

УДК 633.63:631.52:575.125

Оцінка вихідного матеріалу багатонасінних запилювачів буряків цукрових та добір перспективних форм

О. В. Дубчак¹,  О. І. Присяжнюк²

¹Верхняцька дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Шкільна, 1, смт Верхнячка, Уманський р-н, Черкаська обл., 20022, Україна,

e-mail: betaver2019@gmail.com

²Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: ollpris@gmail.com

Мета. Вивчити особливості генетичної природи вихідних форм (ВФ) кандидатів багатонасінних запилювачів (кБЗ) батьківських компонентів пробних ЦЧС гібридів та дібрати найкращі зразки комбінаційно здатних запилювачів з високим адаптивним потенціалом та цінними господарськими ознаками. **Методи.** Застосували такі селекційні методи, як рекомбінація, гібридизація і добір, а також аналізуючі, полікросні й топкросні схрещування. Вихідними формами слугували рекомбінантні багатонасінні матеріали, донорами – аборигенні БЗ, тестерами – однонасінні цитоплазматичні чоловічостерильні (ЦЧС) лінії колекції сортів Верхняцької дослідно-селекційної станції (ВДСС). **Результати.** Установлено, що врожайність і цукристість кБЗ селекції ВДСС залежали від багатьох факторів, зокрема від генетичного потенціалу селекційного матеріалу. Для вдосконалення кБЗ провели насичувальні схрещування за схемою «полікрос» з наступним вивченням показників продуктивності. Створені багатонасінні гібриди-синтетики вивчали за схемою «топкрос» як батьківські компоненти ЦЧС пробних гібридів (ПГ). **Висновки.** У результаті вивчення генетичної природи ВФБЗ встановлена можливість створення батьківських компонентів ПГ. Завдяки донорам високої цукристості створено нові кБЗ. Відібрані найкращі селекційні зразки зі значною часткою цінних генотипів з високим адаптивним потенціалом і широкою генетичною основою: ГСкБЗ_{4д}F₂ / ЦЧС₁ і ГСкБЗ_{4д}F₂ / ЦЧС₄; ГСкБЗ_{5д}F₂ / ЦЧС₁ і ГСкБЗ_{5д}F₂ / ЦЧС₂; ГСкБЗ_{6д}F₂ / ЦЧС₃ і ГСкБЗ_{6д}F₂ / ЦЧС₅ та ГСкБЗ_{7д}F₂ / ЦЧС₃ і ГСкБЗ_{7д}F₂ / ЦЧС₅. При їх гібридизації з ЦЧС лініями, навіть у стресових умовах середовища, можливо отримати гібриди з високими показниками продуктивності.

Ключові слова: генотип; компонент; гібрид; гетерозис; продуктивність.

Вступ

Реалізація потенційної продуктивності гібридів буряків цукрових залежить від багатьох чинників: антропогенних, біотичних, абіотичних тощо, а також від якості компонентів схрещування. Найбільш результативним, дешевим та екологічно чистим чинником зростання виробництва продукції є селекція. При створенні нових вихідних форм важливо добирати селекційні матеріали з поєднанням в генотипі високої пластичності, стійкості, продуктивності. Систематичне збагачення колекції сортів новими вихідними формами з широкою спадковою мінливістю є одним із ключових завдань селекції буряків цукрових. Освоєння нових компонентів гібридів є найвигіднішим заходом підвищення їхньої продуктивності. Високі показники цукристості та врожайності забезпечують максимальний вихід цукру з одиниці площі в гібридів культури.

Сучасний розвиток селекційно-генетичних програм дедалі більше потребує пошуку нових методів, що дають змогу виявити всі потенційні можливості рослинного організму та водночас у стислі строки отримати новий вихідний матеріал. Успішне створення і добір батьківських компонентів у селекційному процесі значною мірою залежить від генетичного різноманіття вихідних форм, їхньої селекційної цінності та методів оцінювання за комбінаційною здатністю і продуктивністю. Основними методами створення вихідних форм з підвищеною адаптивністю є гібридизація, рекомбінація та добір. Дослідження взаємодії генотипу та середовища в процесі

формування та вивчення продуктивності нових вихідних матеріалів дає змогу досить точно визначити генетичну цінність перспективних компонентів схрещування. Гібридний фенотип за цукристістю, як і за іншими полігенними ознаками, формується на основі впливу генотипу батьківських форм і мінливих умов довкілля, які, своєю чергою, впливають на їхню продуктивність. Актуальною проблемою є виділення та закріплення високої цукристості у потомстві вихідних форм, оскільки вона значною мірою залежить від чинників зовнішнього середовища [1–3].

