

# ГУСТОТА СТОЯННЯ РОСЛИН СОРГО ЦУКРОВОГО, ЯК ОДИН ІЗ ВАЖЛИВИХ ФАКТОРІВ ЙОГО ВИРОЩУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

**СИЧУК Л.В.,**

кандидат технічних наук, зав. відділом;

**ЧЕРЕВКО Т.В.,**

науковий співробітник;

**ПОЛІЩУК М.О.,**

завідувачка сектору (Волинська державна сільськогосподарська дослідна станція ІСГ Карпатського регіону НААН);

**ГАНЖЕНКО О.М.,**

доктор с.-г. наук, зав. відділом (Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН);

**ЧЕРНЕЛІВСЬКА О. О.,**

кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник (Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН)

**Вступ.** Біомаса рослинного походження є найбільш перспективним відновлювальним джерелом енергії в Україні. Адже наша країна наразі є енергозалежною державою, яка лише частково забезпечує себе енергоресурсами. Водночас наша країна має великий потенціал на біоенергетичні ресурси, а саме: сільськогосподарські відходи — солома, стебла кукурудзи, сорго цукрового, жом цукрових буряків та меляса [1].

Найбільш перспективною культурою на даний час є сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* L.), яке адаптоване до умов вирощування в Україні. Це — посухостійка культура, зі стабільною високою врожайністю 80–85 т/га зеленої маси, яка придатна для переробки та виготовлення сиропу, цукру, етанолу та твердого біопалива [2, 3, 4, 5].

Сорго цукрове можна висівати на малопродуктивних землях. Воно позитивно реагує на збільшення вологості, що є важливим для регіону достатньої зволоженості. Має короткий цикл росту, просте поширення з насіння, проведення подвійного збору врожаю зеленої маси [2, 6].

Підбір найбільш продуктивних гібридів сорго цукрового та норм висіву в умовах достатнього зволоження для подальшого зростання продуктивності культури та економічної ефективності її вирощування на сьогоднішній день, в умовах військового часу, є досить актуальним.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводилися на полях Волинської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту картоплярства НААН впродовж 2019–2020 рр на дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах із вмістом гумусу (за Тюриним) — 1,17...1,57%, вміст рухомих

форм P2O5 (за Кірсановим) — 151...180 мг на кг ґрунту, K2O — 95...132 на кг ґрунту, N (за Корнфільдом) — 65.5...80.0 мг на кг ґрунту, рН сольової витяжки 4,37...5,00.

Агротехніка вирощування сорго цукрового відповідає розробленій і адаптованій до умов Західного Полісся України програмі та методиці досліджень Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН [7].

Програмою досліджень передбачалося оцінити інтенсивність процесів росту й розвитку різних гібридів сорго цукрового, їх продуктивність та якість біомаси залежно від густоти стояння рослин.

Схема досліді передбачала наступні досліджувані фактори:

Фактор А. Гібриди сорго цукрового: «Медовий F1», «Зубр», «Мамонт»;

Фактор Б. Норми висіву: 70, 120, 170 тис. шт./га.

Площа облікової ділянки — 54 м<sup>2</sup>, повторність — триразова.

Технологія вирощування сорго цукрового, за виключенням досліджуваних факторів, була загальноприйнятною для зони Західного Полісся. Попередник — озима пшениця. Оранку проводили в кінці жовтня на глибину 28...30 см. Навесні проводили закриття вологи та передпосівний обробіток ґрунту. Сівбу насіння сорго цукрового проводили в першій декаді травня. Погодні умови 2019–2020 рр. на початку вегетаційного періоду були дещо прохолодними, що сповільнило ріст та розвиток рослин.

