



# Механізація, електрифікація

УДК 662.633.2 (477.4)

© 2020

## ВИПРОБУВАННЯ РІЗНИХ СОРТІВ СОРГО ЦУКРОВОГО В ЗОНІ ПОЛІССЯ ДЛЯ ПОТРЕБ БІОЕНЕРГЕТИКИ

О.В. Вишневська<sup>1</sup>, О.В. Маркіна<sup>2</sup>

<sup>1</sup>кандидат сільськогосподарських наук

Інститут сільського господарства Полісся НААН

Київське шосе, 131, м. Житомир, 10007, Україна

e-mail: <sup>1</sup> oksanavish@ukr.net, <sup>2</sup> markinaolha@ukr.net

ORCID: <sup>1</sup> 0000-0002-0197-3053, <sup>2</sup> 0000-0001-8855-7628

Надійшла 23.02.2020

**Мета.** Комплексна оцінка різних сортів і гібридів сорго цукрового вітчизняної селекції для встановлення їх адаптивності в умовах зони Полісся, вивчення особливостей емпіричного виходу з них біогазу та оптимізації технології вирощування для потреб «зеленої» енергетики. **Методи.** Онтогенетичні особливості та продуктивність різних сортів сорго цукрового вітчизняної селекції вивчено на дослідному полі Інституту сільського господарства Полісся НААН у двофакторному (фактор А — сорт; фактор В — система удобрення) короткостроковому польовому досліді 2017–2018 рр. **Результати.** За особливостями розвитку рослин сорго цукрового в умовах зони Полісся виділено гібриди, які відрізняються інтенсивністю наростання вегетативної маси незалежно від умов вегетації (динаміка добового приросту становила 1,08–3,44 см/добу). Вивчено інтенсивність флуоресценції у листках сорго цукрового залежно від року та системи удобрення, яка у посушливих умовах становила 400–960 відн. од., а при достатньому зволоженні збільшувалась у 2,1–2,6 раза. В умовах зони Полісся сорти та гібриди сорго цукрового забезпечили надходження біомаси на рівні 38–118 т/га (в перерахунку на суху речовину — 4,7–30,5 т/га). Різна тривалість вегетаційного періоду дає можливість створити динамічний конвеєр надходження біомаси сорго цукрового для заповнення метантеків протягом 34–64 днів. Визначено вміст цукру в рослинах сорго цукрового (4,48–14,99%) та динаміку накопичення його в рослинах (максимум на 21 день від початку цвітіння рослин). Встановлено вміст (10,33–10,79 МДж/кг) і вихід енергії (23,8–205,9 ГДж/га), яка перетворюється на біометан (2233–4952 м<sup>3</sup>/га). Застосування у дві активні фази розвитку рослин сорго цукрового листової обробки препаратом Грейнактив-С покращувало ростові процеси рослин на 26%, інтенсивність фотосинтезу — на 48,7, врожайність — на 2–57%, цукристість —

на 0,56–3,76%. **Висновки.** Встановлено, що в умовах Полісся можна успішно вирощувати різні сорти сорго цукрового для потреб «зеленої» енергетики. Вегетативна маса його рослин із урахуванням врожайності (38–118 т/га) забезпечує питомий вихід біометану з одного гектара на рівні 571–4952 м<sup>3</sup>/га залежно від сорту, гібрида та системи удобрення.

**Ключові слова:** гібриди, сорти, флуоресценція, продуктивність, цукристість, відновлювана енергетика, біометан.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-08>

У зв'язку з прогнозованим вичерпанням основних видобувних енергоносіїв у найближчі 40–50 років енергія з відновлюваних ресурсів є однією із найбільш обговорюваних тем у Європі та в усьому світі. Інвестиції у розвиток технологій одержання енергії із поновлюваних джерел — енергії сонця, вітру, води, біомаси (органічні речовини тваринного або рослинного походження) або геотермальної енергії — нині стає гострою необхідністю [1–3]. Саме тому одним із завдань інноваційного сільського господарства є збільшення сталого виробництва біомаси, біопалива та інших видів відновлюваної енергетики (ВДЕ) для реалізації «зеленого» переходу, про що йдеться у «Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року».

Однією із перспективних сільськогосподарських культур для виробництва біопалива є сорго цукрове, яке адаптоване до вирощування в Україні і в змозі забезпечувати високі та сталі врожаї навіть у посушливих ґрунтово-кліматичних умовах [3–12]. Крім того, за останні роки (2012–2016 рр.) територіально розширилась зона його вирощування, змістившись географічно з зони Степу до зони Лісостепу України [13–14].

