

## СОРГО – ЕКОНОМІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РЕСУРС ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

**О. В. Яланський**, кандидат сільськогосподарських наук;

**В. І. Серета**

*ДУ Інститут зернових культур НААН України*

*Висвітлено переваги цукрового сорго як біоенергетичної культури при створенні стабільної бази сировини для енергетики. Приведені затрати на вирощування цукрового сорго, виходячи з яких постають завдання для селекції. Визначений напрямок селекційних розробок. Оцінено перспективні гібридні комбінації цукрового сорго: А 326 × Карликове 45; Низькоросле 81с × Силосне 42 (Кріпт); ДН 71с × Карликове 45 (Фенікс); Кафрське кормове 186с × Силосне 42 (Ананас), які характеризуються полішеними морфологічними, врожайними та біохімічними властивостями порівняно із сортом-стандартом Силосне 42. Крайні гібридні комбінації цукрового сорго – ДН 71с × Карликове 45 (Фенікс), Кафрське кормове 186с × Силосне 42 (Ананас) та Низькоросле 81с × Силосне 42 (Кріпт) зараз у Державному сортовипробуванні.*

**Ключові слова:** сорго цукрове, селекція, гібрид, гетерозис, стерильні аналоги, фертильні лінії, біоенергетика.

Економічна, соціальна, екологічна й енергетична безпека – основа будь-якої країни, оскільки рівень життя людей і рейтинг держави на світовому ринку залежать повною мірою від неї. Зараз наше суспільство занепокоєне станом енергетичної безпеки. Корисні копалини, які добуваються з надр землі, є лімітованими. В умовах сьогодення потреба в енергоносіях має тенденцію до стрімкого зростання. Тому постає питання щодо комплексного забезпечення населення енергією з джерел, які можуть постійно оновлюватись, адже на землі їх вистарить. Належним чином треба розкривати можливості гідроенергетики, енергії вітру, геліоенергетики та фітоенергетики. Ще в далекому минулому наші пращури навчилися використовувати воду і вітер для отримання необхідної енергії. Класичним прикладом цього є водяні та вітряні млини. Найпривабливішим джерелом енергії є сонячне проміння. Один із способів її акумулювання – використання сонячних батарей (фотоелектричних перетворювачів). Їх можна встановлювати на кузов автомобіля, крила літака, дах будинку (вирішення проблеми з освітленням вулиць), в ліхтарик. За 30 років експлуатації елемента з вмістом 1 кг кремнію (матеріал для виробництва сонячних батарей) можна отримати стільки ж електроенергії, як із 100 т нафти на тепловій станції.

Природним акумулятором сонячної енергії є рослини. 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 [1].

Фітоенергетика може забезпечити виробництво біогазу, біодизелю, біоетанолу, бута-нолу й твердого біопалива [2]. Культурою, яка здатна забезпечити фітоенергетику сировиною, на території України є цукрове сорго [3].

Цукрове сорго характеризується високою стійкістю до абіотичних і біотичних факторів довкілля, тому має стати ресурсом сировини в зонах ризикованого сільськогосподарського виробництва. Крім того, воно вирізняється широким фенотипічним і генетичним різноманіттям. Стабільне отримання високих якісних врожаїв цукрового сорго можливе завдяки гетерозисній селекції в цьому напрямку.

Використання ефекту гетерозису – це перспективний напрямок різкого збільшення врожаю цукрового сорго. Для успішного розвитку гетерозисної селекції сорго важливого значення набуває правильне використання видового різноманіття цієї культури.

Гетерозис безпосередньо пов'язаний з виникненням і вдосконаленням у процесі еволюції способу перехресного запилення [4]. Природний добір протягом багатьох століть створював чимало обмежень для гомозиготності і так само багато пристосувань для прояву гетерозиготності. Гетерозис проявляється у вигляді посилення ростових процесів та обміну речовин, збільшення урожайності зеленої маси. Для гетерозисних гібридів характерний швидкий ріст та розвиток на початкових фазах вегетації. В процесі гетерозису далеко не завжди відбувається поліпшення всіх властивостей і ознак рослин – одні з них можуть про-являтися сильніше, а інших взагалі не вдається виявити.