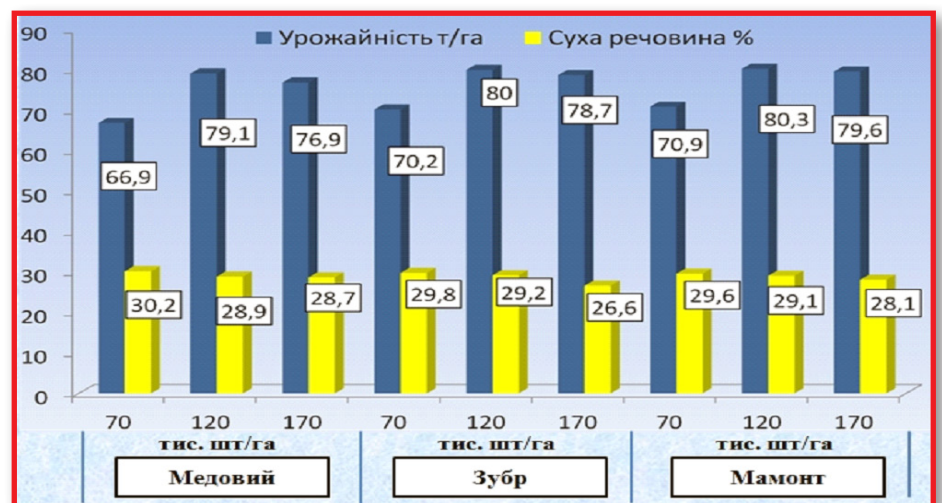
Догляд за посівами передбачав прове-

дення боронування та рихлення міжрядь для знищення сходів бур'янів. Біометричні показники, врожайність зеленої маси та сухої речовини визначали за загальною прийнятими методиками [8]. Висоту рослин вимірювали з використанням лінійки, діаметр стебла — за допомогою штангенциркуля на висоті 15 см від поверхні ґрунту. Вихід біопалива та енергії визначали за методичними рекомендаціями Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків [7].

**Результати досліджень.** В ході дослідження було виявлено, що перші сходи рослин з'явилися на 11 день у гібрида «Медовий F1», пізніше у гібрида «Зубр». Сходи рослин гібриду «Мамонт» зійшли на 14 день. Прохолодні умови весняного періоду та нічні заморозки, які в останні роки спостерігаються у зоні достатнього зволоження, негативно вплинули на молоді рослини сорго цукрового (припинення росту та часткове пожовтіння). За підвищення температури рослини відновили свій ріст та набули темно-зеленого кольору.

Візуально рослини сорго цукрового на початку вегетаційного періоду були значно кращими в гібрида «Медовий F1» за густоти стояння рослин 70 тис.шт./га та 120 тис.шт./га. Фаза розвитку в середньому за два роки в гібрида «Медовий F1» розпочиналася на 2–3 дні раніше від інших гібридів.

Біометричні показники рослин за два роки зростали до середини вересня, пізніше вони припинили свій ріст. У цей період висота рослин сорго цукрового сягала в гібрида «Медовий F1» — 3,3 м; «Зубр» — 3,4 м; «Мамонт» — 3,1 м.



**Рис.1.** зеленої маси та суха речовина сорго цукрового залежно від густоти стояння гібридів (в середньому за 2019-2020 рр.)

Діаметр стебел рослин сорго цукрового був дещо більший за меншої густоти стояння рослин і становив 16...21 мм.

У серпні 2020 року пройшли зливні дощі з сильними вітрами, внаслідок чого рослини сорго цукрового з густотою стояння 170 тис. шт./га частково вилягли, що, в свою чергу, негативно вплинуло на збір та врожайність зеленої маси.

Найбільшу в досліді врожайність зеленої маси сорго цукрового одержано з гібрида "Мамонт" — 80,3 т/га за густоти стояння рослин 120 тис. шт./га. Не значно нижчою була врожайність у двох інших гібридів: "Зубр" — 80,0 т/га та "Медовий F1" — 79,1 т/га (рис. 1).

Вміст сухої речовини у стеблах рослин сорго цукрового був у межах 26,2–30,2% і суттєво не відрізнявся між гібридами та був дещо більшим за меншої густоти стояння рослин.

Цукристість була найвищою в гібриду "Медовий F1" і становила 13,9%.

