

**ДЕРЖАВНА УСТАНОВА ІНСТИТУТ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

СЕРЕДА ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ

УДК 633.174:631.527

**ГЕТЕРОЗИСНА СЕЛЕКЦІЯ
СОРГО ЦУКРОВОГО В УМОВАХ СТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.05 – селекція і насінництво

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Державній установі Інститут зернових культур НААН України

Науковий керівник: кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник **Яланський Олександр Володимирович**, Державна установа Інститут зернових культур НААН України, завідувач лабораторії селекції соргових культур

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор, **Ващенко Володимир Васильович**, Дніпровський державний аграрно-економічний університет МОН України, завідувач кафедри селекції і насінництва;

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник **Полякова Ірина Олексіївна**, Запорізький національний університет МОН України, доцент кафедри садово-паркового господарства та генетики

Захист відбудеться «14» травня 2021 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.353.01 при ДУ Інститут зернових культур НААН України за адресою: 49009, м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського, 14; тел. (0562) 36-26-18.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДУ Інститут зернових культур НААН України за адресою: 49009, м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського, 14.

Автореферат розісланий «13» квітня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

Дудка М. І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* L.) – цінна харчова, кормова і технічна культура. Базовим матеріалом для одержання нових гібридів сорго цукрового є вихідний матеріал у вигляді стерильних ліній та сортів запилювачів.

Одним із головних методів гетерозисної селекції сорго на сучасному етапі є гібридизація стерильних ліній і сортів на фертильній основі з наступним індивідуальним доббором за головними господарсько-цінними ознаками. Проте цей метод недостатньо ефективний, особливо, коли це стосується якісних ознак селекційного матеріалу, таких як вміст цукрів у соку в стеблах та крохмалю в зерні сорго цукрового.

Для повноцінного використання вихідного матеріалу сорго цукрового у селекційних програмах необхідна всебічна його оцінка за комбінаційною здатністю та господарсько-цінними ознаками.

Наукова література відносно створення гібридів сорго цукрового різних напрямів використання на сьогодні майже відсутня. Тому розробка нових підходів під час створення таких гібридів прискорить селекційний процес, дозволить більш ефективно використати вихідний матеріал і є досить актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконувались згідно тематичного плану лабораторії селекції соргових культур ДУ Інститут зернових культур НААН України відповідно з державними науково-технічними програмами ПНД 22 «Біосировина» за завданням 22.02.02.02 Ф «Розробити теоретичні основи створення сортів і гібридів сорго цукрового з підвищеними врожайними та якісними ознаками, як джерело біологічної цукровмісної сировини для виробництва біоетанолу» (2011–2015 рр.) номер державної реєстрації 0111U004710; ПНД 14 «Технології вирощування зернових культур. Селекція кукурудзи та сорго» за завданням 14.01.00.10 Ф «Розробити теоретичні основи і методологію створення нових гібридів соргових культур для забезпечення потреб біоенергетичного сектору України» (2016–2020 рр.), номер державної реєстрації 0116U001242; ПНД 16 «Біоенергетичні ресурси» за завданням 16.00.01.10 Ф «Дослідити вміст цукру в рослинах сорго в залежності від насіннєвої продуктивності» (2017 р.), номер державної реєстрації 0117U001270.

Мета і задачі досліджень. Мета досліджень полягала в оцінці та доборі вихідного матеріалу сорго цукрового за комплексом господарсько-цінних ознак та створенні високопродуктивних гібридів цукрового сорго.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

- оцінити стерильні лінії, сорти, гібриди сорго цукрового за тривалістю вегетаційного періоду та іншими селекційними ознаками;
- визначити загальну і специфічну комбінаційну здатність ліній сорго цукрового, за основними господарсько-цінними ознаками;
- охарактеризувати взаємозв'язок між основними господарсько-цінними ознаками у гібридів сорго цукрового;

- встановити ступінь гетерозису у гібридів сорго цукрового;
- створити нові гібриди сорго цукрового та провести їхню всебічну оцінку за господарсько-цінними ознаками;
- провести економічну та енергетичну оцінку вирощування нових гібридів сорго цукрового.

Об'єкт дослідження – процес створення гібридів сорго цукрового та оцінка їх за морфологічними та основними господарсько-цінними ознаками.

Предмет дослідження – гетерозисна селекція сорго цукрового в умовах Степу України.

Методи дослідження – загальнонаукові: аналіз, синтез, індукція і дедукція, узагальнення і систематизація. Спеціальні: польові (дослідження біологічних і технологічних питань), візуальний (встановлення фізіологічних фаз розвитку рослин), лабораторні (біометричні дослідження, хімічні аналізи, визначення параметрів елементів структури урожаю і урожайності), розрахунково-порівняльний (визначення економічної та енергетичної ефективності нового вихідного матеріалу сорго цукрового), математично-статистичні (дисперсійні і кореляційний аналізи), спеціальні селекційні методи (гібридизація, відбір та оцінка вихідного матеріалу).

Наукова новизна одержаних результатів. *Уперше* в умовах Степу України здійснено добір батьківських компонентів для селекції гібридів сорго цукрового енергетичного напрямку використання.

Проведено комплексну оцінку за основними селекційними ознаками нового вихідного матеріалу сорго цукрового та виділено зразки з високим вмістом цукрів у соку рослин. Визначено показники істинного гетерозису та трансгетерозису стосовно господарсько-цінних ознак у гібридів в умовах Степу України.

Зроблено розрахунок економічної та енергетичної ефективності вирощування нових гібридів сорго цукрового.

Удосконалено: методику добору батьківських компонентів для гетерозисної селекції сорго цукрового.

Набули подальшого розвитку наукові положення у створенні гібридів кормового та біоенергетичного напрямку використання сорго цукрового.

Практичне значення одержаних результатів. Відібрано вихідний матеріал для створення гібридів біоенергетичного та кормового напрямку використання. Створено 4 гібриди сорго цукрового з яких два – джерела цукроносною сировини для виробництва біоетанолу, один – кормового напрямку, один – для виробництва твердого палива (пелети, брикети та ін.). Два гібрида занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні: 1. Свідотцтво про авторство на сорт рослин № 170858 – Ананас (авторство 20%) в реєстрі з 2018р, 2. Свідотцтво про авторство на сорт рослин № 190528 – Гулівер (авторство 20%) в реєстрі з 2019р. Також гібрид Вітам передано до Державного сортовипробування в 2020 році.

Особистий внесок здобувача. Полягав у плануванні та проведенні польових, лабораторних і біохімічних досліджень, опрацюванні вітчизняної і зарубіжної літератури за темою дисертаційної роботи. Автором було зроблено аналіз і узагальнення результатів дослідів, систематизацію, статистичну обробку,

формування висновків і пропозицій, а також підготовку до друку. Публікації виконано як самостійно, так і в співавторстві. Частка участі здобувача у написанні статей складає 20–75 %; у авторстві на гібриди сорго цукрового – 20 %. У наукових роботах опублікованих у співавторстві, права співавторів не порушено.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи щорічно доповідались і обговорювались на науково-методичних радах ДУ ІЗК НААН України (2010–2013 рр.), підсумки дослідної роботи оприлюднювались на шести конференціях: «Високоєфективні технології – шлях до стабілізації аграрного виробництва», (м. Чабани, 28–30 листопада 2011 р.); International research and practice conference (Dnipro, 30th July – 7 August. 2014); «Роль наукових досліджень в забезпеченні процесів інноваційного розвитку аграрного виробництва України» (ДУ ІЗК НААН України, Дніпро, 25–26 травня 2016 р.); «Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату» (ДУ ІЗК НААН України, м. Дніпро 25–26 травня 2017 р.); «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» (м. Умань, 26 червня 2019 р.);

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 25 наукових праць, з яких 12 публікацій – у наукових фахових виданнях, у т.ч. 2 – у міжнародних, 5 тез – у збірниках наукових конференцій, 4 – науково-методичні рекомендації, 4 – публікації у науково-популярних виданнях, отримано 2 авторські свідоцтва на гібриди сорго цукрового.