При створенні нових гібридів сорго вагомого значення набуває успішний добір бать-ківських форм. Відомо, що гетерозис максимально проявляється у першому поколінні і має тенденцію до затухання в дальших поколіннях.

Головними показниками при визначенні господарської цінності гібридів цукрового сорго є урожайність зеленої маси, зерна та вміст цукру в сокові. Тобто необхідна оцінка прояву ефекту гетерозису вихідного матеріалу за цими показниками.

### **1. Ефекти істинного гетерозису за показником урожайність зеленої маси в сухій речовині (середнє 2010–2012 рр.)**

Вихідна форма	Силосне 3 раннє	Саджи	Карликове 45	Силосне 42	Середній показник стерильної лінії
ДН 5с	67,3	13,9	90,5	-8,8	40,73
ДН 13с	-25,4	18,5	14,6	-29,2	-5,38
ДН 17с	-	93,3	47,1	-9,0	43,80
ДН 23с	27,8	28,4	164,1	-37,9	45,60
ДН 27с	76,1	45,2	81,3	-30,5	43,03
ДН 31с	74,0	60,8	-	-21,0	37,93
ДН 37с	31,0	-3,5	92,0	-35,7	20,95
ДН 39с	69,3	16,3	90,2	-11,0	41,20
ДН 41с	-	29,0	47,6	-35,0	13,87
ДН 57с	-	34,0	3,8	2,4	13,40
ДН 71с	44,3	65,0	175,5	-28,0	64,20
А 326	63,5	81,2	158,7	13,8	79,30
Низькоросле 81с	25,4	64,6	78,6	27,6	49,05
Низькоросле 93с	39,8	39,2	88,3	-19,7	36,90
ГОС 11с	-36,2	41,1	46,4	-	17,10
Кафрське раннє 2с	62,1	69,2	-	-25,1	35,40
Кафрське кормове 186с	85,9	63,7	62,3	23,9	58,95
Середній показник запилювача	43,21	44,70	82,73	-13,95	-

Найбільше на цінність селекційного матеріалу вказує істинний гетерозис (відносно кращої батьківської форми) і трансгетерозис (до стандарту). В таблиці 1 наведені ефекти прояву істинного гетерозису за показником урожайність зеленої маси в сухій речовині.

Як видно з таблиці 1 кращим проявом ефекту істинного гетерозису відзначалися гіб-ридні комбінації ДН 71с × Карликове 45 (175,5 %) та ДН 23с × Карликове 45 (164,1 %). Аналізуючи середні показники стерильних ліній, слід відмітити, що всі вони, окрім ДН 13с, проявили позитивний гетерозис за цією ознакою. Найбільший прояв гетерозису спостері-гався у лінії А326 (79,3 %), ДН71с (64,2 %) та Кафрське кормове 186с (58,95 %). Серед запилювачів позитивним гетерозисом вирізнявся сорт Карликове 45 (82,73 %), а сорт Силос-не 42 – негативним (-13,95 %).

При створенні високоврожайних гібридів цукрового сорго найбільш достовірною з практичної точки зору є оцінка вихідного матеріалу і гібридів першого покоління за величиною трансгетерозису. Трансгетерозис (конкурсний) вказує на перевищення тієї чи іншої ознаки гібрида над стандартом (табл. 2).

**2. Ефекти трансгетерозису за показником урожайності зеленої маси в сухій речовині  
(середнє за 2010–2012 рр.)**

Вихідна форма	Силосне 3 раннє	Саджи	Карликове 45	Силосне 42	Середній показник стерильної лінії
ДН 5с	-22,2	-42,5	-14,0	-8,1	-21,70
ДН 13с	-25,4	-40,2	-48,3	-29,1	-35,75
ДН 17с	-	-2,4	7,5	-9,0	-1,30
ДН 23с	-40,6	-35,1	-26,0	-37,9	-34,90
ДН 27с	-18,1	-26,7	-18,2	-30,5	-23,38
ДН 31с	-19,1	-18,8	-	-21,0	-19,63
ДН 37с	-39,1	-51,3	-13,4	-35,7	-34,88
ДН 39с	-21,3	-41,3	-14,2	-11,0	-21,95
ДН 41с	-	-34,9	-12,9	-35,0	-27,60
ДН 57с	-	-32,3	-33,6	2,4	-21,17
ДН 71с	-32,9	-16,7	24,3	-28,0	-13,33
А 326	-24,0	-8,5	16,7	13,8	-0,50
Низькоросле 81с	-41,7	-16,9	-19,4	27,6	-12,60
Низькоросле 93с	-35,0	-29,7	-15,1	-19,7	-24,88
ГОС 11с	-46,4	-28,8	3,9	-	-23,77
Кафрське раннє 2с	-24,6	-14,6	-	-25,1	-21,43
Кафрське кормове 186с	-13,6	-17,4	-26,8	23,9	-8,48
Середній показник запилювача	-28,86	-26,95	-12,63	-13,90	-