За результатами проведених розрахунків відслідковується чітка тенденція до збільшення значень загального виходу біопалива та виходу енергії з нього в залежності від густоти стояння рослин сорго цукрового. Зробивши порівняльну оцінку різних гібридів сорго цукрового встановлено, що найбільший вихід біогазу — 16,35 тис.м3/га, біоетанолу — 2,5 т/га та твердого біопалива — 25,70 т/га було одержано з гібрида "Мамонт" за густоти стояння 120 тис.шт./га. Вихід енергії при розрахунках був найкращий у цьому ж гібриді й становив: 35,6 ГДж /га з біогазу, з біоетанолу — 62,56 ГДж /га та твердого біопалива — 411,26 ГДж /га. Не значно нижчим був вихід біопалива у гібриді "Медовий F1" та "Зубр" і, відповідно, становив: біогазу — 16,00 і 16,35 тис.м3/га, біоетанолу — 2,5 і 2,1 т/га та твердого бі-

**Таблиця 1**  
Розрахунковий вихід біогазу, біоетанолу, твердого біопалива та енергії з сорго цукрового ( в середньому за 2019-2020 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин, тис,шт/га	Вихід біопалива			Вихід енергії, ГДж/га		
		біо-газ, тис. м3/га	біо-етанол, т/га	тверде біопаливо, т/га	з біогазу	з біоетанолу	з твердого біопалива
Медовий F1 (Ранньостиглий)	70	14,14	2,2	22,24	308,2	55,0	355,8
	120	16,00	2,5	25,14	348,8	62,5	402,2
	170	15,44	2,4	24,27	336,5	60,0	388,2
Зубр (Середньостиглий)	70	14,64	2,2	23,01	319,1	55,0	368,1
	120	16,34	2,4	25,69	356,2	60,0	411,0
	170	14,65	2,3	23,02	319,3	57,5	368,3
Мамонт (Пізноостиглий)	70	14,70	2,1	23,10	320,4	52,5	369,6
	120	16,35	2,5	25,70	356,4	62,5	411,2
	170	15,65	2,3	24,60	341,17	57,5	393,6

опалива — 25,14 і 25,60 т/га за густоти стояння рослин 120 тис.шт./га. Вихід енергії з біогазу — 348,8 і 356,2 ГДж/га, з біоетанолу — 62,5 і 60,0 ГДж /га та твердого біопалива — 402,2 і 411,0 ГДж/га. Можна стверджувати, що всі три гібриди сорго цукрового заслуговують на увагу та подальше використання для виробництва біопалива за густоти стояння рослин 120 тис.шт./га (табл. 1).

#### Висновки

1. В умовах достатньої зволоженості сорго цукрове є однією з перспективних культур для виробництва біопалива.

2. Дослідження показали, що для одер-

жання максимальної врожайності зеленої маси сорго цукрового слід його висівати за густоти стояння 120 тис. шт./га.

3. При порівняльній оцінці вирощування різних гібридів одним із кращих був гібрид "Мамонт" з врожайністю зеленої маси — 80,3 т/га. Не значно нижчими є показники врожайності у двох інших гібридів "Зубр" — 80,0 т/га та "Медовий F1" — 79,1 т/га.