**Мета досліджень** — комплексна оцінка різних сортів сорго цукрового вітчизняної селекції для встановлення їх адаптивності в умовах зони Полісся, вивчення особливостей емпіричного виходу з них біогазу та оптимізації технології вирощування для потреб «зеленої» енергетики.

**Матеріали та методи досліджень.** Вивчали онтогенетичні особливості та продуктивність різних сортів сорго цукрового вітчизняної селекції на дослідному полі Інституту сільського господарства Полісся НААН у двофакторному (фактор А — сорт;

фактор В — система удобрення) короткостроковому польовому досліді 2017–2018 рр. на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті, в орному шарі (0–20 см) якого міститься: гумусу — 1,02% (за Тюрніним), рухомого фосфору — 69 мг/кг ґрунту, обмінного калію — 107 мг/кг ґрунту (за Кірсановим), сума увібраних основ — 2,2–2,24 мг-екв./100 г (метод Каппена-Гільковиця), рН-сол. — 5,4 (потенціометрично). Схему досліді наведено в табл. 1.

Емпіричне визначення виходу біогазу визначали згідно з методикою розрахунків, запропонованою В.М. Павліським, Ю.П. Нагірним [15].

Уміст основних поживних елементів проводили так: визначення вологи та сухого залишку — за ГОСТ 26713-85; визначення загального азоту — за ГОСТ 26715-85; визначення загального фосфору — за ГОСТ 26717-85; визначення загального калію — за ГОСТ 26718-85; визначення рН — за ГОСТ 27979-88; визначення органічної речовини — за ГОСТ 27980-88.

Методика проведення досліджень та агротехніка вирощування культур — загальноприйнята для умов Полісся [16–17]. Повторність 5-разова. Площа посівної ділянки — 15 м<sup>2</sup>, облікової — 13 м<sup>2</sup>. Загальним фоном у передпосівну культивування вносились мінеральні добрива у нормі N<sub>90+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (N<sub>30</sub> застосовувався у фазу кущення — початок інтенсивного росту злакових культур). Позакореневу обробку рослин регулятором росту Грейнактив-С проводили в дві активні фази розвитку рослин сорго цукрового (перша фаза — кущення, друга фаза — викидання волоті).

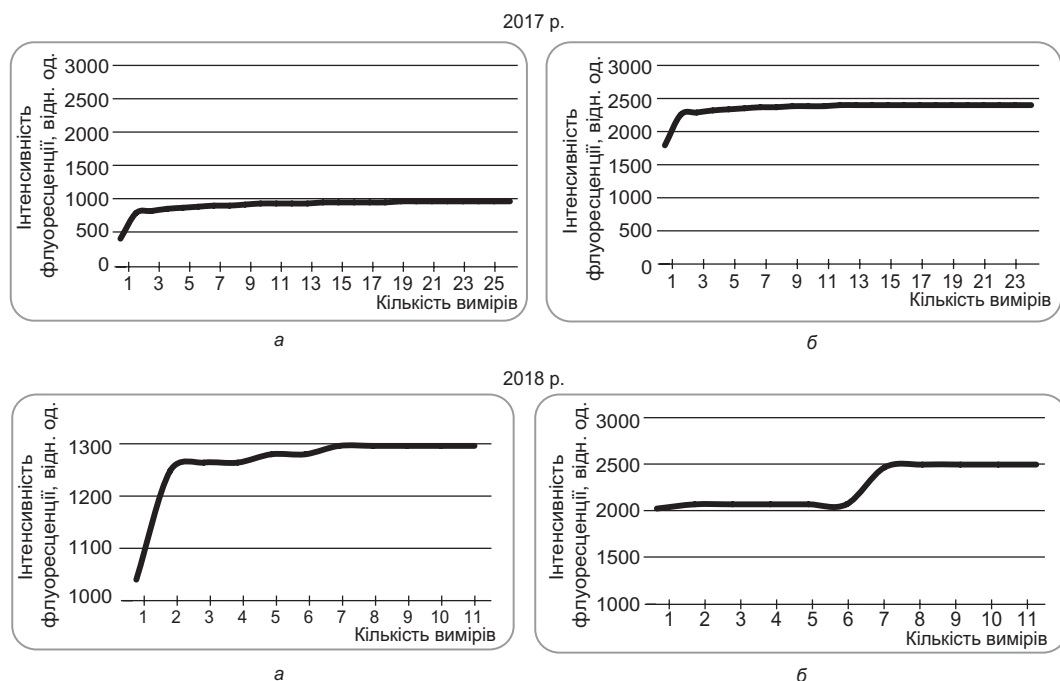
**Результати досліджень.** Інтенсивність розвитку морфологічних структур рослин

