

**М. О. КОРНЕЄВА, С. Д. ОРЛОВ, В. А. ДОРОНІН,
В. Й. СТЕФАНЮК, П. І. ВАКУЛЕНКО, Л. С. АНДРЕЄВА,
М. П. БАЙДА**

СТВОРЕННЯ ТРИЛІНІЙНИХ ЧС ГІБРИДІВ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ (*BETA VULGARIS L.*) З ПІДВИЩЕНИМИ ПРОДУКТИВНІСТЮ І ДЕКАРБОНІЗУЮЧОЮ ЗДАТНІСТЮ АТМОСФЕРИ

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ



КИЇВ 2026

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

**М. О. Корнєєва, С. Д. Орлов, В. А. Доронін, В. Й. Стефанюк,
П. І. Вакуленко, Л. С. Андрєєва, М. П. Байда**

**СТВОРЕННЯ ТРИЛІНІЙНИХ ЧС ГІБРИДІВ
БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ (*BETA VULGARIS L.*)
З ПІДВИЩЕНИМИ ПРОДУКТИВНІСТЮ
І ДЕКАРБОНІЗУЮЧОЮ ЗДАТНІСТЮ
АТМОСФЕРИ**

Науково-методичні рекомендації

Київ 2026

УДК 633.63:631.52

<https://doi.org/10.47414/978-617-8706-40-1>

*Рекомендовано до опублікування вченою радою
Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
(протокол № 8 від 08 квітня 2026 р.)*

Рецензенти:

В. В. Дрига, доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник;
С. М. Гонтаренко, кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник
(Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН)

Корнєєва М. О., Орлов С. Д., Доронін В. А., Стефанюк В. Й., Вакулєнко П. І., Андрєєва Л. С., Байда М. П. Створення трилінійних ЧС гібридів буряків цукрових (*Beta vulgaris* L.) з підвищеними продуктивністю і декарбонізуючою здатністю атмосфери: науково-методичні рекомендації / НААН України, Ін-т біоенергет. культ. і цукр. буряків. Електрон. вид. Київ: ІБКІЦБ НААН, 2026. 19 с.

ISBN 978-617-8706-40-1 (PDF)

Розглянуто екологічні аспекти створення трилінійних ЧС гібридів цукрових буряків на основі удосконаленого дволінійного материнського компоненту, які характеризуються підвищеною продуктивністю і декарбонізуючою здатністю атмосфери. Наведено матриці схрещувань для оцінки генетичної цінності і для формування таких трилінійних ЧС гібридів. Удосконалені компоненти гібридів поповнять ознакові колекції станційних селекційних матеріалів.

Рекомендації призначені для селекціонерів, генетиків і спеціалістів наукових установ – оригінаторів нових вихідних матеріалів, компонентів і експериментальних ЧС гібридів цукрових буряків нової генетичної структури, які можуть бути залученими до подальшого селекційного процесу.

УДК 633.63:631.531.12
<https://doi.org/10.47414/978-617-8706-40-1>



Цей твір поширюється на умовах ліцензії CC BY-NC-SA 4.0
(Creative Commons «Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International)

ISBN 978-617-8706-40-1 (PDF)

© Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН, 2026
© Колектив авторів, 2026

ЗМІСТ

Перелік вживаних скорочень	4
Вступ	5
1. Вихідний матеріал	7
1.1. Вибір вихідного матеріалу для селекції материнського компоненту	8
1.2. Вибір вихідного матеріалу для запилювачів	10
2. Створення материнського компоненту ЧС гібридів цукрових буряків	11
2.1. Створення ЧС аналогів ліній-закріплювачів стерильності на основі насичуючих схрещувань	11
2.2. Прості стерильні гібриди як материнський компонент	12
3. Створення батьківського компоненту ЧС гібридів цукрових буряків	17
4. Формування трилінійних ЧС гібридів цукрових буряків ...	18

Перелік вживаних скорочень

ІБКіЦБ	–	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
ВДСС	–	Верхняцька дослідно-селекційна станція
УЛДСС	–	Уладово-Люлинецька дослідно-селекційна станція
ЗС	–	закріплювачі стерильності
О тип	–	закріплювач стерильності Оуен-типу
ЧС аналоги	–	пилкостерильні лінії-аналоги
ПСГ	–	прості стерильні гібриди як материнський компонент
БЗ	–	багатонасінні запилювачі