Структура та обсяг дисертації. Дисертацію викладено на 157 сторінках комп'ютерного тексту. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, рекомендацій, списку використаних джерел (252 найменування, з яких – 75 латиницею). Роботу проілюстровано 28 таблицями, 3 рисунками та 6 додатками.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Створення вихідного матеріалу для селекції сорго цукрового (огляд літератури). У розділі висвітлено результати аналізу джерел світової та вітчизняної літератури за темою досліджень, показано, що в умовах енергетичної та екологічної кризи однією з найперспективніших кормових, харчових і енергетичних культур є сорго цукрове, яке є посухостійкою, солетривкою та непримхливою до ґрунтів культурою. Одним з нових напрямів його використання є виготовлення зневоднених кормів у вигляді гранул і брикетів. Різноманітне використання стало основою популярності сорго в багатьох країнах світу. Необхідним є подальше вдосконалення і розширення генетичного фонду сорго цукрового.

Наведено факти залучення плазми батьківських форм різного еколого-географічного походження як багатообіцяючого і перспективного методу для створення високопродуктивних гібридів у результаті підвищення рівня гетерозису. Наявні літературні відомості з селекції сорго цукрового, доводять перевагу гібридного сорго над сортами як за кількісними, так і за якісними ознаками. Проте існує необхідність подальшого дослідження та розширення генетичного потенціалу вихідних форм за використання їх для отримання високопродуктивних гібридів з високою стійкістю до стресових факторів.

Умови, вихідний матеріал та методики проведення досліджень. Досліди проводили на Синельниківській селекційно-дослідній станції Інституту зернового господарства НААН України (нині Державна установа Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України), яка знаходиться в Дніпропетровській області і відноситься до північної підзони Степу України.

За багаторічними даними Синельниківської агрометеостанції, середньорічна температура повітря складає 8,7 °С, а середньорічна сума опадів – 496 мм. Основна частина опадів (68 % річної) надходить впродовж теплого періоду (квітень – жовтень), але переважно зливовий характер дощів у цей час дещо знижує їхню ефективність.

Сума ефективних температур, вищих за 10 °С, у районі розташування дослідної станції складає 2900–3000 °С, а тривалість безморозного періоду – 165–170 діб. Південно-східні вітри за рік приносять пересушені маси повітря і нерідко викликають сильні посухи.

Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений легкосуглинковим чорноземом звичайним. Вміст гумусу в орному шарі (0–30 см) становить 3,8 %. Запаси поживних речовин становлять: загальний вміст азоту – 0,21–0,26 % (за К'ельдалем), рухомого фосфору – 0,14–0,16 % та обмінного калію – 2,3–2,5 % (за Чириковим).

Погодні умови вегетаційного періоду 2010 р. були посушливими і жаркими, що несприятливо позначилося на розвитку сорго цукрового, 2011 р. – навпаки, сприятливими для розвитку сорго цукрового, а 2012 р. – на рівні середньобагаторічних показників.

Вихідний матеріал. Для роботи було залучено 17 стерильних ліній сорго, з яких – 13 зернового типу ДН 5с, ДН 13с, ДН 23с, ДН 27с, ДН 37с, ДН 39с, ДН 41с, ДН 57с, А 326, Низькоросле 93с, Кафрське раннє 2с, ДН 71с, Низькоросле 81с та чотири стерильні лінії сорго цукрового – ГОС 11с, Кафрське кормове 186с, ДН 31с, ДН 17с. Запилювачами виступили три сорти сорго цукрового Силосне 3 покращене, Силосне 42 та Саджи, а також один сорт сорго технічного (віничного) – Карликове 45. За стандарт був взятий сорт Силосне 42.

Методика проведення досліджень. Польові досліди проводили в селекційній сівозміні лабораторії селекції соргових культур ДУ ІЗК НААН України. Сорго цукрове висівали у різних розсадниках відповідно до схеми селекційного процесу: колекційному, селекційному, конкурсному сортовипробуванні. Попередник під культуру був загальноприйнятий для зони Степу – пшениця озима.

Комбінаційну здатність стерильних ліній сорго вивчали в системі аналізуючих схрещувань (топкросів) з використанням чотирьох тестерів: Силосне 3 раннє, Саджи, Карликове 45 та Силосне 42.

У результаті схрещувань 17 ліній з цитоплазматичною чоловічою стерильністю з чотирма тестерами було одержано 62 гібриди сорго цукрового. Досліди проводили в чотириразовій повторності, площа ділянок – 25 м². Збирали врожай вручну, з подальшим зважуванням.

Визначали вміст сухої речовини. Морфологічні та кількісні ознаки визначали і обліковували за методикою проведення експертизи рослин на відмінність, однорідність і стабільність цукрового сорго.

Площа ділянок у попередньому сортовипробуванні складала 14 м², у розсаднику вивчення комбінаційної здатності – 7 м², повторність у досліді – триразова. Досліджували структуру урожаю (кількість листків, стебел, масу зерна і вміст цукрів у соку стебел).

Вміст цукрів визначали за допомогою рефрактометра у фазі наливу зерна. Сік виділяли для аналізу із третього зверху міжвузля стебла. Комбінаційну здатність та статистичний аналіз сорго цукрового – за методикою запропонованою Г. К. Дремлюком і В. Ф. Герасименко (1991 р.).

Створення та добір вихідного матеріалу для селекції сорго цукрового.
Оцінка гібридів першого покоління за проявом гетерозису. Урожайність зерна є також однією з основних ознак під час оцінки гібридів сорго цукрового (табл. 1).

Таблиця 1

Ефекти істинного гетерозису за ознакою «врожайність зерна» у сорго цукрового, % (2010–2012 рр.)

Материнська форма	Тестери запилювачі				$\bar{x}$ стерильної лінії
	Силосне 3 раннє	Саджи	Карликове 45	Силосне 42	
ДН 5с	39,9	230,3	89,0	94,5	113,4
ДН 13с	13,3	204,2	63,0	38,0	79,6
ДН 17с	–	115,3	-25,9	-19,0	23,4
ДН 23с	-42,1	119,3	45,7	63,6	46,6
ДН 27с	70,1	182,2	39,0	35,7	81,7
ДН 31с	273,8	205,3	–	23,8	167,6
ДН 37с	23,7	124,9	69,5	34,9	63,2
ДН 39с	50,2	177,3	86,2	132,5	111,5
ДН 41с	–	108,2	-26,1	13,3	31,8
ДН 57	–	190,0	26,0	14,4	76,8
ДН 71с	7,6	265,3	-18,5	8,9	65,8
А 326	51,1	130,2	-27,1	-12,4	35,4
Низькоросле 81с	-23,0	170,0	-16,0	20,6	37,9
Низькоросле 93с	41,0	-24,4	20,6	84,7	30,4
ГОС 11с	315,1	152,0	-16,3	–	150,2
Кафрське раннє 2с	-13,9	156,2	–	15,7	52,6
Кафрське кормове 186с	20,9	204,0	-38,6	52,1	59,6
$\bar{x}$ запилювача	59,12	159,43	18,03	37,58	–
НІР _{0.05}	4,2	3,3	5,6	7,1	–

$\bar{x}$ – середнє арифметичне

Гетерозис у сорго проявляється за всіма ознаками, але максимальний його ефект спостерігається за врожайністю зерна. Це обумовлено більшою кількістю

зерен на волоті в порівнянні з кращою батьківською формою, що свідчить про значно краще запилення у гібридних рослин.

У наших дослідках найбільший ефект гетерозису був пов'язаний з урожайністю зерна, що вказує на можливість отримання у гібридів сорго цукрового не тільки високої врожайності зеленої маси, а й значної частки зерна в ній.

Високим рівнем гетерозису за ознакою врожайність зерна характеризувались комбінації ГОС 11с × Силосне 3 раннє (315,1 %), ДН 31с × Силосне 3 раннє (273,8 %), ДН 71с × Саджи (265,3 %), ДН 5с × Саджи (230,3 %).

Оцінюючи стерильні лінії за середнім рівнем гетерозису відносно врожайності зерна, виділили кращі серед них: ДН 31с (167,6 %), ГОС 11с (150,3 %), ДН5с (113,4 %) та запилювач Саджи (159,4 %).

