

УДК 633.17:620.925:58

СЕЛЕКЦІЯ ГІБРИДІВ СОРГОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

НОСОВ М. Г. -
*аспірант, провідний фахівець лаб.
селекції соргових культур.*
Державна установа Інститут зернових культур НААН, вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, 49009, Україна, e-mail: maksimnosov0102@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6649-905X> Моб.0685733999

Вступ. Проблема гарантування енергетичної безпеки України набула актуальності в зв'язку з поступовим вичерпанням основних паливно-енергетичних ресурсів, що, в свою чергу, спричинило ескалацію геополітичних конфліктів у спробах посилення контролю над видобутком, розподілом і транспортуванням паливно-енергетичних ресурсів. Тому для посилення енергонезалежності України важливою складовою є розвиток біоенергетики, що сприятиме ефективному використанню потенціалу країни задля досягнення економічного, соціального та екологічного ефектів.

З посиленням енергетичної кризи роль рослин як перетворювача сонячної енергії в органічну речовину (біомасу) набуває все більшої ваги. Останнім часом вирішується питання впровадження фітоенергетики в енергетичну систему як в Україні, так і в цілому світі. Так, відходи отримані при виробництві енергії з продукції галузі рослинництва, засвоюються екосистемою майже без шкоди для неї.

Фітоенергетика може забезпечити виробництво біогазу, біодизелю, біоетанолу, бутанолу й твердого біопалива [1, 2]. Культурою, яка здатна забезпечити фітоенергетику сировиною, на території України є сорго.

Існує три напрями використання у біоенергетиці соргових культур: виробництво біоетанолу, твердого палива (брикети, пелети тощо) і біогазу. Вихід біоетанолу залежить від вмісту цукрів в соку стебел [3, 4, 5]. Залежно від сортових особливостей і фази збирання в сокові сорго може міститися від 8 до 20% цукру. При середній урожайності зеленої маси 40 т/га можна отримати 6–12 т спирту з 1 га і 12–15 т побічної продукції, яка може бути використана в кормовиробництві або ж як тверде паливо [3].

Сорго з успіхом може вирощуватися на землях із незадовільним еколого-меліоративним станом, а також на територіях сільськогосподарського призначення, де спостерігається забруднення ґрун-

ту в результаті господарської діяльності підприємств по видобутку й переробці корисних копалин. [3, 6, 7] Вирощування сільгосппродукції поблизу таких промислових підприємств стає неможливим. Найбільш доцільно, з наукової точки зору, при такій ситуації — створити біоенергетичну сівозміну, в якій центральне місце буде відведене сорго. До того ж, в таких умовах не виникає суперечок щодо розподілу земель під виробництво зерна й вирощування сировини для біоенергетики. При такому підході не потрібно виділяти площі, зайняті під зерновими, на вирощування біоенергетичних культур. Більш того, завдяки вирощуванню сорго забруднені землі через певний проміжок часу стануть придатними для вирощування зернових [8].

Матеріали та методи. Дослідження проводились у 2021–2022 р.р. на Синельниківській селекційно-дослідній станції ДУ

Інститут зернових культур НААН України, яка знаходиться в Дніпропетровській області й відноситься до північної підзони Степу України. В конкурсному сортовипробуванні соргових культур вивчалось 68 сортозразків, досліди проводились в 3-х кратній повторності, площа ділянок — 25 м². Збір врожаю проводився вручну з подальшим зважуванням. Для визначення вмісту сухої речовини відбирали 3 наважки по 50 г з двох несуміжних повторень, які важилися до та після сушки в сушильній шафі при температурі 100–105°C до постійної маси. Потім, виходячи з цих даних, розраховували вміст сухої речовини у відсотках.

Результати та обговорення. За результатами проведених досліджень встановлено, що з-поміж енергетичних культур для ґрунтово-кліматичних зон України за потенціалом урожайності біомаси, комплексом адаптивних властивостей, госпо-

Таблиця 1.
Врожайність зеленої маси та сухої речовини сорго за 2021-2022 рр.