Вступ

Наукові уявлення про формування кількісних ознак сільськогосподарських культур в цілому і, зокрема у цукрових буряків, беруть початок ще в минулому столітті, що знайшло відображення у розробці методів врахування взаємозв'язку їх складових елементів. Кількісні ознаки в цьому випадку розглядалися як спрощене відображення біологічних об'єктів. При цьому робився акцент на внутрішньовидову мінливість, на її функціональну визначеність, на взаємозв'язки кількісних ознак в рамках цілісного фенотипу. Аналітичний підхід мав логічне завершення в генетиці, яка була орієнтована на максимальний прояв якісної специфічності елементарних ознак на всіх рівнях біологічної організації і вивчення їх властивостей. Перспектива розвитку кількісної генетики виражена словами американського дослідника А. Рейвина, яка проясняє спадкові зв'язки між генетичною організацією на молекулярному рівні і явищами, які проявляються на клітинному, організмовому і популяційному рівнях. Більш перспективним виглядає системний підхід, який дозволяє орієнтувати на вивчення функціональної організації і на генетичні механізми, які забезпечують диференціацію і інтеграцію макросистем на всіх етапах формування господарсько-цінних ознак. Методологічною проблемою генетики кількісних ознак на сучасному етапі є комплексність, яка дозволяє враховувати генетичну природу конкретних форм і її прояв в конкретних умовах довкілля і особливо в умовах кардинальних змін клімату. На цьому побудована сучасна теорія еко-генетичного підвищення врожайності сільськогосподарських культур, що базується на синтезі знань генетики як теоретичної основи селекції. Селекція, за висловлюванням М. І. Вавилова, «...розробляє свої методи, установлює закономірності, яким підкоряється формоутворюючий процес, що веде до створення сорту». Сучасні цукрові буряки у Державному реєстрі сортів рослин України представлено гібридами, створення яких що вимагає підвищеної уваги до їх компонентів. Материнські форми – лінії ЧС аналоги, зазнаючи інбредної депресії за основними господарсько-цінними ознаками, знижують продуктивність, (до 80 % і нижче порівняно зі стандартом). Схрещуванням з багатонасінним запилювачем при формуванні кінцевих гібридів часто не вдається отримати комбінації з гарантованою прибавкою врожайності, цукристості, збору цукру порівняно з прийнятими груповими стандартами, оскільки за досягнення гетерозису істинного (порівняно із кращою батьківською формою) через інбредну депресію компонентів досить з низькою імовірністю можна досягти гетерозис конкурсний (порівняно із кращими стандартними сортами). Тому для запобігання негативного впливу інцухт-депресії ЧС аналоги схрещують з неспорідненими закріплювачами стерильності, одержуючи при цьому прості стерильні гібриди як материнський компонент. Теоретичною основою для цього є універсальність закріплювачів стерильності Оуен-типу, тобто вони забезпечують стерильність

гібридного потомства від схрещування зі стерильними формами будь-якого походження. Отже, універсальність запилювачів закріплювачів стерильності, яку можна використати у селекції, полягає у тому, що у локусах ss та zz та стерильній цитоплазмі S стерильність закріплюється будь-яким генотипом з нормальною цитоплазмою N і наявністю таких же алелів ss та zz (рецесивні алелі у гомозиготному стані). При цьому бажані гени інших важливих господарсько-цінних ознак, що зосереджені у різних генотипах, можна поєднати. При таких схрещуваннях, де материнський компонент – простий стерильний гібрид, а батьківський – лінія, кінцевий гібрид має вигляд $(A/B)/B$, тобто він є трилінійним. Якщо ж і батьківський компонент матиме вигляд гібридної форми C/D , тоді кінцевий гібрид буде чотирилінійним (здвоєним). Такі гібриди будуть мати розширений спектр важливих ознак, тобто збагачену спадковість, яка найбільшою мірою спроможна реалізувати генетичний потенціал батьківських форм. Ефективність даного методу була доведена на гібридній кукурудзі ще в середині минулого столітті дослідниками Докстатором, Джонсоном, Андерсеном, Хейсом.

Схрещування набору ЧС ліній з набором закріплювачів стерильності для отримання простих стерильних гібридів як материнської форми можна проводити за типом односторонніх циклічних схрещувань. За гібридними комбінаціями можна оцінити комбінаційну здатність як закріплювачів стерильності, так і пилок стерильних ліній, а для оцінки генетичної цінності простих стерильних гібридів можна використати фертильну одну або кілька ліній як тестери.

Батьківські форми кращих комбінацій розмножують з метою подальшого відтворення перспективних гібридів.

В умовах глобального потепління великого значення набуває здатність агроценозів. Які займають близько 10 % усієї поверхні суходолу. до поглинання вуглецю і діоксиду вуглецю з атмосфери. Біологічні наслідки цього процесу є фундаментальними для життя на Землі, оскільки енергія сонячного світла акумулюється в хімічних зв'язках органічних речовин, що утворюються при цьому. Така здатність агроценозів прямо пов'язана з фотосинтезом: чим вища продуктивність сільськогосподарських культур, тим інтенсивніше проходять декарбонізуючі процеси, що через виділення кисню позитивно впливає на стан атмосфери, а саме забезпечується процес дихання живих організмів і підтримується озоновий шар, що захищає від ультрафіолетового випромінювання.

Отже, селекція на підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є по суті екологічною селекцією. За оцінками фахівців Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, континентальні екосистеми поглинають близько 120 млрд т вуглецю на рік, тим самим підтримуючи озоновий шар атмосфери.

За результатами попередніх розробок на селекційно-дослідних станціях мережі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків створено колекції пилко стерильних ліній та закріплювачів стерильності, які використовуються для створення високо продуктивних ЧС гібридів буряків цукрових. У сучасній селекції можна використовувати материнською формою як пилко стерильні лінії аналоги Оуен-типу, так і прості стерильні гібриди, а батьківською – багатонасінні запилювачі різної форми плоїдності, а перевагу тих чи інших можна вивчити у спеціально поставленому експерименті.