напряму залежить від біотичних й абіотичних умов вегетації. Так, аналіз динаміки росту рослин сорго цукрового показав, що добовий приріст в умовах дефіциту опадів 2017 р. становив 0,49–1,67 см (ГТК червень–серпень — 0,45), в умовах достатнього зволоження 2018 р. — 1,97–3,50 см (ГТК червень–серпень — 1,46). Найбільший приріст біомаси за добу незалежно від умов вегетації відзначено у гібридів Зубр, Верблюд, Віл, які на фоні удобрення додавали в рості в 2017 р. — 1,05–1,46 см, у 2018 р. — 3,02–3,44 см. Окрім того, за інтенсивністю наростання вегетативної маси виділився новий сорт Мамонт (оцінка проводилась тільки в 2018 р.), який мав добовий приріст на рівні 3,08–3,24 см — залежно від удобрення. Встановлено, що агрозахід «позакоренева обробка» позитивно впливав на ростові процеси рослин сорго цукрового, збільшуючи прирости за добу залежно від умов вегетації на 2–37%.

Діагностика фотосинтезу нативного хлорофілу в живих листках рослин сорго цукро-

вого показала інтенсивність флуоресценції у посушливих умовах на рівні від 400–960 відн. од., при достатньому зволоженні — 1040–2048, тобто вона збільшувалась у 2,1–2,6 раза (рис. 1). Використання препарату Грейнактив-С для позакореневої обробки сприяло підвищенню в 1,2 раза інтенсивності процесів фотосинтезу (від 2000 до 2496 відн. од.). Індикаторний показник впливу екзогенних чинників ( $K_1$ ) показує частку хлорофілів, що беруть участь у фотосинтезі, від загальної їх кількості (ефективність світлової фази фотосинтезу), або показник ефективності структурної організації пігментної системи (ФС2), який був вищий на 9% ( $K_1=22,3$ ). Це вказує на те, що фактор позакореневої обробки препаратом Грейнактив-С позитивно позначився на фотосинтетичних процесах у рослинах сорго цукрового і, як результат, на їх рості, розвитку та формуванні урожаю.

Коефіцієнт індукції флуоресценції ( $K_2$ ) — це величина гасіння флуоресценції, на яку впливають як фотохімічні (фіксація  $\text{CO}_2$ ),



**Рис. 1.** Графічне відображення індукції флуоресценції хлорофілу в листках рослин сорго цукрового в умовах зони Полісся залежно від системи удобрення, 2017–2018 рр.

Примітки: а — фон, б — фон + Грейнактив-С.

так і нефотохімічні процеси (теплова дисипація енергії збудженого стану молекул хлорофілу), що характеризує адаптивність рослин до умов середовища. В нашому випадку застосування позакореневої обробки препаратом Грейнактив-С сприяло підвищенню адаптивності рослин сорго цукрового на 48,7%, де коефіцієнт індукції флуоресценції (індикаторний показник квантового виходу флуоресценції) становив 4,2 (на контролі — 8,2).

Відповідно до динаміки ростових процесів сформувалась і висота рослин на час збирання культури. Так, при застосуванні тільки мінерального удобрення у нормі  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$  ( $N_{30}$  вносилося у фазу кушення — початок інтенсивного росту злакових культур) рослини досягли висоти в 2017 р. — 70–134 см, у 2018 р. — 167–337 см — залежно від факторів впливу. Встановлено, що за рахунок позакореневого використання регулятора росту Грейнактив-С інтенсивність росту рослин збільшувалась. Так, показник «висота рослин» зростав у 2017 р. на 2–41% (за винятком сорту Віл), у 2018 р. — на 2–26%. Незалежно від умов вегетації гібриди Віл, Верблюд, Зубр, Мамонт, Довіста проявили себе як високостебельні рослини (в 2017 р. >100 см, в 2018 р. ≥ 300 см).