Гібриди характеризувалися значним підвищенням фотосинтетичної активності і, в результаті, високим ефектом гетерозису за врожайністю зерна, перевищуючи врожайну вихідну форму в 1,5–2 рази. Найкращий ефект досягався за умови міжвидових схрещувань кафрського та хлібного сорго, а також негритянського з кафрським та гвінейським, при цьому ознаки гетерозису змінювалися в межах 110–150 %.

Також найбільш вагомим критерієм оцінки гібридів сорго цукрового є вміст цукру в соку стебел. Як видно з наведених результатів досліджень, позитивний гетерозис за цією ознакою майже не проявляється (табл. 2).

Таблиця 2

Ефекти істинного гетерозису за ознакою «вміст цукру» в соку стебел у сорго цукрового, % (2010–2012 рр.)

Стерильні лінії	Тестери запилювачі				$\bar{x}$ стерильної лінії
	Силосне 3 раннє	Саджи	Карликове 45	Силосне 42	
ДН 5с	-13,7	-35,9	-30,3	-25,1	-26,2
ДН 13с	-22,5	-27,7	-42,1	-4,9	-24,3
ДН 17с	–	-36,0	-31,5	-13,0	-26,8
ДН 23с	-16,2	-29,4	-21,4	-23,7	-22,6
ДН 27с	-20,3	-6,7	9,4	-5,3	-5,7
ДН 31с	2,0	-5,4	–	-22,5	-8,6
ДН 37с	3,1	26,5	7,6	-28,2	2,2
ДН 39с	-14,6	-29,0	-29,0	-13,8	-21,6
ДН 41с	–	-21,7	-4,8	-12,6	-13,0
ДН 57	–	-47,6	-74,3	-23,9	-48,6
ДН 71с	-13,5	-9,2	-16,5	-25,8	-16,2
А 326	-10,4	-34,4	-6,6	11,1	-10,0
Низькоросле 81с	-21,4	-13,3	53,7	-10,9	2,03
Низькоросле 93с	-18,0	-25,3	-13,3	-38,1	-23,6
ГОС 11с	-21,0	3,0	10,6	–	-2,4
Кафрське раннє 2с	-15,2	-46,2	–	-1,5	-20,9
Кафрське кормове 186с	-16,5	-33,5	-4,0	5,3	-12,1
$\bar{x}$ запилювача	-14,16	-21,87	-12,83	-14,56	–
НІР _{0.05}	4,5	5,2	3,8	2,7	–

Проте, все ж було виділено гібридні комбінації, у яких гетерозис мав місце: Низькоросле 81с × Карликове 45 (53,7 %), А 326 × Силосне 42 (11,1 %) ГОС 11с × Карликове 45 (10,6 %). Також треба відмітити стерильні лінії ДН 37с (2,3 %) та Низькоросле 81с (2,0 %), які мали позитивний невисокий гетерозис за цією ознакою в схрещуваннях за їхньої участі.

Оцінка вихідного матеріалу за комбінаційною здатністю.

Практично доведеним вважається ефективність оцінки комбінаційної здатності самозапиленних ліній, з її допомогою створено велику кількість гібридів, виділені цінні інбредні лінії.

У наших дослідженнях високою стабільною комбінаційною здатністю ознаки «врожайність зеленої маси» за два роки виділялися лінії: ДН 5с, ДН 31с, ДН 71с та ДН 39с. У деяких ліній відзначено варіювання ЗКЗ відносно цієї ознаки за роками.

За ознакою «врожайність зерна», лінія ГОС 11с у 2010 р. характеризувалась високою комбінаційною здатністю, а у 2011 р. – середньою, а лінія А 326, навпаки. Лінія ДН 39с у 2010 р. проявила середню, а у 2011 р. – високу комбінаційну здатність відносно цієї ознаки.

За ознакою «вміст цукру» виділилася лінія ДН 5с, яка в обидва роки досліджень характеризувалася її високим значенням. У лінії Кафрське кормове 186с високий ЗКЗ за ознакою «вміст цукру» був у 2010 р., середній – у 2011 р. (табл. 3).

Таблиця 3

Ефекти ЗКЗ стерильних ліній сорго цукрового за основними господарськими ознаками

Батьківські форми	Вміст цукру, %		Врожайність зеленої маси, т/га		Врожайність зерна, т/га	
	2010 р.	2011 р.	2010 р.	2011 р.	2010 р.	2011 р.
ДН-5с	1,39 ^B	0,57 ^B	-0,59 ^H	-1,09 ^H	0,56 ^B	1,24 ^B
ДН-31с	0,20 ^C	-0,14 ^H	3,11 ^B	-2,25 ^H	0,47 ^B	0,94 ^B
ДН-37с	1,06 ^B	-0,21 ^H	-0,51 ^H	-0,90 ^H	0,27 ^C	0,23 ^C
ДН-39с	0,32 ^C	-0,14 ^H	2,43 ^B	3,07 ^B	0,21 ^C	0,60 ^B
ДН-71с	0,17 ^C	-0,20 ^H	1,01 ^B	4,49 ^B	-0,51 ^H	-0,60 ^H
А-326	-0,33 ^H	-0,28 ^H	0,44 ^C	5,72 ^B	-0,41 ^H	-1,40 ^H
ГОС-11с	0,40 ^C	-0,19 ^H	1,52 ^B	0,68 ^C	0,19 ^C	0,08 ^C
Кафрське кормове 186с	0,94 ^B	0,14 ^C	-1,23 ^H	2,13 ^B	-0,33 ^H	0,10 ^C
ДН 13с	-0,24 ^H	0,11 ^C	0,35 ^C	0,56 ^C	0,16 ^C	-0,50 ^H
ДН 17с	0,86 ^B	-0,35 ^H	-1,02 ^H	0,48 ^C	-0,30 ^H	0,46 ^B
ДН 23с	0,14 ^C	0,16 ^C	-0,50 ^H	4,85 ^B	0,13 ^C	-0,39 ^H
ДН 27с	0,01 ^H	-0,17 ^H	0,53 ^C	-3,60 ^H	-0,40 ^H	-0,62 ^H
ДН 41с	-0,17 ^H	0,49 ^B	0,38 ^C	0,37 ^C	0,20 ^C	0,22 ^C
ДН 57	0,12 ^C	0,13 ^C	-0,87 ^H	3,74 ^B	0,13 ^C	0,17 ^C
Низькоросле 81 с	0,88 ^B	0,12 ^C	1,08 ^B	-1,50 ^H	0,17 ^C	0,15 ^C
Низькоросле 93 с	0,13 ^C	0,10 ^C	0,34 ^C	-1,88 ^H	0,10 ^C	0,07 ^C
Кафрське раннє 2с	1,35 ^B	-0,32 ^H	-1,08 ^H	0,32 ^C	0,36 ^B	0,01 ^C
НІР _{0.05}	0,15	0,13	0,49	0,70	0,29	0,24

*Висвітлено схему неповних топкросних схрещувань

Примітка: ЗКЗ ліній визначали з використанням 4 тестерів. В – високий рівень ЗКЗ, С – середній рівень ЗКЗ, Н – низький рівень ЗКЗ; сума ефектів ЗКЗ не дорівнює 0, оскільки розрахунки проведено в системі неповних тесткросів.

Щодо тестерів, необхідно зазначити, що високу комбінаційну здатність за ознакою «врожайність зеленої маси» мали Карликове 45, Силосне 3 раннє. У тестера Карликове 45 показники ЗКЗ були високими протягом трьох років досліджень.

У тестера Силосне 3 раннє спостерігали низький показник ЗКЗ у 2010 р. та високий – у 2011 р.

За ЗКЗ відносно врожайності зерна виділили тестери Силосне 3 раннє та Силосне 42, які мали високе значення за цією ознакою у 2010 р. і відповідно низьке і середнє у 2011 р. (табл. 4).

