

УДК 633.63:631.52:575.125

УДК 633.62:631.5:620.952

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО СОРГО НА ЕНЕРГЕТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ

ГАНЖЕНКО О.М. -

К.Т.Н.;

ГЕРАСИМЕНКО Л.А. -

К.С.-Г.Н., С.Н.С.;

ІВАНОВА О.Г.,

зав.сектором (Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків)

Вступ. Останнім часом перед людством постає проблема заміщення традиційних носіїв енергії на відновлювальні. Перспективним поновлюваним джерелом палива є біомаса енергетичних сільськогосподарських рослин. Проте в Україні розвиток виробництва та використання біопалива стримується та відстає від внутрішніх потреб країни у зв'язку з недостатньою кількістю сировини. З цього погляду постає невідкладне завдання розробити елементи технології вирощування енергетичних рослин, які б забезпечували максимальний вихід енергії з одиниці площі. Тому актуальним є розробка елементів технології вирощування біоенергетичних культур, що забезпечить максимальне накопичення енергетично-корисних речовин (глюкоза, крохмал, целюлоза, жирні кислоти) в результаті їхньої фотосинтетичної діяльності [2, 3, 4, 7].

Найбільш перспективними для виробництва різних видів біопалива є цукроносні рослини, особливо цукрове сорго (*Sorghum saccharatum*). Ця культура добре адаптується до посушливих та спекотних умов, а також ефективно використовує вологу для формування високих урожаїв. На формування 1 кг сухої речовини сорго витрачає 300 кг води, кукурудза 388, пшениця 515, а соняшник 895. Традиційно біомасу цукрового сорго використовували в тваринництві та харчовій промисловості [5, 8].

В останні роки зростає інтерес до цукрового сорго як енергетичної культури. Сік зі стебел цієї культури, завдяки високому вмісту вуглеводів, є цінною сировиною для виробництва біоетанолу. Вихід соку становить до 60 % від зеленої маси рослини. Після видалення соку вологість стебел цукрового сорго не перевищує 40 %, тому вони можуть бути сировиною для виробництва твердого біопалива (паливних гранул або брикетів), або їх можна використовувати в біогазових генера-

торах для отримання біогазу [1].

Метою досліджень є підвищення енергетичної ефективності вирощування цукрового сорго як сировини для виробництва біопалива у Східному Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводились протягом 2013-2014 років на полях Іванівської дослідно-селекційної станції ІБКіЦБ у зоні нестійкого зволоження Східного Лісостепу України. У досліді вивчали наступні фактори: сортові особливості (сорт Силосне 42 та гібрид Фаворит), строки сівби (III декада квітня, I та II декада травня), норма удобрення ($N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{80}P_{80}K_{80}$, $N_{160}P_{160}K_{160}$). Повторюваність досліду чотириразова. Площа посівної ділянки 50 м², облікової 30 м². Загальна площа досліду 0,36 га.

Розрахунковий вихід біопалива та енергії визначали за методичними рекомендаціями, розробленими в ІБКіЦБ [6].

Результати досліджень та їх обговорення. Відомо, що на енергетичну продуктивність цукрового сорго впливають багато факторів, таких як елементи технології вирощування, добрива, родючість ґрунту, засоби захисту рослин, але не менш важливу роль відіграють погодні умови. Вони забезпечують рослину необхідною кількістю вологи й тепла. При їх нестачі або надлишку, не дивлячись на інші сприятливі фактори, врожайність рослин може значно знижуватись.

Порівнюючи погодні умови 2013-2014 років, бачимо, що температура повітря за два роки досліджень дещо перевищувала середньобаторичні показники, особливо це помітно починаючи з квітня місяця і закінчуючи збиранням культури (рис. 1).

Найвищий пік температури (рис. 1) в 2013 році спостерігався у червні (+22,5 °С), дещо меншою була температура повітря у травні (20,7 °С), липні (21,8 °С) та серпні (21,8 °С). У 2014 році найвища температура повітря спостерігалася у липні та серпні й становила, відповідно, 22,7 та 22,8 °С.

Порівнюючи кількість опадів під час вегетації (рис. 2), ми бачимо, що у 2013 році їх кількість була значно меншою за середньобаторичні показники, що значно знизило продуктивність цукрового сорго.

Під час вегетації культури в 2014 році кількість опадів була вищою за середньобаторичну і лише у серпні

випала низька норма опадів - 27 мм, що, однак, не мало негативного впливу на продуктивність культури.