Аналіз продуктивності вегетативної маси сорго цукрового показав, що в умовах нестачі вологи ця культура забезпечила надходження біомаси від 15,8–48,3 т/га, при достатній кількості опадів — 37,7–117,8 т/га (4,7–14,8 і 9,3–30,5 т/га сухої речовини відповідно) залежно від сорту та системи удобрення (табл. 1). Незалежно від умов вегетації максимальну врожайність (45,4 та 117,8 т/га) біомаси забезпечив гібрид Довіста при проведенні листової обробки препаратом Грейнактив-С на фоні мінерального добрива  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$ , що в перерахунку на суху речовину становить, відповідно, 14,8 та 30,5 т/га. Достатньо високу продуктивність мали також гібриди: Верблюд із врожайністю вегетативної маси 42,1 та 98,6 (10 та 27,8 т/га в перерахунку на суху речовину), Зубр — 48,3 та 86,6 (12,1 та 17,2). У посушливий 2017 р. високою врожайністю біомаси відзначались гібриди Віл — 39 т/га (10,8 т/га), Сіваський — 36,6 (8,6) та сорт

Меотида — 33,2 т/га (9,4 т/га). Новостворений сорт Мамонт в оптимальний за зволоженням рік забезпечив високу продуктивність біомаси — 101,7 т/га (20,9 т/га).

Зміни в інтенсивності розвитку рослин сорго цукрового зумовило підвищення їх врожайності. За рахунок проведення дворазової листової обробки рослин препаратом Грейнактив-С приріст зеленої маси становив 11–39%, а в перерахунку на суху масу — 3–58%.

Аналіз біологічних особливостей росту і розвитку сортів сорго цукрового показав, що за рахунок різної тривалості вегетаційного періоду є можливість на виробництві створювати динамічний конвеєр надходження біомаси сорго цукрового для заповнення метантеків залежно від вегетаційних умов року протягом 34–64 днів.

Згідно з проведеним хімічним аналізом встановлено, що залежно від умов вегетації у зоні Полісся рослини сорго цукрового здатні накопичувати цукор у кількості 8–13,50% — в посушливих умовах, 4,48–14,99% — в оптимальних. Серед сортів і гібридів, які вивчалися, цукристість більше 10% мали: Приазовський; Силосне 42; Зубр; Силосне 3 покращене. Також окремо по роках: Фаворит і Меотида (2017 р.); Віл; Мамонт (2018 р.). Система удобрення ( $N_{90+30}P_{60}K_{90}$  у поєднанні з 2-разовою обробкою посівів препаратом Грейнактив-С) сприяла збільшенню вмісту цукрів у рослинах сорго на 0,56–3,76% (в абсолютних величинах).

Вивчення динаміки накопичення цукрів у рослинах сорго цукрового на прикладі гібрида Сіваський в умовах Полісся показало, що його максимум (10,48–11,49%) встановлено на 21 день від початку повного цвітіння. На 28 день від фази «початок цвітіння» вміст цукрів знизився на 1,5–1,6%.

За результатами хімічного аналізу визначено теоретичну теплову енергію сортів сорго цукрового (для вологої маси (ВМ) і сухої речовини (СР) через теплову енергію) в органічній сухій речовині, яка становила 17,67–18,00 МДж/кг через відповідні коефіцієнти їх вмісту в біомасі культур (табл. 2). Теоретичний вихід біогазу через теплову енергію органічної речовини з біомаси сортів і гібридів сорго цукрового в умовах Полісся коливався від

**1. Показники продуктивності вегетативної маси сортів і гібридів сорго цукрового в умовах Полісся залежно від системи удобрення, 2017–2018 рр.**