Таблиця 4

Рівень ЗКЗ тестерів сорго цукрового за основними господарськими показниками

Тестери - запилювачі	Вміст цукру		Врожайність зеленої маси (приведено до абсолютно сухої речовини)		Врожайність зерна (приведено до абсолютно сухої речовини)	
	2010 р.	2011 р.	2010 р.	2011 р.	2010 р.	2011 р.
Силосне 3 раннє	0,60	-0,38	-0,20	0,78	-0,97	0,30
Саджи	-0,58	0,67	-0,55	-0,49	0,19	0,32
Карликове 45	-0,13	-0,83	0,93	-0,85	0,60	0,33
Силосне 42	0,11	0,54	-0,18	0,56	0,18	-0,95
НІР _{0.05}	0,32	0,33	0,44	0,25	0,15	0,21

Рівень комбінаційної здатності вихідного матеріалу за біометричними показниками надав можливість більш коректно визначити можливість його використання для створення гібридів того чи іншого напрямку використання.

Кореляційна залежність між ознаками у сортів і гібридів сорго цукрового. Нами було розраховано коефіцієнти кореляції між основними морфологічними та урожайними параметрами у 65 гібридів сорго цукрового: кількість міжвузлів і листків на рослині, кількість міжвузлів та урожайність зеленої маси; діаметр стебла і урожайність зеленої маси; кількість листків і урожайність зеленої маси (табл. 5).

Слід зазначити, тісною була кореляція між показниками: кількість міжвузлів і листків на рослині ($r=0,95$); кількість міжвузлів і урожайність зеленої маси ($r=0,76$); діаметр стебла і урожайність зеленої маси ($r=0,75$); кількість листків і урожайність зеленої маси ($r=0,78$). Решта показників мали середні і низькі значення коефіцієнтів кореляції.

Отже, для отримання високої врожайності зеленої маси сорго цукрового необхідно проводити добір селекційного матеріалу в напрямку підвищеної кількості міжвузлів та листків на рослині, а також за більшого діаметра стебла.

Коефіцієнти кореляції між селекційними ознаками у рослин сорго цукрового, 2010–2012 рр.

Показники	Кількість листків, шт.	Кількість міжвузлів, шт.	Діаметр стебла, см	Врожайність зерна, т/га	Врожайність зеленої маси, т/га	Вміст цукру, %
Кількість листків, шт.	—	0,96	0,05	0,15	0,78	0,12
Кількість міжвузлів, шт.	0,96	—	0,21	0,12	0,76	0,10
Діаметр стебла, см	0,15	0,21	—	0,32	0,75	0,02
Врожайність зерна, т/га	0,35	0,12	0,32	—	0,41	0,13
Врожайність зеленої маси, т/га	0,78	0,76	0,75	0,41	—	0,01
Вміст цукру, %	0,08	0,10	0,02	0,13	0,01	—

Морфо-біологічні та господарські ознаки батьківських форм і нового селекційного матеріалу сорго цукрового. *Тривалість вегетаційного і міжфазних періодів.* Сорго цукрове характеризується повільним ростом надземної частини рослини у перші 30 діб, що призводить до його низької конкурентоспроможності з бур'янами у цей період. Ця особливість – один із основних факторів слабого впровадження цієї культури у виробництво. Тривалість вегетаційного періоду під час оцінки гібридного матеріалу чи сорту завжди стоїть на першому місці. У сорго ця ознака контролюється чотирма генами (Ma_1 , Ma_2 , Ma_3 і Ma_4) і одним модифікуючим комплексом, що впливає на прояв скоростиглості, яка є рецесивною ознакою по відношенню до пізньостиглості.

Слід відмітити й те, що більшість сортів сорго цукрового, занесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні характеризуються пізньостиглістю. Це не сприяє широкому впровадженню їх у виробництво. Тому створення ранньостиглих гібридів у селекції сорго цукрового – один із основних напрямів досліджень. Аналіз тривалості вегетаційного і міжфазних періодів запилювачів сорго цукрового, показав, що усі вони, за винятком Карликове 45, відносяться до пізньостиглих. Детальний аналіз тривалості вегетаційного і міжфазних періодів, створених нами на базі вказаних ліній гібридних комбінацій сорго цукрового, свідчить про те, що найбільш скоростиглими серед них були Кафрське кормове 186 с × Силосне 42 (Ананас) – 133 доби, Низькоросле 81с × Карликове 45 (Вітам) – 130 діб, ДН 71с × Карликове 45 (Фенікс) – 125 діб (табл. 6).

Зменшення тривалості вегетаційного періоду порівняно із сортом-стандартом Силосне 42, відбулося у них за рахунок скорочення тривалості наступних міжфазних періодів: сходи – кушіння, кушіння – вихід у трубку, воскова – повна стиглість.

Таблиця 6

Тривалість вегетаційного і міжфазних періодів кращих комбінацій сорго цукрового, діб (2010–2012 рр.)

Міжфазний період	ДН 13с × Карликове 45	А 326 × Карликове 45	Низькоросле 81с × Карликове 45	ДН 5с × Силосне 42	ГОС 11с × Карликове 45	ДН 39 с × Карликове 45	ДН 57 с × Силосне 42	ДН 71с × Карликове 45	Кафрське кормове 186с × Силосне 42	Силосне 42 (St.)
Сходи — кущіння	25	21	19	21	25	20	27	20	21	28
Кущіння — вихід в трубку	20	17	17	19	20	20	21	18	19	23
Вихід в трубку — викидання волоті	26	25	25	26	25	27	25	24	25	23
Викидання волоті — цвітіння	10	12	10	10	9	10	10	11	10	10
Цвітіння — воскова стиглість	31	25	27	31	36	31	30	27	31	32
Воскова — повна стиглість	30	35	32	35	26	35	36	25	27	29
Вегетаційний період	142	135	130	142	141	143	149	125	133	145

Врожайність гібридних комбінацій. Основними параметрами, які повною мірою доповнюють морфобіологічні властивості рослин сорго цукрового є врожайність зеленої маси, врожайність зерна і вміст цукру. Нами було здійснено облік основних врожайних ознак як у створених гібридів сорго цукрового, так і у сорту-стандарту Силосне 42.

Слід зазначити, що врожайність зеленої маси сорго цукрового за роки досліджень змінювалася в межах з 16,6 до 71,9 т/га. Найвищу врожайність зеленої маси сорт-стандарт Силосне 42 (59,6 т/га) сформував у 2011 р. Мінімальна врожайність зеленої маси була у 2010 р. і змінювалась з 17,4 т/га у гібрида ДН 5с × Силосне 42 до 48,8 т/га — у гібридної комбінації ДН 71с × Карликове 45. Це варіювання можна пояснити більш сприятливими погодними умовами, що склалися для росту і розвитку рослин сорго у 2011 р. (табл. 7).

Вищу середню врожайність зеленої маси мали гібридні комбінації: ДН 71с × Карликове 45 — 59,6 т/га; Кафрське кормове 186с × Силосне 42 — 48,7 т/га; А 326 × Карликове 45 — 48,2 т/га; ДН 57с × Силосне 42 — 48,1 т/га; ГОС 11с × Карликове 45

— 41,5 т/га. Вони перевищили сорт-стандарт Силосне 42 за врожайністю зеленої маси на 5,3–23,4 т/га відповідно. Гібридні комбінації Кафрське кормове 186с × Карликове 45, Низькоросле 81с × Силосне 42, Низькоросле 81с × Карликове 45, також мали у середньому більшу врожайність зеленої маси порівняно з сортом-стандартом Силосне 42 на 3,7–9,9 т/га.

Таблиця 7

**Врожайність зеленої маси гібридних комбінацій сорго цукрового,
2010–2012 рр.**

Гібридні комбінації	Врожайність зеленої маси, т/га		Lim, т/га		V, %
	$\bar{x}$	$\pm$ до St.	min	max	
Силосне 42 – (St.)	36,2	–	26,6	52,0	65,2
ГОС 11с × Карликове 45	41,5	5,3	28,0	61,9	68,4
ДН 13с × Карликове 45	22,6	-13,9	16,6	32,6	83,4
А 326 × Карликове 45	48,2	12,0	34,7	64,0	86,8
А 326 × Силосне 42	36,8	0,6	32,4	61,8	94,9
Низькоросле 81с × Карликове 45	39,9	3,7	30,2	53,2	111,4
Низькоросле 81с × Силосне 42	46,1	9,9	45,8	63,9	106,4
ДН 5с × Силосне 42	32,2	4,0	26,9	52,4	76,7
ДН 71с × Карликове 45	59,6	23,4	48,8	71,9	87,1
ДН 39с × Карликове 45	37,9	1,7	34,0	43,0	96,9
ДН 57с × Силосне 42	48,1	11,9	33,7	55,7	88,8
Кафрське кормове 186с × Карликове 45	41,6	5,4	30,8	57,4	96,4
Кафрське кормове 186с × Саджи	33,9	2,3	24,3	46,0	120,6
Кафрське кормове 186с × Силосне 42	48,7	12,5	36,2	70,7	105,3
НІР _{0.05}	6,5	–	–	–	–

Lim – ліміти варіювання; V – коефіцієнт варіювання

У рослин сорго частка зерна в зеленій масі значною мірою визначає енергетичну цінність корму. Вважається, що в сучасних гібридів вона повинна становити не менше 15–25 % від загальної маси.