№ п/п	Гібрид	Урожай зеленої маси, т/га			Вихід сухої речовини, т/га		
		2021 р	2022 р	Середній показник	2021 р	2022 р	Середній показник
1	Ананас (ст.)	39,0	41,1	40,05	5,9	13,5	9,7
2	Довіста	69,5	36,5	53	8,7	12,9	10,8
3	Мамонт	60,6	46,1	53,3	2,6	15,4	9
4	F1(Дн17с х Карликове 45)	63,9	51,6	57,7	5,3	22,4	13,8
5	F1(Дн39с х Карликове 45)	66,1	37,1	51,6	5,3	12,9	9,1
6	F1(Дн71с х Карликове 45)	73,6	46,6	60,1	6,4	17,3	11,8
7	F1(Низькоросле 93с х Карликове 45)	79,7	51,8	65,2	12,7	22,5	17,6
8	F1(А158 х Карликове 45)	63,6	42,1	52,8	9	16	12,5
9	F1(Раннє776с х Карликове 45)	67,4	55,4	61,4	7	17,3	12,5
10	F1(Єфремівське біле 2с х Карликове 45)	67	37,7	52,3	5	14,8	9,9
11	F1(Низькоросле 93с х Красень)	39,3	40	39,6	4,2	16,7	10,4
12	F1(Раннє776с х Красень)	58,4	42,5	50,4	4,6	15,3	9,9

Таблиця 2.

Показники виходу твердого біопалива та енергії сорго в 2021-2022 рр.

№ п/п	Гібрид	Вихід					
		твердого палива, т/га			енергії, ГДж/га		
		2021р	2022 р	Сердній показник	2021р	2022 р	Сердній показник
1	Ананас (ст.)	2,5	6,1	4,3	41,8	100,7	71,5
2	Довіста	6,7	5,2	5,9	109,7	85,5	97,6
3	Мамонт	1,7	7,8	4,8	28,6	128,9	78,8
4	F1(Дн17с x Карликове 45)	3,7	12,7	8,2	61,5	209,8	135,5
5	F1(Дн39с x Кар 45)	3,9	5,3	4,6	63,6	86,9	75,2
6	F1(Дн71сx Кар. 45)	5,2	8,9	7	85,5	146,3	115,9
7	F1(Низькор.93с x Карликове 45)	11,1	12,8	12	183,7	211,5	197,7
8	F1(A158x Карликове 45)	6,3	7,4	6,9	103,9	122,3	113,5
9	F1(Ранне776с x Карликове 45)	5,2	10,5	7,9	85,6	174,0	129
10	F1(Єфремів. біле 2с x Карл.45)	3,7	6,1	4,9	60,8	101,3	81,5
11	F1(Низькор.93с x Красень)	1,8	7,3	4,6	30,0	121,2	75,6
12	F1(Ранне776с x Красень)	3,0	7,2	5,1	48,8	118,0	83,3

дарсько-корисних ознак та можливості вирощування на немаргінальних землях (не сільськогосподарського призначення) сорго посідає ключову позицію. Найбільш важливою паливно-технологічною характеристикою соргових культур, що використовуються як тверде біопаливо, є їх теплотворна здатність, яка залежить від багатьох чинників: генетичних особливостей рослини, впливу навколишнього середовища, умов зберігання, вологості тощо. У таблиці 1 представлені дворічні данні за показниками врожайності зеленої маси та сухої речовини.

Найбільшу врожайність зеленої маси за середніми показниками сформували гібриди F1(Низькоросле 93с x Карликове 45) — 65,2 т/га, F1(Ранне776с x

Карликове 45) — 61,4 т/га та F1(Дн71с x Карликове 45) — 60,1 т/га. Врожайність гібридів Мамонт та F1(A158x Карликове 45) була дещо меншою й становила 53,3 і 52,8 т/га відповідно. За середніми показниками врожайності сухої речовини зеленої маси виділились F1(Низькоросле 93с x Карликове 45) — 17,6 т/га та F1(Дн17с x Карликове 45) — 13,8 т/га.

Для розрахунку кількості отриманого твердого палива з 1 га ми використовуємо «Методичні рекомендації з вирощування та перероблення цукрового сорго як сировини для виробництва різних видів біопалива в різних ґрунтово-кліматичних зонах України» [9]. Вихід твердого палива розраховується за формулою:

$$T=U^*c*(100+W)/10000 (1)$$

де Т — вихід твердого палива, т/га; U — врожайність зеленої біомаси стебл сорго, т/га; с — суха речовина біомаси стебел, %; w — вологість твердого біопалива. Згідно з європейськими вимогами, тверде біопаливо може мати вологість до 10%, тому приймаємо w = 10%.