Порівнюючи 2013 та 2014 роки, спостерігаємо значну різницю кількості опадів у період вегетації. У квітні та травні 2014 року опадів випало на 27 та 44 мм більше ніж у 2013 році, у червні та липні 2014 року кількість опадів перевищила, відповідно, на 131 та 56 мм опадів попереднього року. У серпні значного коливання опадів не спостерігалось.

Із рис.3 видно, що у 2013 році, з настанням кожного наступного терміну сівби насіння цукрового сорго, спостерігалася чітка тенденція щодо зменшення зеленої маси, як у сорту Силосне 42, так і у гібрида Фаворит. За сівби у III декаді квітня врожайність у сорту та гібрида була найвищою й становила 48,2 та 43,5 т/га відповідно. За сівби у I та II декаді травня врожайність була дещо меншою й становила 40,4 та 33,5 т/га у сорту Силосне 42, і 36,4 та 31,6 т/га у гібрида Фаворит.

У 2014 році спостерігається зворотня тенденція: в результаті сприятливих ґрунтово-кліматичних умов (достатня кількість тепла та опадів в період вегетації) врожайність зеленої маси зростала з настанням кожного зі строків сівби й найвищою є за сівби насіння у II декаді травня та становить 99,5 т/га у сорту Силосне 42 та 107,0 т/га у гібрида Фаворит.

Дещо меншою була врожайність за сівби насіння у III декаді квітня та I декаді травня, і у сорту Силосне 42 вона становила 85,5 та 90,2 т/га, у гібрида Фаворит 97,6 та 97,0 т/га, відповідно.

Застосування мінеральних добрив також суттєво вплинуло на врожайність зеленої маси цукрового сорго (рис. 4). У 2013 та 2014 роках із підвищенням норм добрив зростала й врожайність зеленої біомаси цукрового сорго. Проте врожайність у 2014 році була вищою, порівняно з 2013 роком у середньому в 2 рази.

Так, у 2013 році за несприятливих ґрунтово-кліматичних умов урожайність на варіанті без внесення добрив була найнижчою й становила у сорту 35,9 т/га, у гібрида 31,2 т/га. За внесення $N_{80}P_{80}K_{80}$ підвищилась врожайність у сорту на 5,6 т/га, у гібрида на 6,3 т/га. За внесення подвійної норми добрив спостерігалось незначне підвищення врожайності біомаси. Слід відмітити, що в цьому ж році врожайність сорту

Таблиця 1.

Показники енергетичної продуктивності цукрового сорго залежно від сортових особливостей, строків сівби та норм мінерального живлення (середнє за 2013-2014 роки).

Сорт/гібрид	Строки сівби	Фон удобрення	Вміст сухих речовин, %	Вміст цукрів у соку, %	Урожайність, т/га	Вихід біоетанолу, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії: ГДж/га		Загальний вихід енергії, ГДж/га
								з біоетанолу	з твердого біопалива	
Силосне 42	III декада квітня	$N_0P_0K_0$	20,51	11,95	59,10	1,94	13,33	48,6	213,3	262,0
		$N_{80}P_{80}K_{80}$	20,36	12,05	69,55	2,31	15,58	57,7	249,2	306,9
		$N_{160}P_{160}K_{160}$	21,64	13,85	71,90	2,74	17,12	68,6	273,8	342,4
	I декада травня	$N_0P_0K_0$	18,39	10,00	59,10	1,63	11,96	40,7	191,3	232,0
		$N_{80}P_{80}K_{80}$	18,31	10,55	65,25	1,90	13,14	47,4	210,2	257,6
		$N_{160}P_{160}K_{160}$	18,58	11,20	71,35	2,20	14,58	55,0	233,3	288,3
	II декада травня	$N_0P_0K_0$	17,92	8,95	59,95	1,48	11,82	36,9	189,1	226,0
		$N_{80}P_{80}K_{80}$	16,99	9,20	66,40	1,68	12,41	42,1	198,5	240,6
		$N_{160}P_{160}K_{160}$	17,39	9,35	73,10	1,88	13,98	47,1	223,7	270,8
Фаворит	III декада квітня	$N_0P_0K_0$	20,90	13,00	56,70	2,03	13,04	50,7	208,6	259,3
		$N_{80}P_{80}K_{80}$	20,73	13,25	70,25	2,56	16,02	64,1	256,3	320,4
		$N_{160}P_{160}K_{160}$	21,20	14,15	84,70	3,30	19,75	82,5	316,0	398,5
	I декада травня	$N_0P_0K_0$	19,77	10,45	58,90	1,70	12,81	42,4	204,9	247,3
		$N_{80}P_{80}K_{80}$	20,00	11,95	67,85	2,23	14,92	55,8	238,8	294,6
		$N_{160}P_{160}K_{160}$	20,43	13,10	73,35	2,65	16,48	66,2	263,7	329,9
	II декада травня	$N_0P_0K_0$	18,59	9,80	59,25	1,60	12,12	40,0	193,9	233,8
		$N_{80}P_{80}K_{80}$	18,62	9,80	71,25	1,92	14,59	48,1	233,5	281,6
		$N_{160}P_{160}K_{160}$	18,37	9,95	77,30	2,12	15,62	53,0	249,9	302,8