За умов вирощування сорго цукрового для отримання силосу врожайність зерна має виняткове значення. Нами проводився облік врожайності зерна як у сорту-стандарту Силосне 42, так і у нових гібридних комбінацій (табл. 8).

Погодні умови в роки досліджень були надзвичайно неоднорідними, що відзначилось на рівні продуктивності гібридних комбінацій. Істотно вищу врожайність зерна у порівнянні із сортом-стандартом Силосне 42 мали гібридні комбінації ДН 39с × Карликове 45, Кафрське кормове 186с × Саджи, Низькоросле 81с × Силосне 42, відповідно на 3,2–5,6 т/га. Решта гібридних комбінацій характеризувались нижчою врожайністю за цією ознакою у порівнянні зі стандартом.

Одна з необхідних умов якісного годування тварин – збалансованість раціонів за цукро-протеїновим комплексом. Цукор кормової маси сорго використовується як джерело легкоферментованих вуглеводів, які впливають на травлення і засвоєння поживних речовин тваринами, а отже, і на продуктивність.

Таблиця 8

Врожайність зерна гібридних комбінацій сорго цукрового, 2010–2012 рр.

Гібридні комбінації	Врожайність зерна, т/га		Lim, т/га		V, %
	$\bar{x}$	$\pm$ до St.	min	max	
Силосне 42 – (St)	3,8	—	2,3	5,5	42,2
ГОС 11с × Карликове 45	4,1	0,3	4,3	6,8	57,8
ДН 13с × Карликове 45	6,2	2,4	3,8	8,3	45,2
А 326 × Карликове 45	5,6	1,8	6,3	9,6	38,6
А 326 × Силосне 42	3,3	-0,5	1,1	5,0	63,5
Низькоросле 81с × Карликове 45	5,4	1,6	4,2	7,6	77,9
Низькоросле 81с × Силосне 42	7,0	3,2	4,0	10,0	38,1
ДН 5с × Силосне 42	6,6	2,8	3,0	9,7	30,7
ДН 71с × Карликове 45	6,0	2,2	6,8	10,2	44,8
ДН 39с × Карликове 45	9,4	5,6	5,5	11,4	54,6
ДН 57с × Силосне 42	4,9	1,1	3,7	9,8	46,4
Кафрське кормове 186с × Карликове 45	4,9	1,1	5,8	8,2	41,1
Кафрське кормове 186с × Саджи	7,1	3,3	4,7	9,6	35,9
Кафрське кормове 186с × Силосне 42	6,9	3,1	5,5	9,6	29,8
НІР _{0.05}	1,1	—	—	—	—

Максимальна кількість цукру в соку стебел сорго цукрового найкращого якісного складу співпадає з періодом повної стиглості зерна. Вміст цукру в стеблах досліджуваних гібридних комбінацій та сорту-стандарту Силосне 42 представлено в табл. 9.

Таблиця 9

Вміст цукру у соку стебел гібридних комбінацій сорго цукрового, 2010–2012 рр.

Гібридні комбінації	Вміст цукру, %		Lim, %		V, %
	$\bar{x}$	$\pm$ до St.	min	max	
Силосне 42 – (St.)	9,8	—	8,7	9,9	17,8
ГОС 11с × Карликове 45	10,9	1,1	8,2	11,2	17,1
ДН 13с × Карликове 45	8,8	-1,0	7,5	10,5	21,6
А 326 × Карликове 45	14,7	4,9	12,9	15,6	22,3
А 326 × Силосне 42	10,9	1,1	8,2	15,6	20,2
Низькоросле 81с × Карликове 45	11,2	1,4	8,9	12,3	25,5
Низькоросле 81с × Силосне 42	11,7	1,9	8,7	14,3	14,5
ДН 5с × Силосне 42	9,8	0,0	8,5	11,2	18,2
ДН 71с × Карликове 45	11,1	1,3	7,7	14,3	16,7
ДН 39с × Карликове 45	10,2	0,4	6,8	12,6	20,2
ДН 57с × Силосне 42	13,4	3,6	9,3	15,4	14,4
Кафрське кормове 186с × Карликове 45	15,3	5,5	14,6	16,0	29,6
Кафрське кормове 186с × Саджи	10,4	0,6	8,1	13,7	19,7
Кафрське кормове 186с × Силосне 42	15,7	5,9	12,6	18,1	22,3
НІР _{0.05}	2,1	—	—	—	—

Для силосування найбільше підходять: ДН 13с × Карликове 45, ДН 5с × Силосне 42, ДН 39с × Карликове 45, Кафрське кормове 186с × Саджи, у яких вміст цукру у соку стебел знаходиться на рівні стандарту Силосне 42 або несуттєво перевищує його. Високими ознаками вмісту цукру у соку стебел характеризувались комбінації А 326 × Карликове 45 (14,7 %), Кафрське кормове 186с × Карликове 45 (15,3 %), Кафрське кормове 186с × Силосне 42 (15,7 %), які можна використовувати як джерела цукроносної сировини для виробництва біоетанолу.

Економічна і енергетична ефективність вирощування нових гібридів сорго цукрового. *Моделі гібридів сорго цукрового, етапи створення та їх оцінка*

В сорго цукрового виділяється три основні напрями використання: 1 – біоенергетика, 2 – кормовиробництво, 3 – харчова промисловість. Кожен напрям потребує гібридів сорго з технологічними властивостями, адаптованими саме для нього, за якими і проводиться оцінка:

Тверде паливо. Сухостеблові сорти та гібриди з максимальною облиствленістю і мінімальною наявністю зерна та високим вмістом цукрів (навіть у сухостеблових гібридів буде невелика кількість соку, тому бажано, щоб він був з високим вмістом цукрів). Сухостебловість сприяє меншим енергозатратам під час переробки.

Рідке паливо. Соковитостеблові сорти та гібриди з мінімальними облиствленістю та наявністю зерна (навіть його відсутністю) з максимальною цукристістю соку стебел сорго цукрового.

Газоподібне паливо. Сухостеблові сорти та гібриди з максимальними облиствленістю і наявністю зерна та вмістом цукрів. Сухостебловість сприяє меншим енергозатратам під час переробки. Два останні показники сприяють більш інтенсивному процесу газовиділення і тепловіддачі при згоранні.

Кормовиробництво. Соковитостебловість, облиствленість, наявність зерна характеризують якість корму, вихід кормових одиниць. Середній вміст цукрів у соку стебел необхідний для правильного процесу бродіння під час закладання силосу.

Харчова промисловість. Соковитостеблові сорти та гібриди з мінімальними облиствленістю та наявністю зерна (навіть його відсутністю) з максимальною цукристістю та головне, із якісним складом цукру, в якому фруктоза та глюкоза домінує над вмістом сахарози.

Економічна і енергетична ефективність вирощування нових гібридів сорго цукрового. У сучасних умовах виробництво сільськогосподарської продукції базується не лише на принципах економічної ефективності, але й на зменшенні витрат енергії на одиницю отриманої продукції.

У наших дослідженнях енергетичну оцінку вирощування гібридів сорго цукрового проводили з врахуванням таких ознак, як затрати сукупної енергії на вирощування культури, вміст обмінної енергії у врожаї зерна і зеленої маси, а також енергетичного коефіцієнта вирощування сорго.

Розрахунки валової енергії, акумульованої під час вирощування сортів і гібридів сорго цукрового здійснювали з врахуванням як врожайності зерна, так і зеленої маси.