Для забезпечення успіху селекції на гетерозис необхідно, щоб вихідні матеріали, залучені до селекційної роботи, характеризувалися високою генотиповою мінливістю, пластичністю та продуктивністю, що зумовлюються якісним вихідним матеріалом і вдалим добром батьківських пар. Важливо, щоб гібриди, створені на їхній основі, відповідали світовим стандартам за рівнем урожайності та якістю продукції. Досягнення таких параметрів урожаю потребує поєднання високої потенційної продуктивності з генетично обумовленою стійкістю й адаптивністю до умов вирощування в різних ґрунтово-кліматичних зонах [4, 5].

У сучасних умовах селекційні дослідження спрямовані на створення гібридів на стерильній основі з використанням явища гетерозису. Найімовірніше вияв гетерозису спостерігається за гібридизації генетично віддалених форм, тому для створення гібридних зразків до селекційного опрацювання доцільно залучати багатонасінні запилювачі та ЦЧС-форми різного походження [6, 7].

Мета досліджень – вивчити особливості генетичної природи вихідних форм (ВФ) кандидатів багатонасінних запилювачів (кБЗ) батьківських компонентів пробних ЦЧС гібридів та дібрати найкращі зразки комбінаційно здатних запилювачів з високим адаптивним потенціалом та цінними господарськими ознаками.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили на Верхняцькій дослідно-селекційній станції (ВДСС) Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН у регіоні нестабільного вологозабезпечення впродовж 2017–2024 рр.

Вихідними формами (ВФ) були матеріали колекції верхняцької селекції вітчизняного та зарубіжного походження. Багатонасінні рекомбінантні (rk) фертильні ВФ закордонної генплазми: ВФ₄KF₀, ВФ₅CF₀, ВФ₆OF₀, ВФ₇MF₀, створені на їхній основі багатонасінні гібриди – синтетики (ГС): ГС₄KF₁, ГС₅CF₁, ГС₆OF₁, ГС₇MF₁ та їхнє потомство – кандидати в багатонасінні запилювачі (кБЗ): ГСБЗ₄KF₂, ГСБЗ₅CF₂, ГСБЗ₆OF₂, ГСБЗ₇MF₂.

Як тестери використали цитоплазматичні чоловічостерильні (ЦЧС) лінії (ЦЧС₁mt, ЦЧС₂or, ЦЧС₃sd, ЦЧС₄kw, ЦЧС₅pt). Стандартами були батьківські компоненти районованого гібрида 'Козак', селекції ВДСС.

Для забезпечення однорідності, стабільності та генетичної цінності за селектованими ознаками ВФ та їх потомства дослідження проводили із застосуванням загальноприйнятих методів і методик селекції буряків цукрових. Зокрема, використовували методи рекомбінації, гібридизації та добору. Нові ВФ створювали як в умовах вільного перезапилення, з урахуванням просторової ізоляції, так і з використанням групових ізоляторів типу Д-01. Проводили насичувальні, аналізувальні, пробні та інші схрещування, зокрема за схемами «полікрос» і «топкрос».

Фертильність і багатонасінність насінників БЗ, а також стерильність і роздільноплідність ЦЧС-форм визначали за класифікацією Оуена. Для поліпшення морфологічних ознак здійснювали індивідуальний добір насінників за селекційно цінними ознаками. Посівні якості насіння визначали відповідно до вимог ДСТУ 2292-93 [8, 9].

Показники продуктивності визначали згідно з Методиками проведення досліджень у буряківництві [10]. Статистичну обробку отриманих даних здійснювали методом дисперсійного аналізу з використанням Microsoft Excel [11].

Результати досліджень.

На початкових етапах селекційної роботи здійснювали оцінювання вихідних форм (ВФ) буряків цукрових, що включало добір родоначальників за результатами індивідуальної поляризації з подальшим випробуванням їхнього потомства (педігрі). Метод педігрі – це метод комбінаційної селекції рослин, оснований на багаторазовому індивідуальному доборі й постійному контролі дібраного потомства з аналогічним підходом у наступних поколіннях. У селекційному розсаднику проводили оцінювання ВФ та отриманого від них потомства за ознаками «маса коренеплоду» і