Зважаючи на те, що останніми роками в селекційній науці набуває все більшого підтвердження теорія еколого-генетичної організації кількісних ознак, створена у 1984–2012 рр. групою вітчизняних і зарубіжних дослідників (Драгавцев В. А., Літун П. П., Шкель Н. М., Alberts B., Bray D., Roberts K., Watson J., Lewis R. та ін.), компоненти гібридів, як і кінцеві гібриди, необхідно відбирати з урахуванням наявності у них добре розвинених систем адаптації, які дозволяють або мати добрий відгук на зміну абіотичних чинників довкілля), або ж володіти здатністю утримувати певний сталий рівень продуктивності за їх ліміту, а також добросприятливо впливати на атмосферу, поглинаючи диоксид вуглецю для синтезу органічних речовин.

Використання комплексного підходу з урахуванням генетичної структури компонентів гібридизації та їх адаптивної здатності дозволить отримати гібриди, у яких буде реалізовано еколого-генетичний потенціал культури цукрових буряків.

1. Вихідний матеріал

При формуванні конкурентоздатних гібридів потрібно мати повну інформацію про вихідний матеріал, а також про компоненти, які використовуються для цієї мети. Успіх селекційної роботи значною мірою залежить від ступеня вивченості селекційних зразків за господарсько-цінними ознаками, за успадковуваністю і за ступенем їх мінливості. Селекціонери потребують знання селекційних матеріалів не лише за їх фенотиповим проявом, але і за їх генетичними особливостями.

Тобто потрібна така система вивчення, яка б дозволила при дослідженні обмеженої кількості спеціально підібраних ліній найбільш повно виявити їх генотиповий потенціал з тим, щоб у селекційні програми залучити гени, що відіграють ключову роль у розвитку особливо важливих селекційно значущих ознак.

Останнім часом вагомим значення для селекції сільськогосподарських культур, зокрема і цукрових буряків, набули ознакові колекції. Серед їх зразків можна відібрати лінії з господарсько-корисними ознаками, які можна через схрещування поєднувати в одному генотипі, тобто в

гібридних потомствах відбирати рекомбінантні форми з трансгресивним їх проявом.

1.1. Вибір вихідного матеріалу для селекції материнського компоненту

Для підбору батьківських пар серед селекційних зразків в існуючих колекціях матеріалів залучають компоненти гібридів – однонасінні закріплювачі стерильності, що слугують для розмноження пилко стерильних форм, та багатонасінні запилювачі – при формуванні кінцевих гібридів. У зв'язку з цим, актуальним є вивчення комбінаційної здатності компонентів гібридів, формування на основі кращих із них гібридних комбінацій, їх вивчення за господарсько-корисними ознаками і за проявом гетерозисного ефекту у системі станційного сортовипробування, а потім – розмноження компонентів гібридів, які достовірно перевищують груповий стандарт за елементами продуктивності та/або за збором цукру для подальшого їх відтворення і просування згідно з засадами технології селекційного процесу.

Серед матеріалів 0 типів у селекційний процес залучали ті, які мали високу закріплювальну здатність (до 98 %) і однонасінність (98–99 %) з поєднанням показників маси коренеплоду і за цукристості, що перевищують середнє популяційне значення (на прикладі закріплювачів стерильності уладівської селекції – рис. 1 і рис. 2).

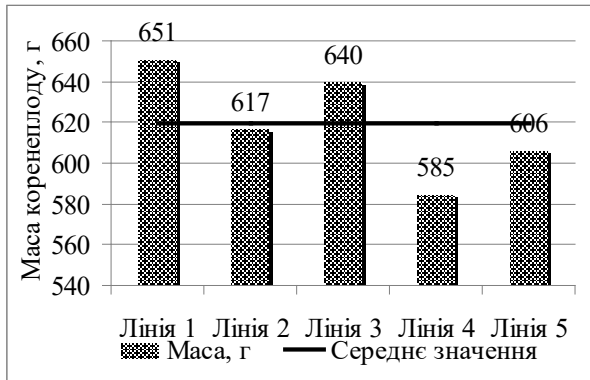


Рис. 1. Порівняння досліджуваних ліній-закріплювачів стерильності з середньопопуляційним значенням за ознакою маса коренеплоду, УЛДСС

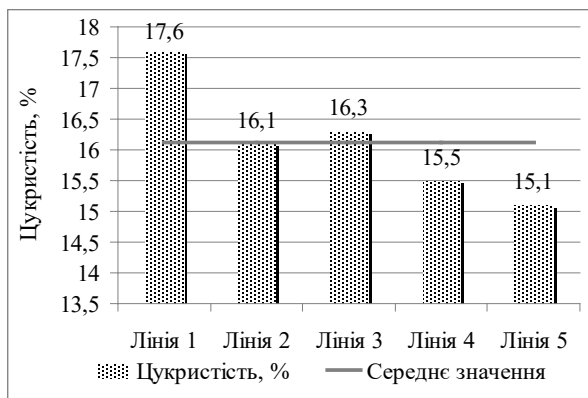


Рис. 2. Порівняння досліджуваних ліній-закріплювачів стерильності з середньопопуляційним значенням за ознакою цукристість, УЛДСС

Добір матеріалів за масою коренеплоду (лінії 1 та лінія 3) і цукристістю (лінія 1) здійснювали по відношенню до середньо популяційного значення по групі з достовірним перевищенням (абсолютні значення), однак можна відбирати за достовірним перебільшенням стандарту.

