



# Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 663.17:631.559:  
621.039.542.3  
© 2024

## ГІБРИДИ СОРГОВИХ КУЛЬТУР ЯК СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

М.Г. Носов<sup>1</sup>, О.В. Яланський<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>кандидати сільськогосподарських наук  
Державна установа Інститут зернових культур  
Національної академії аграрних наук України  
вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, 49027, Україна  
e-mail: <sup>1</sup>maksimnosov0102@gmail.com, <sup>2</sup>alexander.yalansky@gmail.com  
ORCID: <sup>1</sup>0000-0001-6649-905X, <sup>2</sup>0000-0002-6686-4165

Надійшла 15.10.2024

**Мета.** Вивчення та підбір вихідного матеріалу при створенні високоврожайних гібридів сорго для біоенергетичного напряму використання для отримання твердого біопалива. **Методи.** Польовий — для дослідження біологічних і технологічних аспектів, лабораторний — визначення параметрів елементів структури врожаю та врожайності сорго, математико-статистичний — для розрахунку показників гібридних комбінацій. Дослідження проводили в 2021–2023 рр. на 68 простих гібридах сорго на Синельниківській селекційно-дослідній станції ДУ ІЗК НААН, де оцінювали новий вихідний матеріал. Було відібрано кращі гібриди для подальшої їх передачі на державне сорто випробування. Досліди проводили в 3-разовій повторності, площа ділянок — 25 м<sup>2</sup>. Обліки врожаю здійснювали вручну з виконанням структурного аналізу. Для визначення вмісту сухої речовини з 2 несуміжних повторень відбирали 3 наважки по 50 г, які зважували до та після сушіння в сушильній шафі за температури 100–105°C до постійної маси. За цими даними розраховували вміст сухої речовини у відсотках. **Результати.** Встановлено, що найвищі показники врожайності зеленої маси були в комбінаціях F<sub>1</sub> (Низькоросле 81с × Карликове 45) — 66,2 т/га, F<sub>1</sub> (Низькоросле 93с × Карликове 45) — 65,9 та F<sub>1</sub> (Низькоросле 81с × Силосне 42) — 44,2 т/га. За показником «урожайність сухої речовини» було відзначено комбінації F<sub>1</sub> (Низькоросле 81с × Карликове 45) — 24,1 та/га, F<sub>1</sub> (Низькоросле 93с × Карликове 45) — 23,8 т/га та F<sub>1</sub> (Низькоросле 81с × Силосне 42) — 20,1 т/га. **Висновки.** Дослідженнями вихідного матеріалу для створення високоврожайних гібридів сорго біоенергетичного напряму використання з метою отримання твердого біопалива встановлено, що кращі гіб-

**ридни комбінації за показниками «врожайність зеленої маси та сухої речовини» отримано від схрещування материнських компонентів зернового сорго Низькоросле 81с та Низькоросле 93с з віничним сорго Карликове 45 і Красень. Доведено, що гібриди сорго з високими показниками врожайності зеленої маси і сухої речовини, умістом сухої речовини (сухостебловість), відсотком розчинних вуглеводів можна використовувати під час виробництва твердого біопалива.**

**Ключові слова:** зелена маса, суха речовина, біоенергетика, урожайність.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202411-07>

Сорго — найбільш перспективна посухо- та солестійка невибаглива до ґрунтів біоенергетична культура [1–3]. Сорго посідає 5 місце у світі за посівними площами після пшениці, рису, кукурудзи та ячменю. Щорічні площі посіву цієї культури становлять понад 45 млн га. Її вирощують більш ніж у 85 країнах світу. Сорго характеризується такими господарсько-біологічними ознаками: рослини високорослі (понад 3 м), середньої кущистості (2–3 стебла), мають соковиті стебла, здатні накопичувати до 18% цукру. Вегетаційний період становить 110–160 діб. Рослини відносно стійкі до злакової попелиці, бактеріозу, сажки та до знижених температур на ранніх етапах вегетації [4]. Основну селекційну роботу проводили в напрямі кормовиробництва. Крім високої врожайності, модель ідеального гібрида має бути невибагливою, забезпечувати стабільний урожай у жорстких умовах вирощування на техногенно деградованих ґрунтах; сухостебловою (це зменшить витрати на висушування під час переробки сировини на тверде паливо); з високим умістом цукру в соку стебел (забезпечує більший вихід енергії при згоранні).