«вміст цукрів», із подальшим підрахуванням середніх показників. За результатами поляризації формували групи доборів: «супереліта», «еліта», «еліта поляризаційна». Проводили добір (д) номерів родоначальників із збільшенням маси коренеплодів порівняно з вихідними формами: дгkВФ₄К (456–742 г) та дгkВФ₆О (443–644 г). Незважаючи на посуху, в категорії «супереліта» відзначено збільшення маси коренеплодів (122 і 110 % до стандарту). Найвищий уміст цукрів спостерігався у походженнях дгkВФ₅С і дгkВФ₇М (110 і 111 % відповідно). У ВФ та їхніх доборах встановлено кореляційну залежність між масою коренеплоду та вмістом цукрів у ньому. Аналізували коефіцієнти кореляції, де відзначено тісний кореляційних зв'язок між ВФ і доборами з них (табл. 1).

Таблиця 1

Середні показники коефіцієнтів кореляції вихідних форм і їхніх доборів

Походження	Етапи досліджень			
	I		II	
	ВФ F ₀	добір	ВФ F ₀	добір
дгkВФ ₄ К	-0,28	-0,44	-0,41	-0,48
дгkВФ ₅ С	-0,23	-0,39	-0,36	-0,45
дгkВФ ₆ О	-0,26	-0,41	-0,38	-0,46
дгkВФ ₇ М	-0,28	-0,36	-0,32	-0,43

Установлено істотну, але порівняно не високу, від'ємну кореляційну залежність між масою коренеплоду та вмістом цукрів ВФ і доборів. Це свідчить про можливість одночасного селекційного поліпшення матеріалів за обома ознаками. Метод «педігрі» дає змогу вивчати генетику ознак досліджуваних матеріалів і ефективно проводити практичну селекцію.

Індивідуальний добір родоначальників та їх оцінку проводили в комплексі, керуючись не лише показниками «врожайність», «уміст цукрів» і «збір цукру», а й зважаючи на вміст шкідливих іонів калію (K⁺) і натрію (Na⁺) та комбінаційну здатність відібраних матеріалів. Рекордистами за врожайністю, вмістом та збором цукру виявились потомства генетичних гілок дгkВФ₄К, які становили 108,1; 100,7 та 108,7 % відповідно до батьківської форми. Високоврожайні добори гілок дгkВФ₇М (59,2 т/га) та дгkВФ₆О (61,0 т/га) перевищили вихідну форму за врожайністю (54,2 т/га) від 5 до 12,6 %. Завдяки цьому збір цукру їх був у межах 104,1 %.

Потомства дгkВФ₆О отримали врожайність 56,7 т/га, що перевищувало вихідну форму, але дещо поступалось їй за вмістом цукрів у коренеплодах. Найкращими за цією ознакою стали добори з походження дгkВФ₅С – 17,62 % при показнику ВФ – 17,49 %. Збір цукру їх перевищував ВФ лише на 0,4 т/га, лідирували потомства гілок доборів дгkВФ₄К та дгkВФ₅С, які отримали 108,7 та 107,7 % відповідно. За результатами аналізу збір цукру з доборів родоначальників був у межах від 9,6 до 10,3 т/га (ВФ – 9,5 т/га).

Водночас у сировині потомства враховували вміст нецукрів, які впливають на процес утворення цукрів у коренеплодах. Очевидно, що для ефективного добору селекційних матеріалів необхідно мати узагальнювальний результативний параметр, який дає змогу здійснювати добір за комплексом ознак. Відібрали селекційні зразки із задовільним поєднанням високих значень елементів продуктивності і низьким вмістом нецукрів.

У доборах (д) за ознакою «врожайність» виділили три генотипи: д₄К1 (1,05), д₄К2 (1,80), д₆О6 (0,82); за цукристістю – два: д₅С4 (0,17), і д₇М7 (0,21). За збором цукру найкращими були д₄К2 (0,22) і д₅С4 (0,23), які мали від'ємні значення комбінаційної здатності (КЗ) за вмістом нецукрів. Вони також вирізнялися як кращі за КЗ за ознакою «вміст Na⁺» – д₄К2 (-0,12) і д₅С4 (-0,15), проте були гіршими за КЗ за ознакою «вміст K⁺» (0,31 і 0,32 відповідно). Найкращі за технологічними якостями матеріали, які характеризувалися високими від'ємними ефектами, представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Комбінаційна здатність багатонасінних ВФ і їхніх потомств (2017 р.)