Сорт/гібрид	Система удобрення	Урожайність вегетативної маси, т/га						Приріст за рахунок підживлення, %	
		зеленої		сухої		середнє		зеленої	сухої
		2017	2018	2017	2018	зеленої	сухої		
Меотида	Фон*	29,1	37,7	8,1	10,2	33,4	9,2		
	Фон + Грейнактив-С**	33,2	49,7	9,4	13,9	41,5	11,7	24	27
Сіваський	Фон	29,7	42,6	6,6	9,3	36,2	8,0		
	Фон + Грейнактив-С	36,6	59,1	8,6	14,7	47,9	11,7	32	46
Віл (сухо-стебельне)	Фон	31,4	58,3	7,5	12,1	44,9	9,8		
	Фон + Грейнактив-С	39,0	69,1	10,8	13,7	54,1	12,3	20	26
Верблюд	Фон	33,8	81,0	8,0	19,7	57,4	13,9		
	Фон + Грейнактив-С	42,1	98,6	10,0	27,8	70,4	18,9	23	36
Силосне 42	Фон	30,6	71,6	8,1	15,4	51,1	11,8		
	Фон + Грейнактив-С	31,4	86,6	8,4	18,3	59,0	13,4	15	14
Фаворит	Фон	27,8	61,6	7,8	14,2	44,7	11,0		
	Фон + Грейнактив-С	28,5	78,0	8,1	20,7	53,3	14,4	19	31
Зубр	Фон	37,0	75,2	8,6	16,7	56,1	12,7		
	Фон + Грейнактив С	48,3	86,6	12,1	17,2	67,5	14,7	20	16
Приазовський	Фон	15,8	61,7	4,7	15,3	38,8	10,0		
	Фон + Грейнактив-С	22,1	71,5	6,4	16,4	46,8	11,4	21	14
Силосне 3 покращене	Фон	16,1	51,4	4,8	13,6	33,8	9,2		
	Фон + Грейнактив-С	22,4	66,4	7,7	18,4	44,4	13,1	32	42
Довіста	Фон	35,7	89,0	11,5	22,8	62,4	17,2		
	Фон + Грейнактив-С	45,4	117,8	14,8	30,5	81,6	22,7	31	32
Мамонт	Фон	–	91,9	–	18,9	91,9	18,9		
	Фон + Грейнактив-С	–	101,7	–	20,9	101,7	20,9	11	11
Арабат	Фон	26,4	–	6,2	–	26,4	6,2		
	Фон + Грейнактив-С	27,8	–	6,4	–	27,8	6,4	5	3
Примітки. * – фон $N_{90+30}P_{60}K_{90}$ ; ** – $N_{90+30}P_{60}K_{90}$ + обробка Грейнактив-С; 2017 р. – $НІР_{053AГ}=3,19$ ; $НІР_{05A}=0,92$ ; $НІР_{05B}=2,26$ ; $НІР_{05AB}=0,65$ ; 2018 р. – $НІР_{053AГ}=5,37$ ; $НІР_{05A}=1,61$ ; $НІР_{05B}=3,79$ ; $НІР_{05AB}=1,44$ .									

0,860 до 0,880 м<sup>3</sup>/кг, вміст метану (50%) — 0,434–0,445 м<sup>3</sup>/кг.

З урахуванням зниження виходу біогазу, пов'язаного із забезпеченням життєдіяльності мікроорганізмів і коефіцієнтом лігніфікації, теоретична метаногенна енергія 1 кг сухої маси цих культур становить від 13,12 до 13,43 МДж/кг — 72% від теоретичної теплової енергії. Відповідно досяжний вихід біогазу становить 0,625–0,639 м<sup>3</sup>/кг, а метану (50%) — 0,315–0,322 м<sup>3</sup>/кг.

Коефіцієнт розщеплення біомаси культур відповідає 0,73–0,75%.

Фактичний вихід біогазу з 1 кг сухої маси сорго цукрового значно нижчий від досяжного через блокування лігніном доступу мікроорганізмів і ферментів до поживного середовища. Тому фактичний вихід біогазу з 1 кг біомаси культур визначали через їх перетравну енергію, яка дорівнює фактичній енергії культур, що перетворюється у енергію біогазу. В наших дослідженнях уміст

2. Емпіричний вміст і вихід з одиниці площі теплової, метаногенної енергії у різних сортах і гібридах сорго цукрового