Згідно з методикою В. В. Метлина (1989) енергоємність 1 кг зерна сорго складає в середньому 18 МДж, зеленої маси сорго – 16,9 МДж. Виходячи з цього при врожайності зерна 2,81 т/га енергетична цінність зерна становитиме 50,580 тис. МДж/га; а зеленої маси (стебла) – 307,411 тис. МДж/га. Разом 357,991 тис. МДж/га.

Відомо, що за загальноприйнятої технології вирощування культури сорго витрати антропогенної (сукупної енергії на вирощування) становлять 24,462 тис. МДж/га.

При цьому необхідно сумарну кількість валової енергії акумульованої рослинами поділити на витрати антропогенної (сукупної) енергії на вирощування – $357,991/24,462 = 14,64$.

Енергетичний коефіцієнт вирощування зерна становить – 2,07, решта припадає на врожай зеленої маси (табл. 10).

Таблиця 10

**Біоенергетична оцінка сортів і гібридів сорго цукрового,
2017-2019 рр.**

Показники	Силосне 42 (<i>St.</i>)	ДН 71с × Карликове 45	Кафрське кормове 186с × Силосне 42
Врожайність зерна, т/га	2,81	5,18	5,16
Врожайність зеленої маси, т/га	36,2	59,6	48,7
Валова енергія, МДж/га	357,991	450,985	415,157
Енергетичний коефіцієнт,	14,64	18,44	16,97

За аналогічною методикою проводили розрахунки енергетичного коефіцієнта вирощування нових гібридних комбінацій сорго цукрового.

Під час аналізу вмісту валової енергії в отриманому зерні і зеленій масі сорго цукрового визначили вищий її рівень (на 26 %) у гібридній комбінації ДН 71с × Карликове 45 порівняно з сортом-стандартом Силосне 42.

Сорт-стандарт Силосне 42 забезпечив вихід валової енергії на рівні 357,991 МДж/га, а новий гібрид Ананас – 415,157 МДж/га. При цьому енергетичний коефіцієнт вирощування сорту Силосне 42 складав 14,64, у нових гібридних комбінацій ДН 71с × Карликове 45 і Кафрське кормове 186с × Силосне 42 (Ананас) – 16,97 та 18,44 відповідно.

Для впровадження нового сорту чи гібрида у виробництво необхідно, щоб він переважав стандарт за урожайністю та мав вищі економічні показники (табл. 11).

Таблиця 11

**Характеристика господарсько-цінних ознак нових гібридів сорго цукрового,
2017–2019 рр.**

Ознаки	Силосне 42 (<i>St.</i>)	ДН 71с × Карликове 45	Кафрське кормове 186с × Силосне 42
Врожайність зеленої маси, т/га	36,2	59,6	48,7
Вихід кормових одиниць, т/га	4,51	6,91	6,10
Вихід кормо-протеїнових одиниць, т/га	3,31	4,48	4,99

Під час розрахунку економічної ефективності вирощування нових гібридних комбінацій сорго цукрового ДН 71с × Карликове 45 та Кафрське кормове 186с × Силосне 42 (Ананас) ми враховували наступні показники: врожайність зеленої маси (т/га), вихід кормових одиниць (т/га), вихід кормо-протеїнових одиниць (т/га), прямі виробничі затрати (грн/га), умовно-чистий прибуток (грн), рівень рентабельності (%) і собівартість зеленої маси (грн/т) (табл. 12).

Таблиця 12

**Економічна ефективність вирощування сортів і гібридів сорго цукрового,
станом на 2020 рік**

Ознаки	Силосне 42 (<i>St.</i>)	ДН 71с × Карликове 45	Кафрське кормове 186с × Силосне 42
Врожайність зеленої маси, т/га	36,20	59,6	48,7
Вартість зеленої маси, грн/га	21033,46	34629,7	28238,31
Прямі виробничі затрати, грн/га	12771,43	15248,66	15632,19
Собівартість зеленої маси, грн/т	352,8	255,85	321,65
Умовно-чистий прибуток, грн/га	8262,03	19381,04	12606,12
Рівень рентабельності, %	64,70	127,10	80,64

Найбільші затрати були під час вирощування перспективної гібридної комбінації ДН 71с × Карликове 45, що зумовлено з її високою врожайністю та великими витратами на збирання зеленої маси, які на 2477,23 грн/га більші у порівнянні із сортом-стандартом Силосне 42. Однак, завдяки більшій врожайності зеленої маси нового гібрида (на 23,4 т/га вище за стандарт), собівартість зеленої маси знизилась на 96,95 грн/т.

Найвищий рівень рентабельності отримано також під час вирощування гібридної комбінації ДН 71с × Карликове 45 – 127,1%, причому в сорту-стандарту Силосне 42 цей показник був на рівні – 64,70 %.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування і нове розв'язання наукового завдання в області селекції сорго цукрового, яке полягає у оцінці і доборі вихідного матеріалу, за результатами яких створено високопродуктивні гібриди цієї культури з комплексом господарсько-цінних ознак.

1. За результатами оцінки 65 нових гібридів за фенологічними ознаками виявлено:

- менша тривалість вегетаційного періоду порівняно із сортом-стандартом Силосне 42 (145 діб) була у гібридних комбінаціях: ДН 71с × Карликове 45 – 125 діб; Низькоросле 81 с × Карликове 45 – 130 діб;

- гібридні комбінації, які за висотою рослин відповідають вимогам до комбайнового збирання (не перевищують 200 см): ДН 39с × Карликове 45, ДН 37с × Карликове 45, ДН 13с × Карликове 45, і нижчі за сорт-стандарт Силосне 42 (235 см);

- гібридні комбінації, які перевищують стандарт Силосне 42 за площею листової поверхні Низькоросле 81с × Карликове 45, ДН 39с × Карликове 45 та Кафрське кормове 186с × Карликове 45, відповідно на 252,1, 171,3 та 54,4 тис. м² на одному гектарі посіву сорго цукрового.

2. При оцінці гібридів за господарсько-цінними селекційними ознаками встановлено:

- високу врожайність зеленої маси гібридних комбінацій: ДН 71с × Карликове 45 (59,6 т/га), Кафрське кормове 186с × Силосне 42 (48,7 т/га), А 326 × Карликове 45 (48,2 т/га); ДН 57с × Силосне 42 (48,1 т/га), які перевищили сорт-стандарт Силосне 42 (36,2 т/га) на 23,4; 12,5; 12,0 та 11,9 т/га відповідно.

- ряд гібридів сорго цукрового з вищою врожайністю зерна порівняно із сортом-стандартом Силосне 42 (3,8 т/га) – ДН 39с × Карликове 45 (9,4 т/га), Кафрське кормове 186с × Саджи (7,1 т/га), Низькоросле 81с × Силосне 42 (7,0 т/га);

- гібридні комбінації А 326 × Карликове 45 (14,7 %), Кафрське кормове 186с × Карликове 45 (15,3 %), Кафрське кормове 186с × Силосне 42 (15,7 %), які за вмістом цукру в соку стебел перевищували сорт-стандарт Силосне 42 (9,8 %) тому їх доцільно використовувати як джерела цукроносної сировини для біоенергетики.

3. Високими значеннями ЗКЗ ознаки «врожайність зеленої маси» відзначились стерильні лінії: ДН 17с, ДН 39с, ГОС 11 та А 326, а стосовно ознаки «врожайність зерна» – лінії ДН 5с та ДН 31с.

4. Високим рівнем ефектів ЗКЗ ознаки «вміст цукрів» виділилися лінії ДН 5с та Кафрське кормове 186с. Лінія ДН 5с має високі ефекти ЗКЗ як за ознакою «врожайність зерна», так і за ознакою «вміст цукрів».