Вихід енергії визначають як добуток маси твердого біопалива, отриманого з 1 га посівів сорго, на його питому теплоту згорання:

$$ET=T^*eT, (2)$$

де ET — вихід енергії з твердого біопалива, ГДж/га; Т — вихід твердого біопалива з 1 га цукрового сорго, т/га; eT — питома теплота згорання твердого біопалива, МДж/кг. За відсутності інформації про вміст золи у стеблах цукрового сорго приймаємо питому теплоту згорання eT = 16 МДж/кг. У таблиці № 2 наведені данні виходу твердого палива (т/га) та виходу енергії (ГДж/га).

За середніми показниками виходу твердого біопалива з 1 га виділились комбінації: F1(Низькоросле 93с x Карликове 45) — 12 т/га, F1(Дн17с x Карликове 45) — 8,2 т/га та F1(Ранне776с x Карликове 45) — 7,9 т/га.

Найкращими показниками за виходом енергії виділились комбінації: F1(Низькоросле 93с x Карликове 45) — 197,7 ГДж/га, F1(Дн71с x Карликове 45) — 135,5 ГДж/га та F1(Ранне 776с x Карликове 45) — 129 ГДж/га. Дещо менші показники в гібридів F1(A 158 x Карликове 45) — 113,5 ГДж/га, Мамонт — 78,8 ГДж/га та F1(Низькоросле 93с x Красень) — 75,6 ГДж/га.

Висновки. Сорго — одна з найперспективніших біоенергетичних культур, яка здатна формувати високі й стабільні врожаї сировини в екстремальних умовах вирощування, вигідно відрізняючись посухостійкістю, солевитривалістю, економним витрачанням вологи та може забезпечити стабільну базу для біоенергетики в посушливих умовах степу. Наукові дослідження в області селекції — як фундаментальні, так і прикладні — лежать в основі багатьох досягнень як вже реалізованих, так і майбутніх. Адаптовані високопродуктивні гібриди соргових культур — це найбільш економічний і енергетично доцільний із заходів забезпечення сировиною галузь біоенергетики.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Калетнік Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні: Монографія. К.: Аграрна наука, 2008. 464 с.
2. Роїк М. В. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / М. В. Роїк, В. Л. Курило, О. М. Ганженко, М. Я. Гументик // Збірник наукових праць ІБКЦБ — 2012. — № 13. — С. 115–125.
3. Ганженко О. М. Агроекологічні основи формування продуктивності цукроносних культур для біопалива: монографія. — Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2023. — 320 с. ISBN978-966-924-997-5.
4. Біоенергія в Україні — розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: Науково-методичні рекомендації щодо впровадження передового досвіду аграрних підприємств Польщі, Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив / За ред. Дубровіна В. О., Анни Гжибек та Любарського В. М. Kaunas: IAE LUA, 2009. 120 с.
5. Серета В. І. Принципи добору гібридів при селекції сорго цукрового для кормовиробництва / В. І. Серета // Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва степ. зони НААН України. — Дніпропетровськ, 2011. — № 1. — С. 87–91.
6. Серета В. І. Впровадження селекційних розробок сорго цукрового у кормо-

7. виробництво / В. І. Серета // Зрошуваче землеробство: [міжвід. темат. наук. зб.]. — Херсон: Айлант, 2012. — Вип. 58. — С. 146–148.
8. Серета В. І. Перспективи впровадження високопродуктивних гібридів сорго цукрового у біоенергетику / В. І. Серета, О. В. Яланський, С. М. Остапенко // Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків: [зб. наук. пр.]. — 2014. — № 19. — С. 124–127.
9. Роїк М. В., Ганженко О. М., Гончарук Г. С. Вплив багаторічних біоенергетичних культур на відновлення родючості ґрунту / М. В. Роїк, О. М. Ганженко, Г. С. Гончарук // Біоенергетика/Bioenergy. — № 2 (16). — 2020. — С. 4–6.
10. Методичні рекомендації з вирощування і перероблення цукрового сорго як сировини для виробництва різних видів біопалива в різних ґрунтово-кліматичних зонах України / За ред. О. М. Ганженко, Л. А. Правдива, Я. Д. Фучило, О. Б. Хіврич, П. Ю. Зиков, М. Я. Гументик, Г. С. Гончарук, В. М. Смірних, Ю. П. Дубовий, О. М. Атаманюк, О. Г. Іванов, В. Л. Гамандій, О. В. Яланський. — К.: Компринт, 2020. — 20 с.