Практично доведено, що найбільшим ефектом трансгетерозису відносно стандарту відзначаються такі гібридні комбінації: Низькоросле 81с × Силосне 42 (27,6 %), ДН 71с × Карликове 45 (24,3 %) та Кафрське кормове 186с × Силосне 42 (23,6 %).

Практично доведено, що вирощування цукрового сорго є прибутковим і економічно вигідним [5, 6]. Зерно сорго має високу рентабельність виробництва. При дотриманні реко-мендованих технологій вирощування і вчасному проведенні агротехнічних заходів можливо мати урожайність сорго від 4 т/га і вище. При витратах на 1 га близько 4,8 тис. грн і середній ціні реалізації 2,8 тис. грн/т рентабельність вирощування культури може становити близько 50 %. Такий рівень ефективності дає змогу повернути витрачені на вирощування культури кошти та додатково отримати 0,5 грн на кожну гривню, вкладену в її виробництво. Відтак, враховуючи стабільний попит на сорго у світі й Україні, економічні результати його вирощування в перспективі не будуть нижчими за показники попередніх років.

Нами було здійснено порівняльну оцінку основних економічних показників сорту-стандарту та нових перспективних гібридних комбінацій цукрового сорго (табл. 3).

Агротехніка вирощування сорту-стандарту і нового селекційного матеріалу ідентична, однак урожайність зеленої маси різна. Очевидно, неоднаковими були й затрати на збирання зеленої маси [11].

**3. Економічна ефективність вирощування сортів і гібридів цукрового сорго**

Показник	Сорт Силосне 42	ДН 71с × Карликове 45	Кафрське кормове 186с × Силосне 42
Урожайність зеленої маси, т/га	36,20	59,6	48,7
Вартість зеленої маси, грн/га	6009,56	9894,20	8068,09
Прямі виробничі затрати, грн/га	3648,98	4356,76	4466,34
Собівартість зеленої маси, грн/т	100,80	73,1	91,9
Умовно-чистий дохід, грн/га	2360,60	5537,44	3601,75
Рівень рентабельності, %	64,70	127,10	80,64

Найбільші затрати мали місце при вирощуванні перспективного гібрида ДН 71с ×

Карликове 45, що перш за все пов'язане з великими затратами на збирання зеленої маси. Затрати на вирощування нового гібрида цукрового сорго більші на 707,78 грн/га порівняно зі сортом-стандартом Силосне 42. Однак завдяки більшій урожайності зеленої маси даного гібрида (на 23,4 т/га порівняно зі стандартом) її собівартість знизилась на 27,7 грн/т.

Найбільший рівень рентабельності був при вирощуванні перспективного гібрида Дн 71с × Карликове 45 – 127,1 %, дещо менший – Кафрське кормове 186с × Силосне 42 – 80,6 %, а стандарту Силосне 42 – 64,7 %.

В сучасних умовах виробництво сільськогосподарської продукції повинно базуватися не лише на принципах економічної ефективності, але й на зменшенні затрат енергії на одиницю отриманої продукції. У наших дослідженнях енергетичну оцінку вирощування цукрового сорго ми проводили з врахуванням таких показників, як затрати сукупної енергії на вирощування культури, вміст обмінної енергії в урожаї зерна і зеленої маси, а також енергетичного коефіцієнта вирощування сорго (табл. 4).