Тому завданням селекціонерів є створення нових технологічно адаптованих гібридів сорго та впровадження їх у виробництво [5]. Під час вибору гібридів і сортів біоенергетичного напрямку слід орієнтуватися не на максимальне отримання продукції з одиниці площі, а на забезпечення галузі сировиною з мінімальними енергетичними та економічними витратами [6, 7]. Для цього необхідний новий вихідний матеріал біоенергетичного напрямку,

на створення якого потрібно не менше 5–8 років, на створення та випробування гібрида — 3–5 років [8–10]. У ДУ Інститут зернових культур НААН (ДУ ІЗК НААН) розпочато такі селекційні роботи: аналіз наявного вихідного матеріалу на придатність до створення біоенергетичних гібридів; розроблення методів щодо поліпшення вихідного матеріалу; створення нового вихідного матеріалу біоенергетичного напрямку використання з метою отримання твердого біопалива; створення максимально наближених до ідеальної моделі біоенергетичних гібридів, їх удосконалення та передача на державне випробування.

**Мета досліджень** — вивчення та підбір вихідного матеріалу при створенні високоврожайних гібридів сорго біоенергетичного напрямку використання для отримання твердого біопалива.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводили в 2021–2023 рр. на 68 простих гібридах сорго на Синельниківській селекційно-дослідній станції ДУ ІЗК НААН, де оцінювали новий вихідний матеріал. Було відібрано кращі гібриди для подальшої їх передачі на державне сортовипробування. Досліди проводили в 3-разовій повторності, площа ділянок — 25 м<sup>2</sup>. Обліки врожаю здійснювали вручну з виконанням структурного аналізу. Для визначення вмісту сухої речовини з 2-х несуміжних повторень відбирали 3 наважки по 50 г, які зважували до та після сушіння в сушильній шафі за температури 100–105°C до постійної маси. За цими даними розраховували вміст сухої речовини у відсотках. Уміст

**Кращі гібридні комбінації соргових культур для отримання твердого біопалива за 2021–2023 рр.**

Сорт, гібрид	Урожайність, т/га			Уміст, %	
	зеленої маси	волотей	сухої речовини	сухої речовини	розчинних вуглеводів
Ананас (стандарт)	41,1	4,2	13,5	32,8	17,1
Довіста	36,5	1,8	12,9	35,3	17,3
Мамонт	46,1	2,2	15,4	33,4	14,5
F <sub>1</sub> (Дн17с × Карликове 45)	44,8	3,2	15,2	33,9	16,1
F <sub>1</sub> (Дн39с × Карликове 45)	46,8	2,8	16,7	35,7	10,1
F <sub>1</sub> (Низькоросле 81с × Карликове 45)	66,2	4,5	24,1	36,4	11,9
F <sub>1</sub> (Низькоросле 93с × Карликове 45)	65,9	5,7	23,8	36,1	12,1
F <sub>1m</sub> (Раннє776с × Красень)	35,8	3,6	17,3	48,3	16,8
F <sub>1</sub> (Єфремівське біле 2с × Красень)	33,5	2,7	14,8	44,2	15,4
F <sub>1</sub> (Низькоросле 93с × Красень)	32,9	3,3	16,7	50,8	14,3
F <sub>1</sub> (Гос11 × Красень)	35,7	3,2	15,3	42,9	13,4
F <sub>1</sub> (Дн17 с × Силосне 42)	28,8	2,1	14,9	51,7	14,6
F <sub>1</sub> (Дн 71с × Силосне 42)	43,7	3,1	16,1	36,8	10,9
F <sub>1</sub> (Раннє 776с × Силосне 42)	41,8	4,3	16,9	40,4	11,1
F <sub>1</sub> (Низькоросле 81с × Силосне 42)	44,2	4,5	20,1	45,5	11,4
F <sub>1</sub> (Дн 39 с × Стратея)	30,8	4,2	16,9	54,9	9,6
F <sub>1</sub> (Дн 37с × Стратея)	29	3,4	15,7	54,1	10,9
F <sub>1</sub> (Кафрське кормове 186с × Стратея)	36,7	3,7	17,4	47,4	17,7
F <sub>1</sub> (Низькоросле 93с × Стратея)	32,8	3,1	14,8	45,1	9,4
НІР	0,3				

розчинних вуглеводів у соку стебел в значали у фазі молочно-воскової стиглості сорго.