Якщо ж ознакою для селекційного опрацювання є елементи технологічної якості коренеплодів (вміст іонів калію, натрію, альфа-аміноного азоту), то відбираються матеріали з достовірно пониженими значеннями щодо середньо популяційного показника (рис. 3 – на прикладі вмісту іонів K⁺). Селекційну перевагу за вмістом калію у наведеному прикладі мають лінії 1 та 2).

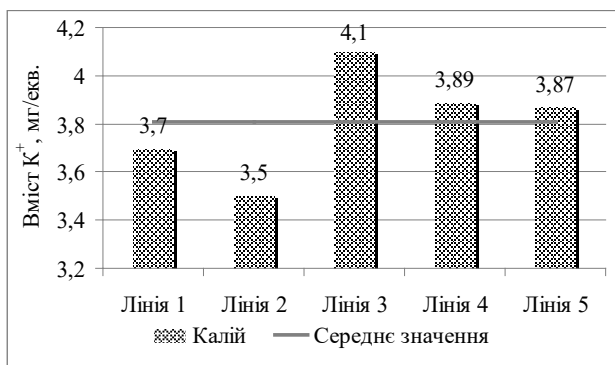


Рис. 3. Вміст іонів калію у коренеплодах ліній-закріплювачів стерильності цукрових буряків порівняно з середньопопуляційним значенням, УЛДСС

Лінії повинні бути попередньо перевірені за селекційними ознаками, оскільки потрібно раціонально підходити до запланованих обсягів створення можливих гібридних комбінацій і їх вивчення в селекційному експерименті. Крім того, обов'язковою умовою має бути контроль однонасінності на рівні 98–100 %, і стерильності ЧС аналогів – 98–99 %.

1.2. Вибір вихідного матеріалу для запилювачів

Багатонасінними запилювачами для створення ліній можуть слугувати як самонесумісні, так і самофертильні форми. Однак гомозиготність краще підтримувати на матеріалах (компонентах), які володіють ознакою самофертильності. Вихідним матеріалом для створення самофертильних ліній-запилювачів (реципієнтами) можуть бути кращі багатонасінні сорти, популяції та лінії вітчизняної та зарубіжної селекції, а також селекційні номери-продукти індивідуальних доборів, що виділилися за комплексом ознак чи окремими господарсько-цінними ознаками, за якими ведеться добір (комбінаційна здатність, висока цукристість, стійкість до хвороб і т.і.). Донорами самофертильності слугують колекційні зразки, гомозиготні за алелями Sf.

З метою підвищення концентрації Sf-алелей отримують гібриди. Для цього кращі за господарсько-цінними ознаками матеріали схрещують з донорами самофертильності. Для гібридизації використовують групові ізолятори або ділянки вільного запилення з почерговим розміщенням компонентів схрещування у співвідношенні 1:1. Схрещування самонесумісних лінійних матеріалів з донорами гена Sf можна проводити також попарно в індивідуальних ізоляторах.

Перед цвітінням проводять бракування рослин, уражених хворобами, пізньостиглих або нетипових для номера біотипів.

У період дозрівання насіння переплетені пагони рослин роз'єднують, рослини підв'язують. Насінники зрізають при побурінні 50–60 % клубочків, насіння з них збирають окремо за компонентами схрещування.

В лабораторних умовах досліджують посівні якості насіння.

Весною наступного року гібридне насіння, одержане від схрещування самонесумісних матеріалів (популяцій або ліній), висівають у селекційний розплідник для розмноження. При збиранні коренеплодів проводять морфологічний добір, вибраковуючи нетипові за формою коренеплоди (багатоголовчасті, гіллясті, дуплисті та ін.), уражені хворобами, пошкоджені шкідниками та укладають їх у кагат для зимового зберігання.

Якщо вихідним матеріалом слугують самофертильні популяції, то етап схрещування з донором гена Sf – виключається.

Отже, потрібно мати повну інформацію про вихідний матеріал, а також про компоненти, які використовуються для поставленої мети – створення ЧС гібридів цукрових буряків з підвищеною продуктивністю.

2. Створення материнського компонента ЦС гібридів цукрових буряків

На теперешній час механізм успадкування ЦС у буряків в загальних рисах відомий, і він слугує практичній селекції. Генетичну обумовленість цієї ознаки у сорокових роках минулого століття пояснив Ф. Оуен. Доведеними вважаються такі положення: для форм з ЦС значення має поєднання як певного стану цитоплазми, так і ядерних генів, стерильність цитоплазми проявляється лише за наявності спеціальних генів у ядрі, їх кількості і стану (переважно рецесивного), що є специфічним для коної культури і, нарешті, наявності генів-модифікаторів, що впливають на фенотипове вираження ознаки.

За теорією Ф. Оуена, існує два типи цитоплазми. Ядерний контроль здійснюється також двома генами. Рослини з цитоплазмою N (нормальна) формують двостатеві квітки з нормально розвинутими пиляками та пилковими зернами у них. Рослини із стерильною цитоплазмою (S-плазма) можуть бути повністю стерильними за пилком, з нежиттєздатними, або частково життєздатними, пилковими зернами (залежно від стану генів x і z). Комплементарний ефект цих генів і їх фенотип виявляється таким чином:

- S $xxzz$ – повна чоловіча стерильність (пиляки білого, або зеленувато-білого кольору),
- S $Xxzz$, S $xxZz$, S $XXzz$, S $xxZZ$ – частково стерильні, або напівстерильні першого типу (жовті пиляки, що містять мілкі нежиттєздатні пилкові зерна),
- S $XxZz$, S $XXZz$, S $XxZZ$, S $XXZZ$ – рослини формують більш-менш нормальні пилкові зерна, життєздатність яких неповна і великою мірою залежить від зовнішніх умов.