перевищила врожайність гібрида в середньому на 10,4 т/га.

У 2014 році за внесення добрив у нормі $N_{80}P_{80}K_{80}$ врожайність сорту становила 92,6 т/га, гібрида 102,1 т/га. В той час як на неудобреному фоні врожайність становила 82,8 та 85,4 т/га, відповідно. Подальше підвищення норми внесення добрив до $N_{160}P_{160}K_{160}$ не призвело до суттєвого збільшення врожайності, яка для сорту Силосне 42 на цьому варіанті дослідів становила 99,7 т/га, для гібрида Фаворит 114,0 т/га (див. рис. 4).

Найціннішою біологічною властивістю цукрового сорго є його здатність накопичувати вуглеводи, що робить його потенційним джерелом сировини для виробництва біоетанолу. Цукристість соку може коливатися в значних межах, залежно від ґрунтово-кліматичних умов, сортових особливостей та технології вирощування.

Результати досліджень показують, що внесення мінеральних добрив мало значний вплив на вміст вуглеводів у соку стебел цукрового сорго. Зі збільшенням норм внесення мінеральних добрив цукристість зростала.

Так, на неудобреному фоні цукристість була найменшою й становила 8,95 % у сорту та 9,8 % у гібрида. Максимальний вміст цукрів у соку цукрового сорго спостерігався з внесенням добрив у нормі $N_{160}P_{160}K_{160}$ і становив 13,85 % у сорту Силосне 42 та 14,15 % у гібрида Фаворит (табл. 1).

Найбільший вміст сухих речовин також спостерігався за внесення подвійної норми добрив та за сівби насіння у III декаді квітня. На інших варіантах дослідів отримано нижчі показники.

Максимальний розрахунковий вихід біоетанолу та твердого біопалива отримано за сівби насіння цукрового сорго у III декаді квітня та за внесення норм добрив $N_{160}P_{160}K_{160}$ і становить: у сорту 2,74 та 17,12 т/га, у гібрида 3,30 та 19,75 т/га. Найменший вихід біопалива (у сорту 1,48 т/га біоетанолу та 11,82 т/га твердого біопалива, у гібрида 1,6 т/га біоетанолу та 12,2 т/га твердого біопалива) спостерігалося за сівби насіння у II декаді травня на варіанті без внесення добрив.

Розрахунок загального виходу енергії здійснювали, виходячи з умов, що сік зі стебел цукрового сорго вико-

ристовується для виробництва біоетанолу, а сухі стебла для виробництва твердого біопалива. Таким чином, загальний вихід енергії буде складатися з енергії, що міститься у біоетанолі та твердому біопаливі. Для розрахунків приймали: теплотворну здатність 1 кг біоетанолу 25 МДж/кг, твердого біопалива 16 МДж/кг.

За загальним виходом енергії гібрид Фаворит, в середньому по досліді, перевищував сорт Силосне 42 на 26,9 ГДж/га (див. табл. 1). Проте максимальний загальний вихід енергії у сорту Силосне 42 (342,4 ГДж/га) і у гібрида Фаворит (398,5 ГДж/га) спостерігався за сівби насіння у III декаді квітня та внесення добрив у нормі $N_{160}P_{160}K_{160}$.