АНОТАЦІЯ

UDC633.17:620.925:58

Селекція гібридів соргових культур для отримання твердого біопалива

Носов М. Г. — аспірант, провідний фахівець лаб. селекції соргових культур Інституту зернових культур НААН.

Державна установа Інститут зернових культур НААН, вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, 49009, Україна; e-mail: maksimnosov0102@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6649-905X> Моб. 0685733999.

Актуальність. На сьогоднішній день для агропромислового комплексу та відновлювальної енергетики важливим є пошук, дослідження та впровадження нових технологій з виробництва твердого біопалива. Сорго розглядається як стратегічна культура в забезпеченні сировиною біоенергетичної галузі. **Мета роботи** полягає у вивченні та підборі вихідного матеріалу для створення високоврожайних гібридів соргових культур біоенергетичного напрямку використання з подальшим виробництвом твердого палива. **Матеріали та методи.** Висвітлено дворічні результати сортовипробування сорго на Синельниківській СДС, де вивчалось 68 сортотварів, які мали врожайність зеленої маси у межах 23–79 т/га. **Результати.** Найбільшу врожайність зеленої маси за середніми показниками сформували гібриди: F1(Низькоросле 93с x Карликове 45) — 65,2 т/га, F1(Ранне776с x Карликове 45) — 61,4 т/га та F1(Дн71с x Карликове 45) — 60,1 т/га. Врожайність гібридів Мамонт та F1(A158 x Карликове 45) була дещо меншою й становила 53,3 і 52,8 т/га відповідно. За середніми показниками врожайності сухої речовини в зеленій масі виділилися: F1(Низькоросле 93с x Карликове 45) — 17,6 т/га та F1(Дн17с x Карликове 45) — 13,8 т/га. За середніми показниками виходу твердого біопалива — F1(Низькоросле 93с x Карликове 45) — 12 т/га, F1(Дн17с x Карликове 45) — 8,2 т/га та F1(Ранне776с x Карликове 45) — 7,9 т/га. Найкращими показниками за виходом енергії виділилися комбінації: F1(Низькоросле 93с x Карликове 45) — 197,7 ГДж/га, F1(Дн71с x Карликове 45) — 135,5 ГДж/га та F1(Ранне 776с x Карликове 45) — 129 ГДж/га. **Висновки.** Високопродуктивні гібриди сорго — це найбільш економічні і енергетично доцільний із заходів для забезпечення сировиною галузь біоенергетики. Гібрид біоенергетичного напрямку використання F1(Низькоросле 93с x Карликове 45), який суттєво відрізняється від стандарту продуктивності та технологічності. Встановлена цінність сорту Карликове 45, як запилювача при створенні гібридів соргових культур для твердого біопалива.

ABSTRACT
UDC633.17:620.925:58
Breeding of sorghum hybrids for solid biofuel

Nosov M. H.

Purpose. Today, the search, research and implementation of new technologies for the production of solid fuel is important for the agro-industrial complex and renewable energy. Sorghum is considered as a strategic crop in the provision of feedstock for bioenergy and reclamation of degraded soils. The purpose of the study was to study and select the material for the creation of high-yielding hybrids of sugar and grain sorghum for the production of solid biofuel. **Materials and methods.** The two-year results of the sorghum variety test at the Synelnykivska Experimental Station are highlighted. 68 samples were studied. They had a yield of green mass in the range of 23–79 t/ha. **Results.** F1 hybrids (Nyzk.93s x Karlykove 45) formed the highest average yield of green mass — 65.2 t/ha; F1(Early776s x Karlykove 45) — 61.4 t/ha and F1(Dn71s x Karlykove 45) — 60.1 t/ha. The yield of hybrids Mammoth and F1(A158x Karlykove 45) was slightly lower, and amounted to 53.3 and 52.8 t/ha, respectively. F1 (Nyzkorosle 93s x Karlykove 45) stood out according to the average yield of dry matter of green mass — 17.6 t/ha; F1 (Dn17s x Karlykove 45) — 13.8 t/ha. According to the average indicators of the yield of solid fuel from 1 ha, the combinations F1 (Nyzk.93s x Karlykove 45) were the best — 12 t/ha; F1 (Dn17s x Karlykove 45) — 8.2 t/ha; F1 (Early 776s x Karlykov 45) — 7.9 t/ha. The best indicators in terms of energy output were the following combinations: F1(Low 93s x Karlykove 45) — 197.7 GJ/ha, F1(Dn71s x Karlykove 45) — 135.5 GJ/ha, F1(Early 776s x Karlykove 45) — 129 GJ/ha. **Conclusions.** High-yielding sorghum hybrids are the most economical and energetically expedient measures to provide feedstock for the bioenergy industry. A selected hybrid for the bioenergy application F1 (Nyzkorosle 93s x Karlykove 45) differs from the standard in terms of productivity and manufacturability. The value of the Karlykove 45 variety as a pollinator for the creation of hybrids for solid biofuel was also clarified. The agricultural sector of Ukraine has enough potential resources for biofuel production.