Сорт/гібрид	Система удобрення	BE МДж/кг сухої речовини	Теоретичні значення			Досяжні значення			Фактичні значення				Вихід з одиниці площі			
			теплова енергія кал/кг	вихід біогазу $V_{\text{біо}}$ , м <sup>3</sup> /кг	вихід метану $V_{\text{мет}}$ , м <sup>3</sup> /кг	метаногенна енергія 1 кг сухої маси МДж/кг		біогазу $V_{\text{біо}}$ , м <sup>3</sup> /кг	метану $V_{\text{мет}}$ , м <sup>3</sup> /кг	теплова енергія, перетворена в біогаз МДж/кг	біогазу $V_{\text{біо}}$ , м <sup>3</sup>	метану $V_{\text{мет}}$ , м <sup>3</sup>	енергії $E_{\text{мет}}$ , ГДж/га	біогазу $V_{\text{біо}}$ , м <sup>3</sup> /га		біометану $V_{\text{мет}}$ , м <sup>3</sup> /га
														2017	2018	
Меотіда	1	17,94	18,45	0,879	0,444	0,637	0,322	0,745	0,253	10,52	0,501	0,253	34,8	99,3	1656	836
	2	17,90	18,38	0,875	0,442	0,635	0,321	0,745	0,257	10,68	0,509	0,257	48,7	137,4	2319	1171
Сівацький	1	17,67	18,05	0,860	0,437	0,625	0,321	0,742	0,260	10,79	0,514	0,260	50,7	92,8	2416	1220
	2	17,80	18,26	0,869	0,439	0,630	0,321	0,744	0,254	10,55	0,502	0,254	64,6	143,4	3077	1554
Віл (сухостеб.)	1	17,83	18,33	0,873	0,444	0,636	0,321	0,729	0,255	10,60	0,505	0,255	34,8	118,6	1658	837
	2	17,79	18,29	0,871	0,440	0,634	0,320	0,728	0,250	10,60	0,505	0,250	61,9	134,2	2947	1488
Верблюд	1	17,88	18,35	0,874	0,441	0,634	0,320	0,745	0,253	10,54	0,502	0,253	32,6	134,4	1551	783
	2	17,86	18,33	0,873	0,441	0,636	0,321	0,744	0,255	10,59	0,504	0,255	33,3	190,5	1588	802
Силосне 42	1	17,95	18,47	0,879	0,444	0,633	0,320	0,744	0,255	10,59	0,504	0,255	64,6	105,6	3078	1554
	2	18,00	18,49	0,880	0,445	0,639	0,323	0,746	0,256	10,66	0,508	0,256	73,4	122,6	3599	1818
Фаворит	1	17,88	18,35	0,874	0,442	0,634	0,317	0,745	0,249	10,35	0,493	0,249	39,1	95,2	1862	940
	2	17,90	18,39	0,876	0,442	0,635	0,321	0,745	0,251	10,45	0,498	0,251	53,4	140,1	2544	1285
Зубр	1	17,92	18,37	0,875	0,442	0,636	0,321	0,745	0,251	10,43	0,497	0,251	38,3	112,7	1823	921
	2	17,98	18,44	0,878	0,444	0,638	0,322	0,746	0,253	10,50	0,500	0,253	40,5	116,9	1931	975
Приазовський	1	17,74	18,19	0,866	0,437	0,628	0,317	0,743	0,253	10,52	0,501	0,253	37,2	104,3	1772	895
	2	17,75	18,16	0,865	0,437	0,628	0,317	0,743	0,251	10,44	0,497	0,251	38,9	110,9	1851	935
Силосне 3 по- кращене	1	17,78	18,23	0,868	0,438	0,630	0,318	0,742	0,255	10,60	0,505	0,255	41,9	93,3	1995	1008
	2	17,76	18,19	0,866	0,438	0,629	0,317	0,744	0,255	10,59	0,504	0,255	58,1	126,1	2764	1396
Довіста	1	17,80	18,24	0,868	0,439	0,641	0,323	0,756	0,251	10,43	0,497	0,251	33,4	153,9	1591	7330
	2	17,89	18,32	0,872	0,440	0,634	0,320	0,745	0,251	10,43	0,497	0,251	47,4	205,9	2257	1140
Мамонт	1	17,83	18,29	0,871	0,440	0,632	0,319	0,744	0,248	10,33	0,492	0,248	23,8	126,4	1131	6019
	2	17,87	18,33	0,873	0,441	0,634	0,320	0,745	0,253	10,50	0,500	0,253	28,1	142,0	1340	677

Примітки. 1 — фон; 2 — фон + Грейнактив-С.



фактичної енергії, яка перетворюється на біогаз, становить 10,33–10,79 МДж/кг, що на 42–43% менше за вміст теплової енергії органічної сухої речовини. Відповідно фактичний вихід біогазу з 1 кг органічної сухої речовини становить 0,492–0,514 м<sup>3</sup>/кг (0,248–0,260 м<sup>3</sup>/кг метану), що на 42–43% менше за теоретичний вихід біогазу. У гібрида Меотида при проведенні листової обробки на фоні удобрення  $N_{90+30}P_{60}K_{90}$  відзначено найвищий фактичний вміст енергії — 10,79 МДж/кг, яка перетворюється на біогаз у кількості 0,514 м<sup>3</sup>/кг (0,260 м<sup>3</sup>/кг). Результати розрахунків фактичної енергії показують, що її частка, яка перетворюється в енергію біогазу, становить 55–70% від теоретичної теплової енергії та 75–97% — від теоретичної метаногенної енергії.