Висновки. Таким чином, висока енергетична продуктивність і найбільший загальний вихід енергії, отриманий з одного гектара цукрового сорго сорту Силосне 42 і гібрида Фаворит, забезпечувався за сівби насіння у III декаді квітня та внесення добрив у нормі $N_{160}P_{160}K_{160}$. Загальний вихід енергії із цукрового сорго гібрида Фаворит на 26,8 ГДж/га перевищує вихід енергії отриманого з сорту Силосне 42.

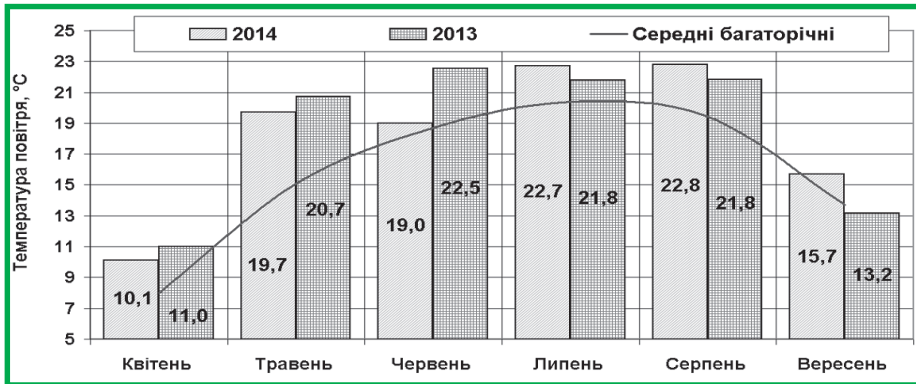


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря (за даними Іванівської ДСС).

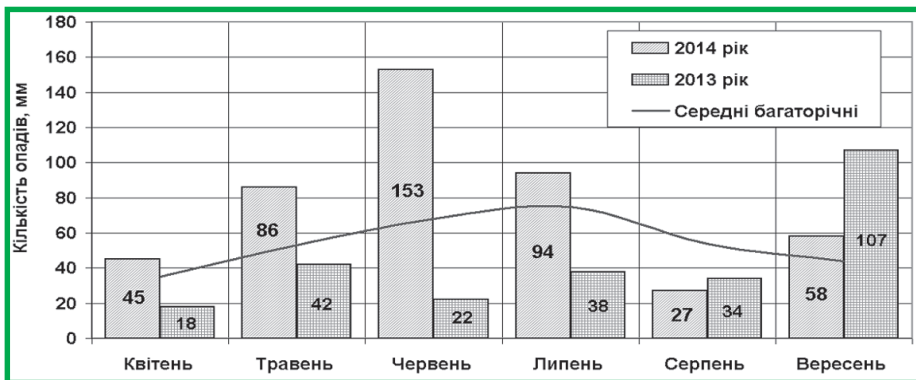


Рис. 2. Середньомісячна кількість опадів (за даними Іванівської ДСС).

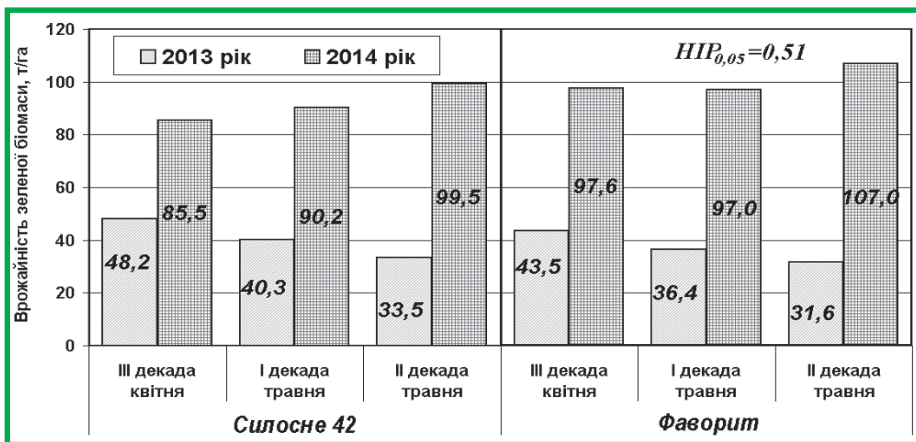


Рис. 3. Врожайність зеленої біомаси залежно від строків сівби (2013-2014 рр.).