5. Встановлено наявність істотного позитивного тісного взаємозв'язку між такими господарськими ознаками як: «кількість міжвузлів» і «кількість листків» ($r=0,96$), «кількість міжвузлів» і «врожайність зеленої маси» ($r=0,76$), «діаметр стебла» і «врожайність зеленої маси» ($r=0,75$), «кількість листків» і «врожайність зеленої маси» ($r=0,78$). Істотний позитивний зв'язок середньої сили встановлено між ознаками «діаметр стебла» і «врожайність зерна» ($r=0,32$), «кількість листків» і

«врожайність зерна» ($r=0,35$), «врожайність зеленої маси» та «врожайність зерна» ($r=0,41$). Отже, для отримання високої врожайності зеленої маси сорго цукрового необхідно проводити добір селекційного матеріалу в напрямку підвищеної кількості міжвузлів та листків на рослині, а також за більшого діаметра стебла.

6. Максимальний ефект істинного гетерозису спостерігався за ознакою «врожайність зерна». Високим рівнем цієї ознаки характеризувались гібриди за участі стерильних ліній ДН 31с (167,6 %), ГОС 11с (150,3 %) ДН 5с (113,4 %); гібриди за участю запилювача Саджи; комбінації ГОС 11с × Силосне 3 раннє (315,1 %), ДН 31с × Силосне 3 раннє (273,8 %), ДН 71с × Саджи (265,3 %), ДН 5с × Саджи (230,3 %).

Прояв істинного гетерозису за ознакою «врожайність зеленої маси» відмічався у гібридів за участю стерильних ліній А 326 (79,3 %), ДН 71с (64,2 %), Кафрське кормове 186с (58,9 %), ДН 23с (45,6 %); гібридів за участю запилювача Карликове 45 (82,73 %); комбінацій ДН 71с × Карликове 45 (175,5 %), ДН 23с × Карликове 45 (164,1 %) та А 326 × Карликове 45 (158,7 %).

7. Оцінка істинного гетерозису за ознакою «вміст цукру» в соку стебел сорго цукрового, показала що істинний гетерозис за цим показником майже не проявляється. Позитивне значення відзначено у гібридів, батьківським компонентом яких були стерильні лінії ДН 37с (2,3 %) та Низькоросле 81с (2,0 %). Виділені гібридні комбінації у яких він становив: Низькоросле 81с × Карликове 45 (53,7 %), А 326 × Силосне 42 (11,1 %), ГОС 11с × Карликове 45 (10,6 %).

8. За комплексом господарсько-цінних ознак із 65 комбінацій сорго цукрового виділено кращі гібриди: ДН 71с х Карликове 45, Кафрське кормове 186с х Силосне 42, ДН 39с х Силосне 42 та ДН 81с х Силосне 42. З них гібриди Кафрське кормове 186с х Силосне 42 (Ананас) та ДН 39с х Силосне 42 (Гулівер) занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Гібрид ДН 81с х Силосне 42 (Вітам) передано до Державного сортовипробування, а гібрид ДН 71с х Карликове 45 підготовлено до передачі на Державне сортовипробування.

9. Вирощування нових гібридів сорго цукрового для забезпечення сировиною кормовиробництва та біоенергетики є економічно ефективним. Так, гібриди ДН 71с х Силосне 42 і Кафрське кормове 186с х Силосне 42 за середньої врожайності зеленої маси, відповідно 26,68 та 24,56 т/га перевищили сорт-стандарт Силосне 42 на 8,49 та на 6,37 т/га. Вони мали рентабельність відповідно 127,1 та 80,64 %, що на 62,4 та 15,94 % вище за стандарт Силосне 42.

10. Біоенергетична оцінка зеленої маси нових гібридів сорго цукрового засвідчила їхню перспективність у забезпеченні сировиною кормовиробництва та біоенергетики. Так, гібриди ДН 71с х Карликове 45 і Кафрське кормове 186с х Силосне 42 валова енергія становила відповідно 450 МДж/га та 415 МДж/га при енергетичному коефіцієнті 18,4 і 16,9, що на 93 і 58 МДж/га та на 3,8 і 2,3 відповідно вище за стандарт Силосне 42.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ ТА ВИРОБНИЦТВА

1. Для отримання скоростиглих гібридних комбінацій сорго цукрового за материнський компонент рекомендовано використовувати стерильні лінії ГОС 11с, ДН 71с, ДН 57с, ДН 5с, як запилювач – сорт Карликове 45.

2. При створенні гібридів сорго цукрового на кормові цілі пропонуємо залучати як материнську форму стерильні лінії: ДН 71с, Низькоросле 81 с, ДН 39 с, та ГОС 11с, а як запилювач – сорт Силосне 42.

3. При створенні гібридів цукрового сорго біоенергетичного напряму використання, у вихідний матеріал доцільно включати стерильні лінії Кафрське кормове 186с та А 326, і запилювач – сорт Силосне 42.

4. Для господарств, які спеціалізуються на тваринництві або біоенергетиці, рекомендуються гібриди сорго цукрового Ананас та Гулівер, які забезпечують врожайність зеленої маси 40–60 т/га.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових наукових виданнях України

1. **Середа В. І.** Принципи добору гібридів при селекції цукрового сорго для кормовиробництва. *Бюл. Ін-ту сільськ. госп-ва степової зони НААН України*. 2011. № 1. С. 87–91.

2. **Середа В. І.** Використання гетерозису в селекції цукрового сорго. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України* Бюл. Ін-ту сільськ. госп-ва степової зони НААН України. 2012. № 3. С. 149–152.

3. Яланський О. В., **Середа В. І.**, Остапенко С. М., Костиця І. В., Самойленко А. Т., Ісаєва Н. М. Перспективні зразки кормового сорго. *Бюл. Ін-ту сільськ. госп-ва степової зони НААН України*. 2014. № 6. С. 98–102. (50 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина).

4. Яланський О. В., **Середа В. І.** Перспективні гібриди сорго цукрового. *Бюл. Ін-ту сільськ. госп-ва степової зони НААН України*. 2015. № 9. С. 99–104. (50 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури).

5. Яланський О. В., **Середа В. І.** Сорго економіко-енергетичний ресурс для виробництва біоетанолу. *Бюл. Ін-ту сільськ. госп-ва степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 96–103. (50 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури).

6. Яланський О. В., **Середа В. І.**, Самойленко А. Т. Селекція цукрового сорго для фітоенергетики. *Зрошуване землеробство*. Херсон: Айлант, 2011. Вип. 56. С. 246–250. (40 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури, формулювання висновків).

7. **Середа В. І.** Впровадження селекційних розробок цукрового сорго у кормовиробництво. *Зрошуване землеробство*. Херсон: Айлант, 2012. Вип. 58. С. 146–148.

8. Яланський О. В., Остапенко С. М., **Середа В. І.**, Бондаренко Н. С., Ісаєва Н. М., Таганцова М. М. Селекція гібридів сорго зернового в умовах

Генічеської дослідної станції. *Зернові культури*. 2017. № 9. С. 26–31. (20 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури).

9. Яланський О. В., **Середа В. І.**, Носов М. Г., Таганцова М. М. Вміст цукру в соку стебел різних сортотипів цукрового сорго. *Зернові культури*. Дніпро, 2018. Т. 2. № 2. С. 212–217. (20 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури).

10. Яланський О. В., **Середа В. І.**, Остапенко С. М. Перспективи впровадження високопродуктивних гібридів цукрового сорго у біоенергетику. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. № 19. С. 124–127. (40 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури).

11. Кух М. В., **Середа В. І.** Влияние удобрения на урожайность сортов сорго зернового. *Зерновое хозяйство России*. 2014. № 3. С. 98–104. (25 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури).

12. Kharytonov M., Martynova N., Babenko M., Honchar N., Sytnyk S., **Sereda V.** Sweet sorghum cultivation in black soil and phytomeliorated rocks in Ukraine / International symposium. *Edition Agricultural and mechanical engineering, Jubilee Edition*. Bucharest, 2020 URL: <http://isbinmateh.inma.ro/archive.html> . (10 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

13. Середа В. І. Селекція цукрового сорго як фактор інтенсифікації зернового виробництва. *Високоєфективні технології – шлях до стабілізації аграрного виробництва*: матеріали науково-практичної конференції молодих учених і спеціалістів (Чабани, 2011, 28–30 листопада 2011 р.) Чабани, 2011. С. 117–118.

14. Середа В. І. Перспективи впровадження високопродуктивних гібридів цукрового сорго у біоенергетику: *Materials of XI international research and practice conference*. July 30–7. August. 2014. P. 31–36.