#### 4. Біоенергетична оцінка сортів і гібридів цукрового сорго (середнє 2010–2012 рр.)

Показник	Сорт Силосне 42	Дн 71с × Карликове 45	Кафрське кормове 186с × Силосне 42
Урожайність зерна (сухого), т/га	2,81	5,18	5,16
Урожайність зеленої маси (сухої) т/га	18,19	26,68	24,56
Валова енергія, МДж/га	357,99	450,98	415,16
Енергетичний коефіцієнт вирощування сорго	14,64	18,44	16,97

Розрахунки валової енергії (ВЕ), акумульованої при вирощуванні сортів і гібридів цукрового сорго обчислюють з врахуванням урожаю як зерна, так і сухої зеленої маси [11]. Так, найбільший вміст валової енергії в отриманому зерні і зеленій масі був характерний для гібрида Дн 71с × Карликове 45 – 450,985 МДж/га.

Сорт Силосне 42 забезпечив вихід валової енергії на рівні 357,991 МДж/га, а гібрид Кафрське кормове 186с × Силосне 42 – 415,157 МДж/га. При цьому енергетичний коефіцієнт вирощування сорту Силосне 42 становив 14,64, гібрида Кафрське кормове × Силосне 42 – 16,97 і найбільші його значення були у гібрида Дн 71с × Карликове 45 – 18,44.

Нові перспективні гібриди цукрового сорго – Дн 71с × Карликове 45 (Фенікс) і Кафрське кормове × Силосне 42 (Ананас) – зараз у Державному сортовивченні Українського інституту експертизи сортів рослин. На основі попередньої їх оцінки можна зробити такі висновки:

1. Вирощування нових перспективних гібридів цукрового сорго, таких як Дн 71с × Карликове 45; Кафрське кормове 186с × Силосне 42, є прибутковим та економічно вигідним. Рівень рентабельності становить 80,7–127,1 %.

2. Енергетичні коефіцієнти вирощування нових гібридних комбінацій цукрового сорго становлять 16,97–18,44.

3. Наукові дослідження в області гетерозисної селекції – фундаментальні та прикладні – лежать в основі багатьох досягнень як вже реалізованих, так і майбутніх. Вирощування адаптованих високопродуктивних гібридів цукрового сорго – це найбільш доцільний з економічної і енергетичної точки зору захід для забезпечення фітоенергетики сировиною.

#### Бібліографічний список

1. Гэлстон А. Жизнь зеленого растения / А. Гэлстон, П. Девис, Р. Сэттер / Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 552 с.
2. Калетник Г. М. Развитие рынка биопалив в Украине [моногр.] / Г. М. Калетник. – К.: Аграр. наука, 2008. – 464 с.

3. *Жученко А. А.* Адаптационный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы) / *А. А. Жученко.* – Кишинев: Штиинца, 1999. – 768 с.
4. *Иванюкович Л. К.* Ботанический журнал СССР / *Л. К. Иванюкович, Ю. А. Доронина.* – 1979. – Т. 64, № 14. – С. 1672–1673.
5. *Каражбей Г. М.* Стан і перспективи сорго зернового в Україні / *Г. М. Каражбей* // Селекція і насінництво. – 2011. – Вип. 101. – С. 150–155.
6. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти / [*А. В. Черенков, М. С. Шевченко, Б. В. Дзюбецький та ін.*]. – Дніпропетровськ, 2011. – 64 с.
7. *Серета В. І.* Принципи добору гібридів при селекції цукрового сорго для кормовиробництва / *В. І. Серета* // Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва степ. зони НААН України. – Дніпропетровськ, 2011. – № 1. – С. 87–91.
8. *Серета В. І.* Впровадження селекційних розробок цукрового сорго у кормовиробництво / *В. І. Серета* // Зрошуване землеробство: [міжвід. темат. наук. зб.] – Херсон: Айлант, 2012. – Вип. 58. – С. 146–148.
9. *Серета В. І.* Перспективи впровадження високопродуктивних гібридів цукрового сорго у біоенергетику / *В. І. Серета, О. В. Яланський, С. М. Остапенко* // Зб. наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2014. – № 19. – С. 124–127.
10. Перспективні зразки кормового сорго / [*В. І. Серета, О. В. Яланський, С. М. Остапенко та ін.*] // Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва степ. зони НААН України. – Дніпропетровськ, 2014. – № 6. – С. 98–102.
11. *Зінченко О. І.* Рослинництво: [підруч.] / *О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко;* за ред. *О. І. Зінченка.* – К.: Аграр. освіта, 2003. – 592 с.