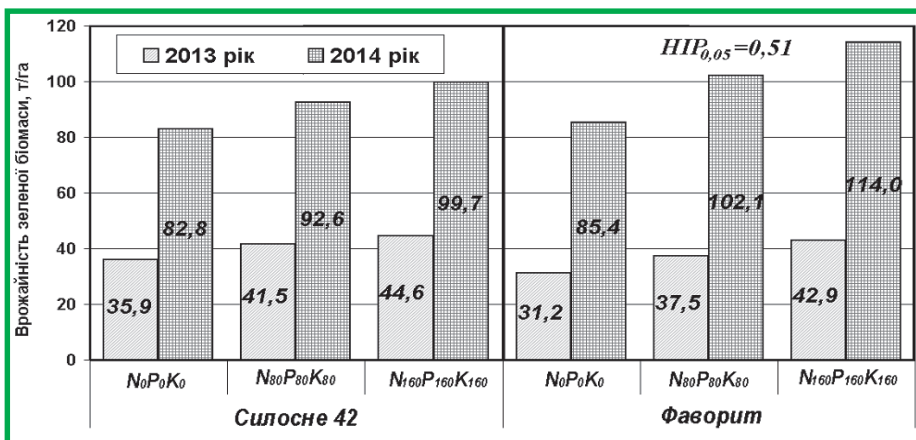


Рис. 4. Врожайність зеленої біомаси залежно від фону удобрення (2013-2014 рр.).

Бібліографія

- Ганженко О.М. Цукрове сорго / О.М. Ганженко // The Ukrainian Farmer. 2012. №10. С.42-44.
- Гелетуха Г. Г. Концепція розвитку біоенергетики в Україні / Г. Г. Гелетуха, Т. - А. Железна, С.В. Тишаєв// Інститут теплофізики НАНУ. 2001. С. 14.
- Гринюк І. Сорго - ще одна сировина для біопалива / І. Гринюк // Агросектор. 2007. №4. С. 33.
- Гументик М. Я. Альтернативні види палива / М. Я. Гументик // Міське господарство України. 2007. № 3. - С. 9-11.
- Кадыров С.В. Сорго / С.В. Кадыров, В.А. Федотов, А.З. Большаков и др. Ростов н/Д: ЗАО «Ростгиздат», 2008. 80 с.
- Методичні рекомендації з технології вирощування енергетичних цукрових буряків / [В.Л. Курило, О.М. Ганженко, О.Б. Хіврич та інші] Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 32 с.
- Можарівська І. А. Технологія вирощування малопоширених енергетичних культур для виробництва різних видів біопалива / І.А. Можарівська // 36. наук. праць ІБКЦБ. 2013. [вип. 19]. С. 85-89.
- Шорин П.М. Технологія возделывания и использования сахарного сорго / П.М. Шорин. Россельхозиздат, 1986. 87с.

Анотація

Наведені результати досліджень щодо впливу сортових особливостей, строків сівби та фону мінерального живлення на енергетичну продуктивність цукрового сорго для виробництва різних видів біопалива в умовах Східного Лісостепу України. Встановлено, що за сівби насіння у III декаді квітня та внесення добрив у нормі $N_{160}P_{160}K_{160}$ відмічається найбільша енергетична продуктивність сорту Силосне 42 та гібрида Фаворит.

Ключові слова: цукрове сорго, сорт, гібрид, строки сівби, мінеральні добрива, енергетична продуктивність, біопаливо, енергія.

Анотация

Приведены результаты исследований влияния сортовых особенностей, сроков посева и фона минерального питания на энергетическую производительность сахарного сорго для производства различных видов биотоплива в условиях Восточной Лесостепи Украины. Установлено, что при посеве семян в III декаде апреля и внесении удобрений в норме $N_{160}P_{160}K_{160}$ отмечается наибольшая энергетическая производительность сорта Силосное 42 и гибрида Фаворит.

Ключевые слова: сахарное сорго, сорт, гибрид, сроки посева, минеральные удобрения, энергетическая производительность, биотопливо, энергия.

Annotation

Research results on the impact of the varietal characteristics, sowing and background of mineral nutrition on energy productivity in sugar sorghum for the production of different biofuels in terms of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine are presented. It was established that sowing on 20-30 of April and fertilization with $N_{160}P_{160}K_{160}$ marked the largest energy productivity in variety Sylosnyi 42 and hybrid Favorit.

Keywords: sugar sorghum; variety; hybrid; seeding dates; fertilizer; energy productivity; biofuel; energy