Ф. Оуен допускав наявність генів-модифікаторів, а також мутаційну мінливість цитоплазми у межах однієї рослини, які можуть змінювати характер успадкування. Знання про типи цитоплазми у цукрових буряків поглиблюються. Відомі і інші її типи, застосування яких у майбутньому дозволить розширити генотипову мінливість селекційних матеріалів.

2.1. Створення ЦС аналогів ліній закріплювачів стерильності на основі насичуючих схрещувань

Для створення пилокостерильних ліній – ЦС аналогів O типу – застосовують насичуючі схрещування, які є різновидом зворотніх схрещувань (бекросів), суть якого полягає у послідовній гібридизації в ряді поколінь ЦС гібридного потомства із батьківською формою – запилювачем ЗС із генотипом $Nxxzz$ у суворо контрольованих умовах.

Селекційна цінність ЦС ліній визначається цінністю ЗС, оскільки після низки зворотніх, а за своєю суттю – насичуючих – схрещувань стерильна

за пилок лінія перетворюється в аналог фертильного закріплювача стерильності. Заміщення генотипу проходить за етапами, наведеними у таблиці 1.

Перше схрещування – аналізуюче. За співвідношенням стерильних і фертильних рослин визначають генотип закріплювача стерильності при цьому застосовують метод хи-квадрат.

Таблиця 1

Етапи створення ЧС аналогів однонасінних ліній-закріплювачів стерильності

Схрещування	Генерація, покоління	Тип схрещування	Заміщення генотипу ЧС форми, %
Sxxxz × Nxxxz	F ₁ , перше	Аналізуюче	50,0
те ж	F ₁ BC ₁ , друге	Насичуюче	75,0
- "	F ₁ BC ₂ , третє	те ж	87,5
- "	F ₁ BC ₃ , четверте	- "	93,8
- "	F ₁ BC ₄ , п'яте	- "	96,9
- "	F ₁ BC ₅ , шосте	- "	98,5

Таким чином, четверте-п'яте покоління з високим відсотком заміщення генотипу стерильної лінії генотипом ЗС цілком придатні для практичної селекції. Послідовні насичуючі схрещування виявляють незначну кількість рослин з неповною стерильністю, що залежить як від генотипу ЧС форми, так і інших (паратипових) причин.

Проте можна відібрати лінії, які стійко зберігають здатність до закріплення стерильності. Такі ЧС лінії – аналоги використовують для одержання високопродуктивних гібридів.

2.2. Прості стерильні гібриди як материнський компонент

Материнські форми – лінії ЧС аналоги, зазнаючи інбредної депресії за основними господарсько цінними ознаками, знижують продуктивність (до 80 % і нижче порівняно зі стандартом). Схрещуванням з багатонасінним запилювачем при формування кінцевих гібридів часто не вдається отримати комбінації з гарантованою прибавкою врожайності, цукристості, збору цукру порівняно з прийнятими груповими стандартами. Тому для запобігання негативного впливу інцухт-депресії ЧС аналоги схрещують з неспорідненими ЗС, одержуючи при цьому прості стерильні гібриди як материнський компонент, використовуючи для цього однобічні циклічні схрещування (ОЦС) (табл. 2).

Цей метод є різновидністю топкросів. Особливістю його є те, що селекціонер працює з двома наборами ліній – групою стерильних і групою фертильних за пилок форм. При чому для фертильних ліній тестерами служать ЧС форми, а для стерильних – лінії із набору запилювачів (фертильні форми). Перевагою методу є повна гібридність одержаного насіння, що

забезпечує високу точність аналізу на комбінаційну здатність. Крім того, поряд з характеристикою матеріалів селекціонер може виділити перспективні комбінації високопродуктивних гібридів.

Таблиця 2

Матриця схрещувань отримання простих стерильних гібридів як материнську форму цукрових буряків

Материнська форма	Батьківська форма			
	Запилювачі стерильності			
	ЗС1	ЗС 2	ЗС. 3	ЗС. ... n
ЧС1	X	X	X	X
ЧС2	X	X	X	X
ЧС3	X	X	X	X
...				
ЧСn	X	X	X	X

На ділянках (клуббах) почергово висаджують ряди коренеплодів одного запилювача і набору всіх ЧС форм. Кількість клубб визначається кількістю запилювачів. Гібридне насіння збирають з материнського компоненту і наступного року висівають у сортовипробування. Комбінації від схрещування конкретної материнської форми – ЧС лінії (ЧС1, ЧС2, ЧС3 і т.д.) з неродинними закріплювачами стерильності за своєю генетичною природою є простими стерильними гібридами (ПСГ).

Цей метод є досить інформативним для характеристики лінії за їх комбінаційною здатністю, так як дозволяє визначити ефекти ЗКЗ і СКЗ і виявити переважаючий вплив тих чи інших типів генних взаємодій (адитивність, домінування, наддомінування) при формуванні кінцевої ознаки у гібридів з покращеною якістю коренеплодів – виходу цукру.