15. Середа В. І. Економічна ефективність вирощування нових гібридних комбінацій цукрового сорго. *Роль наукових досліджень в забезпеченні процесів інноваційного розвитку аграрного виробництва України*: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів. (м. Дніпро, 25–26 травня 2016 р.) Вінниця: ТОВ Нілан–ЛТД, 2016. С. 36 .

16. Яланський О. В., **Середа В. І.** Цукрове сорго – стабільна база сировини для біоенергетики. Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів (м. Дніпро, 25–26 травня 2017 р.). Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2017. С. 68–69. (50 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури)

17. Яланський О. В., **Середа В. І.**, Носов М. Г., Байса І. П., Таганцова М. М. Вміст цукрів в соці стебел сорго цукрового залежно від насінневої продуктивності. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі*: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. (26 червня 2019 р.) / [відп. ред. О. О. Непочатенко та ін.]. Умань, 2019. С. 152–153. (20 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури)

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації (Авторські свідоцтва гібридів і сортів сорго та їх батьківських компонентів, які зареєстровані в Україні)

18. Середа В. І. Сорго сахарное – резервная культура для получения сахара и не только. *Зерно*. 2011. № 9. С. 39–42.

19. Яланський О. В., **Середа В. І.**, Байса І. П. Сьогодні в Україні є багато вітчизняних сортів і гібридів цукрового сорго. *Зерно і хліб*. 2012. № 3. С. 60–61. (60 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури, підготовка до друку)

20. Черенков А. В., Шевченко М. С., Дзюбецький Б. В., Черчель В. Ю., Боденко Н. А., Яланський О. В., **Середа В. І.** та ін. Соргові культури. Технологія, використання, гібриди та сорти. *Методичні рекомендації*. Дніпропетровськ. 2011. 63 с. (5 % особистий внесок здобувача)

21. Яланський О. В., **Середа В. І.**, Самойленко А. Т., Самойленко В. В., Шевченко Т. А., Кух М. В., Пергаєв О. В. Рекомендації по вирощуванню соргових культур в Степовій зоні. *Методичні рекомендації*. Дніпропетровськ. 2011. 36 с. (10 % особистий внесок здобувача).

22. Яланський О. В., **Середа В. І.**, Байса І. П. Значення генетичного різноманіття цукрового сорго для селекції. *Посібник українського хлібороба: науково-практичний зб.* 2015. Т. 1. С. 128–129. (60 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури)

23. Яланський О. В., **Середа В. І.**, Остапенко С. М., Бондаренко Н. С., Байса І. П. Морфологічні ознаки та біометричні параметри кормових гібридів цукрового сорго. *Посібник українського хлібороба: науково-практичний зб.* 2015. Т. 1. С. 294–296. (40 % особистий внесок здобувача: експериментальна частина, огляд літератури).

24. Сорго цукрове (генетичні ресурси, селекція, технологія, використання): науково-методичні рекомендації. Черенков А. В., **Середа В. І.** та ін. Дніпропетровськ, ДУ ІСГСЗ, 2015. 22 с. (10 % особистий внесок)

25. Сорго цукрове: науково-методичні рекомендації. Черенков А. В., Серед В. І. та ін. Дніпро. ДУ ІЗК НААНУ, 2017. 21 с. (10 % особистий внесок здобувача)

26. Свідотство про авторство на сорт рослин № 190528. Гібрид сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* L.) **Гулівер**. Автори: Яланський О. В., Троценко А. Г. **Середа В. І.**, Остапенко С. М., Байса І. П. (Україна). Заявка № 15241002. Занесено до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні з 2019 р. (авторство 20 %).

27. Свідотство про авторство на сорт рослин. № 170858. Гібрид сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* L.) **Ананас**. Автори: Яланський О. В., **Середа В. І.**, Остапенко С. М., Бондаренко Н. С., Байса І. П. (Україна). Заявка № 14241002. Занесено до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні з 2018 р. (авторство 20 %).

АНОТАЦІЯ

Середа В. І. Гетерозисна селекція сорго цукрового в умовах Степу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії) за спеціальністю 06.01.05 – «Селекція і насінництво» (201 – Агрономія). – Державна установа Інститут зернових культур НААН України, Дніпро, 2021.

Подано наукове обґрунтування повноцінного використання у селекційних програмах нового вихідного матеріалу, подальшого впровадження у виробництво, а також всебічна його оцінка за комбінаційною здатністю та господарсько-цінними ознаками.

Вперше здійснено добір батьківських компонентів для селекції гібридів сорго цукрового в умовах Степу України та проведена оцінка селекційного матеріалу залежно від напрямків використання. Наведені результати оцінки ефектів загальної комбінаційної здатності. Відібрано стерильні лінії та запилювачі як вихідний матеріал для створення гібридів зернового, енергетичного та кормового напрямку використання. Створено і передано до державного сортовипробування 4 гібриди сорго цукрового, з яких два джерела цукроносною сировини для виробництва біоетанолу, один – для виробництва твердого палива (пелети, брикети), один – кормовий напрям використання.

Ключові слова: сорго цукрове, стерильні лінії, гібриди, загальна та специфічна комбінаційна здатність, гетерозис, вміст цукрів, біоенергетика.

АННОТАЦИЯ

Середа В. И. Гетерозисная селекция сорго сахарного в условиях Степи Украины. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук (доктора философии) по специальности 06.01.05 – «Селекция и семеноводство» (201 – Агрономия). – Государственное учреждение Институт зерновых культур НААН Украины, Днепр, 2021.

Подано научное обоснование полноценного использования нового исходного материала в селекционных программах, дальнейшего внедрения в производство, а также всесторонняя его оценка по комбинационной способности и хозяйственно-ценными признаками.

Впервые осуществлен отбор родительских компонентов для селекции гибридов сорго сахарного в условиях Степи Украины и проведена оценка селекционного материала в зависимости от направлений использования. Приведены результаты оценки эффектов общей комбинационной способности. Отобраны стерильные линии и опылители в качестве исходного материала для создания гибридов энергетического или кормового направления использования. Определены показатели истинного гетерозиса и транsgетерозиса касаясь хозяйственно-ценных показателей у гибридов в условиях Степи Украины.

Изучены модели новых гибридов сорго сахарного, в частности, биоэнергетического направления. В процессе изучения были намечены качественные показатели для оценивания будущих гибридов.

Исследована как экономическая, так и энергетическая эффективность новых гибридов сорго сахарного.

Создано 4 гибрида сорго сахарного, из которых два уже внесены в Государственный реестр сортов и гибридов растений, пригодных для использования в Украине, один был передан в государственное испытание в 2020 году, и один перспективный гибрид планируется передать на испытание в 2021 году. По видам использования новые гибриды можно рассматривать как два как источники сахарного сырья для производства биоэтанола, один – для производства твердого топлива (пеллеты, брикеты), один – кормового направления использования.

Ключевые слова: сорго сахарное, стерильные линии, гибриды, общая и специфическая комбинационная способность, гетерозис, содержание сахаров, биоэнергетика.

ANNOTATION

Sereda V. I. Heterozygous selection of sugar sorghum in the steppe of Ukraine – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Agricultural Sciences (Ph.D.) in Agronomy (201) with a major in Breeding and Seed Production (06.01.05). – State Institution Institute of Grain Crops of the NAAS of Ukraine, Dnipro, 2021.

The scientific substantiation of full-fledged use of new source material in selection programs, further introduction into production, and also its comprehensive estimation on combining ability and economically valuable signs is given.

For the first time, the selection of parent components for the selection of hybrids of sugar sorghum in the conditions of the Steppe of Ukraine was carried out and evaluation of breeding material depending on the directions of use was carried out. The results of the evaluation of the effects of the general combining ability are given. Selected lines and pollinators as feedstock for the production of grain, energy or feed hybrids. 4 hybrids of sugar sorghum were created and submitted to the state variety testing, two of which can be considered as sources of sugar-bearing raw materials for bioethanol production, one - for solid fuel production (pellets, briquettes), one - feed direction of use.

Key words: sugar sorghum, self-pollinated lines, hybrids, general combining ability, specific combining ability, heterosis, sugar content, bioenergetics.