Для повної оцінки досліджуваних сортів сорго цукрового проведено оцінку їх енергетичного потенціалу, приведеного до одиниці площі. Оцінку сортів здійснювали за критеріями їх енергоефективності та продуктивності з одного гектара.

За результатами аналізу встановлено, що вегетативна маса рослин сорго цукрового залежно від умов вегетації здатна

забезпечити вихід із одного гектара теоретичної енергії, що перетворюється у біогаз, на рівні 23,8–205,9 ГДж/га за сухою масою (табл. 2). Фактичний вихід біогазу становив 1131–9806 м<sup>3</sup>/га. За розрахунками, зважаючи на врожайність сортів сорго цукрового, встановлено питомий вихід метану з одного гектара на рівні — 571–4952 м<sup>3</sup>/га.

В умовах дефіциту вологи найбільший емпіричний вихід із одиниці площі енергії — 73,4 ГДж/га, біогазу — 3599 м<sup>3</sup>/га та метану — 1818 м<sup>3</sup>/га встановлено у гібрида Силосне 42 на фоні мінерального удобрення в поєднанні з позакореневою обробкою. За оптимальних умов вегетації найбільший емпіричний вихід з одиниці площі енергії — 205,9 ГДж/га, біогазу — 9806 м<sup>3</sup>/га та біометану — 4952 м<sup>3</sup>/га встановлено у сорту Довіста на фоні мінерального удобрення в поєднанні з позакореневим підживленням.

Незалежно від умов вегетації достатньо високі показники виходу біометану (2017 р. — 1140–1554; 2018 р. — 3203–4582 м<sup>3</sup>/га) мали сорти сорго цукрового Меотида, Сіваський, Віл (сухостебельний), Верблюд, Фаворит і Мамонт.

## Висновки

У зоні Полісся вегетативна маса рослин сорго цукрового з урахуванням її врожайності (38–118 т/га) забезпечує питомий вихід біометану з одного гектара на рівні 2232–4952 м<sup>3</sup>/га залежно від сорту та системи удобрення. Найбільший

емпіричний вихід енергії (205,9 ГДж/га), біогазу (9806 м<sup>3</sup>/га) та біометану (4952 м<sup>3</sup>/га) відзначено в сорту Довіста при позакореневій обробці препаратом Грейнактив-С на фоні мінерального удобрення  $N_{120}P_{60}K_{90}$ .

**Vyshnevskaya O.<sup>1</sup>, Markina O.<sup>2</sup>**

Polissia Institute of Agriculture of NAAS, 131 Kyivske shose, Zhytomyr, 10007, Ukraine; e-mail:

<sup>1</sup> oksanavish@ukr.net, <sup>2</sup> markinaolha@ukr.net; ORCID: <sup>1</sup> 0000-0002-0197-3053, <sup>2</sup> 0000-0001-8855-7628

### **Test of different varieties of sweet sorghum in Polissia for needs of bioenergetics**

**Goal.** To assess different varieties and hybrids of sweet sorghum of domestic selection to establish their adaptability in the zone of Polissia, to study empirical features of recovery of biogas and optimization of cultivation technology for the needs of «green» energy. **Methods.** The ontogenetic

characteristics and productivity of different varieties of sweet sorghum of domestic selection were studied at the experimental field of the Institute of agriculture of Polissia of NAAS in two-factor (factor A — cultivar; factor B — fertilizer system) short-term field experiment in 2017–2018. **Results.** According to the peculiarities of plants' development of sweet sorghum in terms of area of Polissia they selected hybrids that differ in the intensity of the growth of the vegetative mass, regardless of vegetation conditions (dynamics of the daily growth made 1.08–3.44 cm/day). They studied the fluorescence intensity in the leaves of sweet sorghum depending on year and fertilizer system, which in dry conditions was 400–960 cond. units, and if sufficient moisture was

increased by 2.1–2.6 times. In the zone of Polissia varieties and hybrids of sweet sorghum have secured biomass at the level of 38–118 t/ha (in conversion to dry substance — 4.7–30.5 ts/ha). Different length of vegetation period allows creating a dynamic conveyor of receipt of the biomass of sweet sorghum to fill methane tanki for 34–64 days. They determined the sugar content in plants of sugar sorghum (4.48–14.99%), dynamics of its accumulation in plants (maximum on the 21st day from the start of flowering), content (10.33–10.79 MJ/kg) and energy output (23.8–205.9 GJ/ha), which was transformed into biomethane (2233–4952 m<sup>3</sup>/ha). The use during two active phases of development of plants of sweet sorghum of foliar treatment with preparation

Greinaktiv-S improved the growth processes of plants on 26%, the rate of photosynthesis — on 48.7, the yield — on 2–57%, the sugar content — on 0.56–3.76%. **Conclusions.** It is established that in the conditions of Polissia it is possible to successfully grow different varieties of sweet sorghum for the needs of «green» energy. Vegetative mass of plants including crop yields (38–118 t/ha) provides a specific yield of biomethane per hectare on the level of 571–4952 m<sup>3</sup>/ha depending on variety, hybrid, and fertilizer system.