**Результати досліджень.** У 2021–2023 рр. на Синельниківській селекційно-дослідній станції ДУ ІЗК НААН вивчали прості гібриди сорго, на яких досліджували новий вихідний матеріал. Після проведення всебічного оцінювання відібрано кращі гібриди.

У дослідях було задіяно материнські компоненти: 14 ліній зернового сорго (Дн5с, Дн13с, Дн71с, Дн19с, СК23с, Дн37с, Дн39с, Низькоросле 81с, Низькоросле 93с, А158, Раннє 776с, А 326, Єфремівське біле 2с, Гос 11с), 2 — цукрового сорго (Дн17с та Кафрське кормове 186с) і китайське сорго (Гаолян 09-3094с).

Батьківськими компонентами були 2 запилювачі сорго віничного (сорта Карликове 45 та Красень), 1 запилювач сорго

цукрового (сорт Силосне 42) та 1 запилювач сорго суданське (сорт Стратея). За стандарт взято гібрид сорго цукрового Ананас.

Гібридні комбінації оцінювали за такими показниками: урожайність зеленої маси і сухої речовини, відсоток сухої речовини (сухостебловість), уміст розчинних вуглеводів у соку стебел. Кращі гібридні комбінації наведено в таблиці.

Установлено, що найвищі показники врожайності зеленої маси були в гібридних комбінацій F<sub>1</sub>(Низькоросле 81с × Карликове 45) — 66,2 т/га, F<sub>1</sub> (Низькоросле 93с × Карликове 45) — 65,9 т/га та F<sub>1</sub> (Низькоросле 81с × Силосне 42) — 44,2 т/га.

За показником «урожайність сухої речовини» було відзначено комбінації F<sub>1</sub> (Низькоросле 81с × Карликове 45) — 24,1 т/га, F<sub>1</sub> (Низькоросле 93с × Карликове 45) — 23,8 т/га

та F<sub>1</sub> (Низькоросле 81с × Силосне 42) — 20,1 т/га. За вмістом сухої речовини (сухостебловість) найкращий результат мали гібридні комбінації F<sub>1</sub> (Дн39 с × Стратея) — 54,9%, F<sub>1</sub> (Дн 37с × Стратея) — 54,1, F<sub>1</sub> (Дн17 с × Силосне 42) — 51,7%.

Найвищий показник умісту розчинних вуглеводів за 2021–2023 рр. був у гібридних комбінаціях F<sub>1</sub> (Кафрське кормове 186с × Стратея) — 17,7%, F<sub>1</sub> (Раннє 776с × Красень) — 16,8, F<sub>1</sub> (Дн17с × Карликове 45) — 16,1%.

## Висновки

Дослідженнями з підбору вихідного матеріалу для створення високоврожайних гібридів сорго біоенергетичного напрямку використання з метою отримання твердого біопалива встановлено, що кращі гібридні комбінації за показниками «врожайність зеленої маси та сухої речовини» отримано від схрещування материнських компонентів сорго зернового Низькоросле 81с та Низькоросле 93с із сорго віничним Карликове 45 і Красень. Вони перевищили стандарт гібрид Ананас за врожайністю зеленої маси

на 24,8 т/га, сухої речовини — на 9,4 т/га. За вмістом сухої речовини (сухостебловість) найвищий результат мала гібридна комбінація сорго зернового та суданського F<sub>1</sub>(Дн39 с × Стратея) — 54,9%, перевищивши стандарт Ананас на 22,8%.

Доведено, що гібриди сорго з високими показниками врожайності зеленої маси і сухої речовини, умістом сухої речовини (сухостебловість), і відсотком розчинних вуглеводів можна використовувати під час виробництва твердого біопалива.

Nosov M.<sup>1</sup>, Yalanskyi O.<sup>2</sup>

*Institute of Grain Crops of NAAS, 14 Volodymyr Vernadskyi Str., Dnipro, 49027, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>maksimnosov0102@gmail.com, <sup>3</sup>alexander.yalansky@gmail.com; ORCID: <sup>1</sup>0000-0001-6649-905X, <sup>2</sup>0000-0002-6686-4165*