Теоретичною основою для отримання ПСГ є універсальність ЗС, тобто вони забезпечують стерильність гібридного потомства від схрещування зі стерильними формами будь-якого походження. Відомі також і специфічні запилювачі, які викликають стерильність лише у деяких потомствах. Це – ЗС рамонського типу, потомства яких складаються із стерильних і напівстерильних першого типу рослин, а також Rf^{par} – типу, що забезпечують стерильність від першого закріплюючого схрещування у стерильних форм різного походження, проте не передбачають створення їх ЧС аналогів. Необхідно зазначити, що такі специфічні ЗС не мають перспективного селекційного використання і здебільшого слугують об'єктами для генетичного вивчення природи ознаки стерильності-фертильності пилку в цілому.

Схрещування набору ЧС ліній з набором ЗС проводять за типом односторонніх циклічних схрещувань. За гібридними комбінаціями оцінюють комбінаційну здатність як ЗС, так і ЧС ліній.

Комбінаційну здатність материнських компонентів у вигляді простих стерильних гібридів визначають методом топкрос з використанням фертильних тестерів, де одночасно з оцінкою компонентів отримують експериментальні гібриди на ЧС основі. Батьківські форми кращих комбінацій розмножують з метою подальшого відтворення перспективних гібридів.

Таким чином, у сучасній селекції використовуються і лінії ЧС аналогів О типу, і прості стерильні гібриди. Основним вважається не структура материнських компонентів (їх гетерогенність), а комбінаційна здатність за елементами продуктивності.

Отримані у польовому експерименті значення продуктивності материнського компоненту ЧС гібридів за допомогою формул, наведених у монографії О. М. Ганженка (2023). Перерахунок продуктивності зводиться до того, що маса рослин складається з вуглецю приблизно на 40–50 %. Отже, за розрахунковими даними вміст вуглецю в 1 тонні сухої біомаси складає біля 450 кг вуглецю, а кількість депонованого диоксиду вуглецю вираховують за співвідношенням молярних мас, перемноживши значення кількості зв'язаного вуглецю на коефіцієнт 3,67. З урахуванням всіх коефіцієнтів специфічний коефіцієнт для розрахунку поглинання CO₂ з атмосфери становить 0, 5359. Приклад декарбонізуючої здатності селекційних матеріалів буряків цукрових наведено у таблицях 3–5.

У зв'язку з глибокою інцухт-депресією від близькородинного схрещування при створенні ліній ЧС аналогів буряків цукрових, як материнський компонент використовували прості стерильні гібриди (ПСГ), отримані від гібридизації ЧС ліній з неродинними закріплювачами стерильності. При цьому стерильність зберігалася, а депресивність по продуктивності була частково усунута.

Внаслідок застосування як материнської форми дволінійного компоненту буряків цукрових збільшувалася їхня продуктивність, а отже і показники асимільованого з атмосфери вуглецю і диоксиду вуглецю збільшувалася, що в плані декарбонізації атмосфери агроценози останніх мали перевагу.

Так, середня урожайність ЧС ліній-аналогів (таблиця 3 – дані по діагоналі) була 29,95 т/га, тобто вони є депресивними внаслідок кількох поколінь близькородинних насичуючих схрещувань, а урожайність ПСГ – 44,30 т/га, вона збільшилася із-за підвищення ступеню гетерозиготності. Отже, і маса зв'язаного CO₂ була більшою: 22,43 у ПСГ проти 15,67 т/га у ліній (табл. 4). Відповідно, і показники фіксованого вуглецю у ПСГ були вищими і становили 6,33 проти 4,27 т/га (у ЧС ліній-аналогів) (табл. 5).

Таблиця 3

Урожайність простих стерильних гібридів цукрових буряків, т/га

№ п/п	ЧС лінії	От 1	От 2	От 3	От 4	От 5	Середні значення по ПСГ
1	ЧС 1	22,71	44,50	42,73	46,40	51,00	46,20
2	ЧС 2	35,87	34,10	46,70	37,30	45,00	41,20
3	ЧС 3	40,03	43,27	31,02	43,50	34,67	40,40
4	ЧС 4	44,10	41,07	45,10	29,90	37,00	41,80
5	ЧС 5	48,57	48,47	42,70	48,97	28,51	47,20
	М	44,33	44,33	44,31	44,04	41,92	44,30

$M_{чс} = 29,25$ т/га; $M_{псг} = 44,30$ т/га

Таблиця 4

Кількість зв'язаного диоксиду вуглецю простими стерильними гібридами цукрових буряків як материнських компонентів гібридизації, т/га

№ п/п	ЧС лінії	От 1	От 2	От 3	От 4	От 5	Середні значення по ПСГ
1	ЧС 1	12,17	23,85	29,90	24,87	27,33	20,99
2	ЧС 2	19,22	18,27	25,03	19,99	24,16	22,10
3	ЧС 3	20,65	23,19	16,62	23,31	18,58	21,43
4	ЧС 4	23,63	22,01	24,17	16,02	19,83	22,41
5	ЧС 5	26,03	25,98	22,88	26,24	15,28	25,28
	М	22,38 _{псг}	23,74 _{псг}	25,50 _{псг}	23,63 _{псг}	22,48 _{псг}	22,43

$M_{чс} = 15,67$; $M_{псг} = 22,43$

Таблиця 5

Кількість зв'язаного вуглецю простими стерильними гібридами цукрових буряків як материнських компонентів гібридизації, т/га