**Key words:** hybrids, varieties, fluorescence, productivity, sugar content, renewable energy, biomethane.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-08>

## Бібліографія

1. Гелетука Г.Г., Желізна Т.А. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Ч. 1. *Промышленная теплотехника*. 2010. Т. 32, № 3. С. 73–79. doi: 10.31472/ihe.2.2017.09
2. Роїк М.В., Сінченко В.М., Бондар В.С., Фурса А.В., Гументик М.Я. Концепція розвитку біоенергетики в Україні на період до 2035 року. *Біоенергетика*. 2019. № 2. С. 4–9.
3. Балан В.М., Сторожик Л.І. Вирощування цукрового сорго як біоенергетичної культури. *Цукрові буряки*. 2010. № 5. С. 14–15.
4. Ганженко О.М., Герасименко Л.А., Іванова О.Г. Вплив елементів технології вирощування цукрового сорго на енергетичну продуктивність. *Цукрові буряки*. 2015. № 4. С. 17–19.
5. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Ображій С.В. Формування продуктивності сумісних посівів кукурудзи і сорго цукрового залежно від заходів захисту рослин від бур'янів. *Агробіологія*. 2016. № 1. С. 28–36.
6. Грабовський М.Б. Економічна та біоенергетична ефективність вирощування сорго цукрового і кукурудзи за різного рівня мінерального живлення. *Зернові культури*. 2018. Т. 2, № 2. С. 294–300. doi: 10.3867/2523-4544/0039
7. Курило В.Л., Яланський О.В., Гамандій В.Л. та ін. Біоенергетична оцінка соргових культур. *Зб. наук. пр. ІБКЦБ*. 2012. Вип. 14. С. 554–558.
8. Кириченко Л., Роженько В., Філоненко Л. та ін. Цукрове сорго виглядає доволі енергетичною культурою. *Зерно і хліб*. 2012. № 4. С. 61–62.
9. Пришляк Н. Виробництво біогазу в індивідуальних біогазових установках: досвід Індії та перспективи для України. *Agricultural and Resource Economics*. 2019. V. 5, № 1. P. 122–136.
10. Яланський О.В., Середа В.І., Носов М.Г., Таганцова М.М. Вміст цукру в соку стебел сорго цукрового залежно від насіннєвої продуктивності. *Зернові культури*. 2018. Т. 2, № 2. С. 212–217. doi: 10.3867/2523-4544/0027
11. Krzystek L., Wajszczuk K., Pazera A., Si-tarski A., Ledakowicz S. Analiza energetyczna produkcji biogazu z wybranych odmian sorgo. *Acta Sci. Pol. Biotechnol.* 2018. 17 (1). P. 69–76. doi: 10.30825/5.biot.51.2018.17.1
12. Kharytonov M., Martynova N., Babenko M., Rula I., Gumentyk M., Bagorka M. The production of biofuel feedstock on reclaimed land based on sweet sorghum biomass. *Agricult Forest*. 2019. V. 65, № 4. P. 233–240. doi: 10.17707.65.4.21
13. Гунчак Т.І. Особливості вирощування сорго цукрового в якості сировини для виробництва біопалива в умовах Південно-західного Лісостепу України. *Зб. наук. пр. ІБКЦБ*. 2014. Вип. 21. С. 240–244.
14. Троценко В.І., Глушак З.І. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового в умовах Північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Агрономія і біологія». 2014. Вип. 9(28). С. 127–130.
15. Павліський В.М., Нагірний В.П., Павлівська О.В. Енергетичний і метабіогенний потенціал соломи зернових культур, ріпаку і кукурудзи. *Науковий вісник Національного ун-ту біоресурсів і природокористування України: зб. наук. праць*. 2010. Вип. 146. С. 9–18.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 352 с.
17. Методика проведення дослідів по кормовиробництву; за ред. А.О. Бабица. Вінниця: Інститут кормів УААН, 1994. 87 с.