### **Hybrids of sorghum crops as raw materials for the production of solid biofuel**

**Goal.** To study and select raw material in the creation of high-yielding sorghum hybrids for the bioenergetic direction of use for obtaining solid biofuel. **Methods.** Field — to study biological and technological aspects; laboratory — to determine the parameters of the elements of the crop structure and yield of sorghum; mathematical and statistical — to calculate the indicators of hybrid combinations. The research was conducted in 2021–2023 on 68 simple sorghum hybrids at the Sinelnykiv breeding and research station of IGC of NAAS, where the new source material was evaluated. The best hybrids were selected for further transfer to the state variety testing. Experiments were carried out in 3 repetitions, the area of plots was 25 m<sup>2</sup>. Harvest accounting was carried out manually with structural analysis. To determine the content of dry matter, 3 samples of 50 g each were taken from 2 non-adjacent repetitions, which were weighed before and after drying in a drying cabinet at a temperature

of 100–105 °C to a constant weight. Based on these data, the percentage of dry matter was calculated. **Results.** It was established that the highest indicators of the yield of green mass were in the combinations F1 (Nyzkorosle 81s × Karlykove 45) — 66.2 t/ha, F1 (Nyzkorosle 93s × Karlykove 45) — 65.9 and F1 (Nyzkorosle 81s × Sylosne 42) — 44.2 t/ha. According to the «dry matter yield» combination F1 (Nyzkorosle 81s × Karlykove 45) — 24.1 t/ha, F1 (Nyzkorosle 93s × Karlykove 45) — 23.8 t/ha, and F1 (Nyzkorosle 81s × Sylosne 42) — 20.1 t/ha were selected. **Conclusions.** Studies of the source material for the creation of high-yielding sorghum hybrids of the bioenergy direction for use to obtain solid biofuel established that the best hybrid combinations according to the indicators of «yield of green mass and dry matter» were obtained from crossing the maternal components of grain sorghum Nyzkorosle 81s and Nyzkorosle 93s with the dwarf sorghum Karlykove 45 and Krasen. It was proven that sorghum hybrids with high yields of green mass and dry matter, dry matter content (dry stemness), and percentage of soluble carbohydrates can be used in the production of solid biofuel.

**Key words:** green mass, dry matter, bioenergy, productivity.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202411-07>

## Бібліографія

1. Ганженко О.М. Продуктивність рослин сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* L.) залежно від елементів технології вирощування на біопаливо в зоні недостатнього зволоження Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2021. Т. 17, № 3. С. 240–247. doi: 10.21498/2518-1017.17.3.2021.242978

2. Яланський О.В., Серета В.І. Перспективні гібриди сорго цукрового. *Бюлетень ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України*. 2015. № 9. С. 99–104.

3. Яланський О.В., Серета В.І. Сорго економіко-енергетичний ресурс для виробництва біоетанолу. *Бюлетень ДУ Інститут зернових культур НААН України*. 2016. № 11. С. 96–103.

4. Серета В.І., Яланський О.В., Самойленко А.Т. Селекція цукрового сорго для фітоенергетики. *Зрошувальне землеробство: міжвід. темат. наук. зб. Херсон: Айлант, 2011. Вип. 56. С. 246–250.*

5. Роїк М.В., Курило В.Л., Гуметник М.Я., Ганженко О.М. Роль і місце фітоенергетики в паливно-енергетичному комплексі України. *Цукрові буряки*. 2011. № 1. С. 6–7.

6. Грабовський М.Б. Формування продук-

тивності сорго цукрового як біоенергетичної культури залежно від рівня мінерального живлення. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 99. С. 30–39.

7. Ганженко О.М. Енергетична продуктивність сорго цукрового залежно від строків збирання урожаю в центральній частині Лісостепу України. *Агробіологія: зб. наук. пр.* 2021. № 1. С. 23–31. doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-23-31

8. Ferreira O.E., da Silva A.F., Costa G.H.G. et al. Ethanolic Fermentation of Sweet Sorghum Broth: Effects of Genotypes, Harvest System and Enzymatic Treatment. *Sugar Tech*. 2021. V. 23. Is. 3. P. 634–642. doi: 10.1007/s12355-020-00816-z

9. Jacobs A., Koch H.J., Marlander B. Preceding crops influence agronomic efficiency in sugar beet cultivation. *Agronomy for Sustainable Development*. 2018. V. 38. Is. 1. Article 5. doi: 10.1007/s13593-017-0469-z.

10. Kocar G., Civas N. An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. *Sustainable Energy Reviews. Renewable and amp.* 2013. V. 28. P. 900–916. doi: 10.1016/j.rser.2013.08.022