцеватых тяжелосуглинистых. Установлено, что наиболее энергетически эффективным было выращивание гибрида «Медовый» при двухразовом внесении азотных удобрений: в предпосевную культувацию N<sub>45</sub>, подкормку N<sub>45</sub>. Суммарный выход энергии урожая составил 425 ГДж/га.

#### ANNOTATION

The article highlights investigation results on the effect of nitrogen fertilizers dose and application term on the yield of vegetative mass, sugar content and energy crop productivity of sugar sorghum under growing on light alkaline chernozem of heavy loam texture. Growing «Medovyi» hybrid was determined to be the most effective under two-stage nitrogen application (N<sub>45</sub>): in pre-sowing cultivation and top-dressing. The total energy output was 425 GJ/ha.

**Key words:** sugar sorghum; nitrogen fertilizers; bioenergy potential

#### АНОТАЦІЯ

У статті висвітлено результати досліджень щодо впливу доз та строків внесення азотних добрив на врожайність зеленої маси, вміст цукру та енергетичну продуктивність цукрового сорго за вирощування на чорноземах типових слабкосолонцюватих важкосуглинкових. Установлено, що найбільш енергетично ефективним було вирощування гібриду «Медовий» за дворазового внесення азотних добрив: у передпосівну культивуацію N<sub>45</sub>, підживлення N<sub>45</sub>. Сумарний вихід енергії врожаю становив 425 ГДж/га.

**Ключові слова:** цукрове сорго, азотні добрива, біоенергетична продуктивність

#### АННОТАЦИЯ

В статье освещены результаты исследований о влиянии доз и сроков внесения азотных удобрений на урожайность зеленой массы, содержание сахара и энергетическую продуктивность сахарного сорго при выращивании на черноземах типичных

#### БІОЕНЕРГЕТИЧНА ІНФОРМАЦІЯ

### АГРАРНИКИ «ПІДСТАВИЛИ ПЛЕЧЕ» БІОЕНЕРГЕТИЦІ

Голова Держенергоефективності Сергій Савчук під час відкриття виставки «Енергоефективність. Відновлювана енергетика-2014» зазначив: для впровадження проектів із заміщення традиційних джерел енергії відновлюваними в Україні потрібно зробити великий стрибок, і на це, за попередніми підрахунками, знадобиться 300 млрд. грн. інвестицій до 2021 року.

Дійсно, для розвитку біоенергетики катастрофічно не вистачає коштів. Тим не менше, процес не стоїть на місці.

Активно сприяє впровадженню біологічних видів палива в агропромислому комплексі й МінАП України.

Так, за останніми даними (сайт Agravery.com.) у 2014 році в Україні кількість виробників пелет, брикетів з відходів сільського, лісового господарств та харчової промисловості перевищила 120 підприємств, а обсяг виробленого ними твердого біопалива склав понад 1,15 млн тонн - половина його імпортується, а решта використовується сільгоспдприємствами та комунальними службами, в основному для виробництва теплоенергії.

Наразі близько 2000 сучасних котлів працюють на деревній біомасі (тріска, гранули, пелети), більше 70 котлів використовують в якості палива лушпиння соняшника і понад 90 котлів та теплогенераторів працюють на тюкованій соломі. Діє також 8 біогазових установок, на яких загальний обсяг виробництва становить до 4 млн куб.м на рік.

Сприяє формуванню сировинної бази галузі й вирощування високопродуктивних біоенергетичних культур, які дають значний річний приріст біомаси. Зокрема, за дорученням Мінагрополітики садивний матеріал таких культур вже вирощується на полях наукових інститутів, підпорядкованих міністерству, НААНУ та дослідних плантаціях окремих сільгоспдприємств. Таким чином, якщо у 2012 році площі енергетичних культур склали менше 500 гектарів, то в 2014 році - понад 4600 гектарів.

Інф. журналу.