4. Одержання високих показників урожайності та вихід біопалива можливі за використання сучасних гібридів сорго цукрового за густоти стояння 120 тис. шт./га із достатнім рівнем цукристості та виходу сухої біомаси.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Роїк М. В., Курило Л. В., Гументик Я. М., Ганженко О. М. Біоенергетика в Україні: стан та перспективи розвитку. Біоенергетика/Bioenergy. 2013. № 1. С. 5–10.
2. Ганженко О. М. Агроекологічні основи формування продуктивності цукроносних культур для біопалива: монографія. — Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2023. — 320 с. ISBN978-966-924-997-5
3. Сичук Л. В., Черевко Т. В., Ганженко О. М. Продуктивність гібридів сорго цукрового залежно від строків збирання в умовах Західного Полісся Біоенергетика/Bioenergy. — 2022. — № 1–2. — С. 53–54 <https://doi.org/10.47414/be.1-2.2022.271368>
4. Hassan M. U., Chattha M. U., Barbanti L., Mahmood A., Chattha M. B., Khan I., Mirza S., Aziz SA., Nawaz M., Aamer M. Cultivar and seeding time role in sorghum to optimize biomass and methane yield under warm dry climate. Industrial Crops and Products. 2020. Vol. 145, Article ID111983. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111983
5. Prasad S., Singh A., Jain N., Joshi H. C. Ethanol Production from Sweet Sorghum Syrup for Utilization as Automotive Fuel in India. Energy Fuels. 2007. Vol. 21, Issue 4. P. 2415–2420. doi: 10.1021/ef060328z
6. Вирощування біоенергетичних культур: монографія / за ред. к. с.-г. н. М. Я. Гументика / [М. Я. Гументик, Б. М. Радейко, Я. Д. Фучило, В. М. Сінченко, О. М. Ганженко та ін.]. — К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. — 178 с. (ISBN978-966-929-779-2)
7. Методичні рекомендації з вирощування і перероблення цукрового сорго як сировини для виробництва різних видів біопалива в різних ґрунтово-кліматичних зонах України / О. М. Ганженко, Л. А. Правдива, Я. Д. Фучило, О. Б. Хірич, П. Ю. Зиков, М. Я. Гументик, Г. С. Гончарук, В. М. Смірних, Ю. П. Дубовий, О. М. Атаманюк, О. Г. Іванова, В. Л. Гамандій, О. В. Яланський. — К.: ЦП КОМПРИНТ, 2020. — 20 с. ISBN978-617-8007-00-3
8. Методичні рекомендації з визначення якості сорго цукрового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива // Л. А. Правдива, І. І. Бойко, Н. О. Григоренко, О. М. Ганженко, В. М. Сінченко — К.: ЦП Компрінт, 2018. — 23 с.

#### АНОТАЦІЯ

Густота стояння рослин сорго цукрового як один із важливих факторів його вирощування для виробництва біопалива в умовах Західного Полісся

Сичук Л. В., Черевко Т. В., Поліщук М. О., Ганженко О. М., Чернелівська О. О.

**Мета.** Підвищення ефективності вирощування гібридів сорго цукрового вітчизняної селекції як сировини для виробництва біопалива шляхом оптимізації елементів технології його вирощування. **Методи.** Польовий, лабораторний, візуальний, вимірювально-ваговий, математично-статистичний. **Результати.** За результатами досліджень, проведеними в 2019–2020 рр. в умовах Західного Полісся, визначено, що для виробництва біогазу сорго цукрове слід висівати з нормою висіву 120 тис.шт./га, де досягається найбільший вихід біопалива. **Висновки.** Дослідження показали, що для одержання максимальної врожайності зеленої маси сорго цукрового його слід висівати за густоти стояння 120 тис. шт./га. При порівняльній оцінці вирощування різних гібридів, одним із кращих був гібрид "Мамонт" із врожайністю зеленої маси — 80,3 т/га.

**Ключові слова.** Біопаливо, біоенергетика, сорго цукрове, гібриди, густота стояння рослин

#### ABSTRACT

**Plant density of sugar sorghum as one of the important factors of the crop cultivation for the production of biofuel in Western Polissia**

L. V. Sychuk, T. V. Cherevko, M. O. Polishchuk, O. M. Hanzhenko, O. O. Chernelivska

**Purpose.** Increasing the efficiency of growing Ukrainian sugar sorghum varieties for biofuel by optimizing the elements of the cultivation technology. **Methods.** Field, laboratory, visual, measuring and weighing, mathematical and statistical. **Results.** According to the results of research conducted in 2019–2020 in Western Polissia, to achieve the highest yield of biogas from sugar sorghum, the crop should be planted at a seeding rate of 120 thousand seeds/ha. **Conclusions.** Studies have shown, that in order to obtain the maximum yield of the green biomass in sugar sorghum, it should be planted at a seeding rate of 120,000 seeds/ha. In the comparative evaluation of the cultivation of different hybrids, one of the best was the 'Mamont' hybrid with a green biomass yield of 80.3 t/ha.

**Key words.** biofuel, bioenergy, sugar sorghum, hybrids, plant density.

Сичук Л. В., <https://orcid.org/0000-0001-6037-3675>

Черевко Т. В., <https://orcid.org/0009-0009-7780-0536>

Поліщук М. О., <https://orcid.org/0009-0000-1336-5058>

Ганженко О. М. <https://orcid.org/0000-0002-8118-1645>

Чернелівська О. О., <https://orcid.org/0000-0002-8637-0840>