№ п/п	ЧС лінії	От 1	От 2	От 3	От 4	От 5	Середні значення по ПСГ
1	ЧС 1	3,32	6,62	6,24	6,78	7,47	6,78
2	ЧС 2	5,24	4,98	6,82	5,47	6,57	6,01
3	ЧС 3	5,85	6,32	4,53	6,35	5,06	5,90
4	ЧС 4	6,44	6,00	6,59	4,36	5,40	6,11
5	ЧС 5	7,09	7,08	6,24	7,15	4,16	6,87
	М	6,15 _{псг}	6,51 _{псг}	6,47 _{псг}	6,44 _{псг}	6,11 _{псг}	6,33

$M_{чс} = 4,27$ т/га; $M_{псг} = 6,33$ т/га

Отже, ПСГ, отримані від схрещування ЧС ліній-аналогів з неродинними закріплювачами стерильності (О типами) з огляду на зниження інцухт

депресії у станційних випробуваннях показали більшу у 1,5 разу урожайність (у середньому по набору $M_{псг} = 44,30$ т/га проти $M_{чс} = 29,25$ т/га), і, відповідно, у 1,5 разу збільшилися показники декарбонізації: у перерахунку на кількість депонованого вуглецю, що становило $M_{чс} = 4,27$ т/га; $M_{псг} = 6,33$ т/га та діоксиду вуглецю – це відповідало $M_{чс} = 15,67$; $M_{псг} = 22,43$ т/га. Селекційну перевагу мали ПСГ, які перевищували середні значення по ПСГ за участю певних ліній ЧС аналогів.

Оскільки як продуктивність, так і здатність до фіксації карбону при синтезі органічних речовин значною мірою залежить від абіотичних факторів, серед яких є площа живлення, наявність мінерального удобрення, у схему досліджень з метою визначення закономірності фенотипового прояву і мінливості господарсько-цінних ознак слід залучити градієнт середовищ. Селекційними агрофонами можуть бути підвищений і звичайний фон мінерального живлення ЗФ – $N_{60}P_{60}K_{60}$; ПФ – $N_{90}P_{90}K_{69}$, а також розширена і звичайна площа живлення ЗП – $45 \times 22,5$ см²; РП – 45×45 см², які регулюють рівень використання доступних елементів середовища. Тобто добори кращих ПСГ цукрових буряків тоді можна вести з урахуванням модифікуючих факторів за різного поєднання модифікуючих факторів середовища: ЗФЗП, ЗФРП, ПФЗП та РФРП).

На отриманих раніше наших експериментальних даних, усереднених по материнському компоненту, встановлено, що «додавання» модифікуючого фактора підвищувало збір цукру.

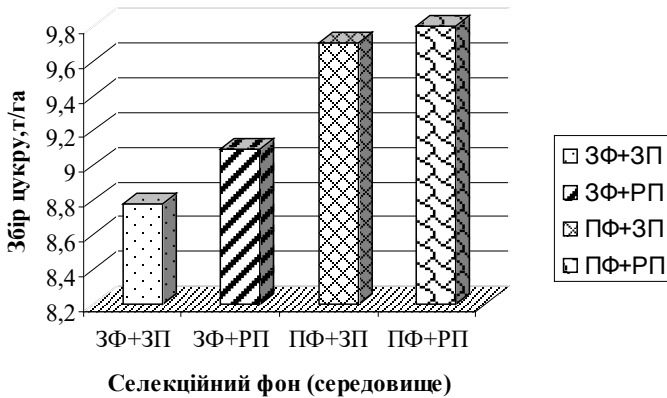


Рис. 4. Вплив селекційного фону на збір цукру ЧС компонентів

Отже, обсяги поглинання «чистого» карбону і діоксиду вуглецю залежать від багатьох факторів (генетична структура сорту/гібриду, клімат, стан ґрунту, абіотичні фактори, що впливають на прояв продуктивності рослин).

3. Створення батьківського компоненту ЧС гібридів цукрових буряків

Для створення фертильних багатонасінних ліній-запилювачів (БЗ) – компонентів кінцевих трилінійних гібридів використовують популяційні матеріали, продукти індивідуальних доборів за різними напрямками (урожайний, цукристий, нормальний – E, Z, N), а також лінії різних інбредних поколінь. Це можуть бути як самонесумісні, так і самосумісні форми цукрових буряків. Багатонасінні запилювачі повинні характеризуватися високою комбінаційною здатністю, доброю пилкоутворювальною здатністю і якістю пилку, стійкістю до хвороб листового апарату].

В індивідуальних ізолятора, де проходить примусове самозапилення (інцухт), мають знаходитися по одній рослині. У такому випадку внаслідок дії системи самонесумісності отримують невелику кількість насіння, багато рослин взагалі не формують насіння. Тому самонесумісні форми попередньо схрещують з донорами гена самофертильності, а під ізолятори поміщають по одній рослині таких гібридних зразків. Одночасно до фертильної рослини підсаджують ЧС рослини (єдиний пилко-стерильний тестер). Цим самим досягається самозапилення (одержання F_1I_1) з одночасною гібридизацією з ЧС тестером для наступної оцінки за ЗКЗ.

Якщо самозапилення з одночасною гібридизацією з ЧС тестером проводиться в умовах СТК, то коренеплоди висаджують в окремі вазони. Пари формують залежно від синхронності цвітіння: у випадку неспівпадання за строком цвітіння вазони переставляють так, щоб фази розвитку співпадали.