Keywords: bioenergy, solid biofuel, yield, green mass, dry matter.

УДК 630.620.952

ВПЛИВ ВИДУ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СТВОРЕННЯ НАСАДЖЕНЬ ТОПОЛІ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

КИРИЛКО Я.О. -

аспірант¹,
ФУЧИЛО Я.Д. ^{1,2} -

*доктор сільськогосподарських наук,
професор,*
¹Інститут біоенергетичних культур і
цукрових буряків НААН України, м. Київ
*²Малинський фаховий коледж, с. Гамарня
Житомирської області*

Постановка проблеми. Кліматичні зміни у бік ксерифікації клімату України і світу спричиняють до необхідності пошуку нових систем аграрного бізнесу. ФАО визнає, що питання сталого землекористування, потребує серйозного коригування у більшості країнах. Перспектива розвитку аграрної сфери на період до 2030 року визначає не лише цілі у сфері сталого розвитку, а й пропонує ефективні засоби їх досягнення (Burgess et al., 2018; Moreno et al., 2018). У процесі використання земельних ресурсів зростання ризику кризових явищ як на регіональному, так і на глобальному рівнях, спричиняє звернути особливий акцент на питання їх ефективного використання (Yukhnovsky et al., 2019; Ivanuk et al., 2022)

G. Moreno et al. (2018) вказують, що оптимізація аграрного виробництва має важливе значення з точки зору виробництва необхідної кількості

продовольства та підвищення стійкості сучасних систем землеробства до існуючих викликів.

Важливим напрямком сталого та раціонального використання земельних ресурсів можна вважати агролісівництво — одночасне вирощування на сільськогосподарських землях традиційних культур і деревних рослин. Дослідження M. L. Augère-Granier (2020) вказує на здатність більших чи менших груп деревних рослин покращувати, стабілізувати стан оточуючого середовища, контролювати негативний вплив несприятливих явищ природи та антропогенного впливу. Його автори наголошують, що агролісівництво — це тип екологічно орієнтованого землеробства, що поєднує деревну рослинність із об'єктами сільськогосподарської діяльності (с.-г. культурами або тваринами) для підвищення економічної та екологічної ефективності агроландшафтів. Воно може забезпечити збільшення виробництва біомаси з гектара в середньому на 40%, завдяки збільшенню площі листової поверхні на 1 га, що забезпечує вищу ефективність використання сонячної енергії, порівняно з ділянками без дерев (Mosquera-Losada et al., 2012; Mosquera-Losada et al., 2012).

За даними K. Kovács & A. Vityi (2019) та S. Fahad et al. (2022) одним

з основних типів агролісівництва є лісопольові угіддя (silvoarable) — вирощування сільськогосподарських (садових) культур у міжряддях алей дерев певної ширини. При цьому, деревина та плоди дерев є додатковою продукцією, яка підвищує економічні показники, без істотного скорочення основного урожаю сільськогосподарських культур.

Європейські дослідники, розглядаючи системи агролісівництва різних країн Європи, види дерев, що при цьому використовуються, якість деревини, виробленої в цих системах, а також аналізуючи поточні цілі підтримки та практики Європейського Союзу для агролісівництва, вказують, що агролісомеліораційні проекти мають важливе значення і потребують подальшого ретельного дослідження, яке може призвести до поширення систем агролісомеліорації в Європі. Вони відіграватимуть важливу роль у зменшенні дефіциту деревини. При цьому, серед найважливіших деревних видів у європейській агролісомеліорації вважаються горіх чорний і тополя (Báder, Németh, Vörös, et al., 2023; Kovács, Vityi, 2019).

Більшість дослідників (Bayala & Prieto, 2020; Nicolescu et al., 2020; Sziget & Vityi, 2019) вказують також на високу ефективність агролісівництва