Перед цвітінням материнського компоненту бракують напівстерильні, уражені хворобами, пізньостиглі рослини.

Насіння збирають окремо з кожної рослини. На ЧС рослинах – це гібридне насіння (F_1), на рослинах-запилювачах – насіння F_1I_1 . Підраховують ступінь зав'язування насіння обох компонентів схрещування. Якщо на запилювачі цей показник не нижчий, ніж на ЧС рослині, то такий запилювач кваліфікують як кандидат у самофертильні рослини (добір за фенотипом). У подальшому по успадкуванню цієї ознаки судять про наявність гена самофертильності в генотипі лінії-запилювача.

Гібридне насіння із ЧС рослин весною наступного року висівають у полі для випробування стандартним методом. Якщо насіння достатньо, то випробування проводять у 2-3-кратній повторності.

Насіння F_1I_1 від самозапилення гібридів, одержаних схрещуванням самонесумісних форм і донорів гена Sf, весною наступного року висівають в розплідник з метою одержання коренеплодів для подальшої селекційної роботи.

За даними сортовипробування ЧС гібридного насіння визначають генетичну цінність багатонасінних ліній запилювачів (БЗ), розраховуючи ефекти комбінаційної здатності за методикою.

Лінії, які характеризуються високими значеннями ефектів ЗКЗ за врожайністю і цукристістю ($> НСР_{05}$), або при менш жорсткому доборі ($> 1/2 - < НСР_{05}$), або ж високою СКЗ, збирають у розпліднику, інші – бракують.

Для їх оцінки декарбонізуючої здатності атмосфери запилювачів за формулами, аналогічно як це описано на материнському компоненті, переводять значення продуктивності у кількість зв'язаного вуглецю диоксиду вуглецю з добором кращих із них.

4. Формування трилінійних ЧС гібридів цукрових буряків

Генетична цінність (загальна ЗКЗ і специфічна СКЗ) комбінаційна здатність одночасно з добором гетерозисних комбінацій визначається у станційному сортовипробуванні за схемою багатотестерного топкросу

На ділянках вільного перезаплення висаджують коренеплоди всіх відібраних ПСГ. Між ними садять коренеплоди багатонасінного запилювача за матрицею схрещувань (табл. 6). Кількість клумб визначається кількістю багатонасінних запилювачів, оскільки ПСГ – це стерильні за пилком компоненти.

Таблиця 6

Матриця схрещувань для отримання трилінійних ЧС гібридів цукрових буряків

Запилювачі	ЧС лінії Компонент	Значення ознаки гібридів, з/повторення			
		I	II	III	IV
БЗ 1	ПСГ1 ПСГ2 ПСГn				
БЗ 2	ПСГ1 ПСГ2 ПСГn 1 ЧС2 ЧСn				
БЗ n	ПСГ1 ПСГ2 ПСГn ЧС 1 ЧС2 ЧСn				

За результатами польових досліджень вираховують гетерозисний ефект у кожного із гібридів за формулами:

– по відношенню до кращої батьківської форми:

$$\Gamma_{\text{іст.}} = (F - P_{\text{кращ}}) / P_{\text{кращ}} \times 100$$

– по відношенню до стандарту :

$$\Gamma_{\text{конк}} = (F - St) / St \times 100$$

де $G_{\text{іст.}}$, $G_{\text{конк.}}$ – гетерозис істинний, гетерозис конкурсний, %, F_1 – гібрид, т/га для врожайності, % для цукристості, т/га для збору цукру; кращ. – краща батьківська форма, т/га для врожайності, % для цукристості, для збору цукру St – стандарт.

Кращі ПСГ як материнські компоненти і кращі БЗ як компоненти запилювачі до пилкостерильних форм з високими ефектами комбінаційної здатності як генетично цінні компоненти розмножують, насіння передають до станційних колекцій і реєструють у Національному фонді генетичних ресурсів рослин, також залучають їх у селекційний процес по програмі «Бетакрос», а ті гібриди, у яких виявилось достовірне перевищення продуктивності – передають у державне сорто випробування.

Селекція на підвищену продуктивність ЧС гібриду буряку цукрових за використання генетично обумовленого гетерозису при схрещуванні батьківських компонентів одночасно є екологічною селекцією, яка спрямована на поліпшення стану атмосфери у зв'язку з їх декарбонізуючою здатністю, що дозволяє раціонально планувати агроценози сільськогосподарських культур.

Наукове видання

**М. О. Корнеєва, С. Д. Орлов, В. А. Доронін, В. Й. Стефанюк,
П. І. Вакуленко, Л. С. Андрєєва, М. П. Байда**

**СТВОРЕННЯ ТРИЛІНІЙНИХ ЧС ГІБРИДІВ
БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ (*BETA VULGARIS L.*)
З ПІДВИЩЕНИМИ ПРОДУКТИВНІСТЮ
І ДЕКАРБОНІЗУЮЧОЮ ЗДАТНІСТЮ
АТМОСФЕРИ**

Науково-методичні рекомендації

Електронне видання

Погоджено до опублікування 16.04.2026.
Формат: PDF. Гарнітура Cambria.

Видавець

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25
Тел.: (044) 275-50-00; e-mail: sugarbeet@ukr.net
<https://bio.gov.ua>

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 5713 від 19.10.2017