Ознака	гkВФ ₄ К		гkВФ ₅ С		гkВФ ₆ О		гkВФ ₇ М		Коефіцієнт регресії
	д ₄ К1	д ₄ К2	д ₅ С3	д ₅ С4	д ₆ О5	д ₆ О6	д ₇ М7	д ₇ М8	
Урожайність	1,05	1,80	-0,32	0,33	-0,11	0,82	-2,95	0,98	5,86
Цукристість	-0,06	-0,11	-0,04	0,17	0,12	0,05	0,21	-0,33	0,09
Збір цукру	0,12	0,22	0,24	0,23	0,08	0,15	-0,36	-0,02	-
Уміст K ⁺	0,04	0,31	-0,15	0,32	0,04	-0,11	-0,4	0,05	0,82
Уміст Na ⁺	-0,06	-0,12	0,24	-0,15	0,11	-0,12	-0,07	-0,04	-0,34
Спрощена КЗ	59,3	-14,6	31,4	-9,9	-3,0	32,6	-79,1	43,5	-

У генотипів д₄К1 і д₇М8 комбінаційна здатність за цукристістю та збором цукру перебувала на середньому популяційному рівні. Така варіабельність характеристик за багатьма ознаками ускладнювала добір найкращих матеріалів з урахуванням усіх показників. За інтегральним показником спрощеної комбінаційної здатності рекордистами – кандидатами в багатонасінні запилювачі – виявилися зразки (кБЗ)д₄К1 (59,3), д₅СЗ (31,4), д₆ОБ (32,6) та д₇М8 (43,5). Їх вивчали в насичувальних схрещуваннях 2018 року за умов вільного перезапилення з багатонасінними донорами цінних ознак іншого еколого-географічного походження з подальшим індивідуальним добором найкращих селекційних номерів, їх випробуванням та розмноженням.

У попередньому випробуванні 2019 року вивчали перспективні кБЗ з доборів (д) чотирьох генетичних гілок: д₄К1кБЗ, д₅СЗкБЗ, д₆ОБкБЗ, д₇М8кБЗ. Кращими за врожайністю, вмістом цукрів у коренеплодах та збором цукру виявилися потомства д₄К1кБЗ. Вони перевищили груповий стандарт за врожайністю коренеплодів на 13,1 %, забезпечивши 57,1 т/га з умістом цукрів 18,26 %.

Потомства д₅СЗкБЗ, д₆ОБкБЗ і д₇М8кБЗ формували врожайність 56,4; 53,7 і 56,6 т/га відповідно. Їхні показники вмісту цукрів у коренеплодах становили: д₅СЗкБЗ – 17,71 %, д₆ОБкБЗ – 17,59 і д₇М8кБЗ – 18,04 % (стандарт – 17,39 %). За показником «збір цукру» лідували добори генетичних гілок д₄К1кБЗ та д₇М8кБЗ, які забезпечили 118,2 та 114,8 % до рівня стандарту відповідно (табл. 3).

Таблиця 3

**Характеристика багатонасінних ВФ і доборів кБЗ
за результатами попереднього сортовипробування (2019 р.)**

Походження селекційного зразка	Показники продуктивності								
	абсолютні			% до ВФ по досліді			% до стандарту		
	урожай- ність, т/га	уміст цукрів, %	збір цукру, т/га	урожай- ність	уміст цукрів	збір цукру	урожай- ність	уміст цукрів	збір цукру
Середнє ВФ	50,9	17,57	8,9	100,0	100,0	100,0	100,8	101,0	101,1
Середнє д ₄ К1кБЗ	57,1	18,26	10,4	112,2	103,9	116,9	113,1	105,0	118,2
Середнє д ₅ СЗкБЗ	56,4	17,71	10,0	110,8	100,8	112,4	111,6	101,8	113,6
Середнє д ₆ ОБкБЗ	53,7	17,59	9,4	105,5	100,1	105,6	106,3	101,2	106,8
Середнє д ₇ М8кБЗ	56,6	18,04	10,1	111,2	102,7	113,5	112,1	103,7	114,8
Середнє стандарту	50,5	17,39	8,8	99,2	99,0	98,9	100,0	100,0	100,0
НІР _{0,05}	1,2	0,4	0,3	1,1	0,2	0,1	1,4	0,3	0,2

Збір цукру нових рекомбінантних кБЗ становив від 9,4 до 10,4 т/га, що перевищувало показник стандарту (8,8 т/га). Було проведено індивідуальний добір і розмноження суперелітних селекційних номерів кБЗF₀. Важливим етапом досліджень стало поліпшення цих матеріалів і підтримання їх у гомозиготному стані.

Зважаючи на те, що лише батьківські компоненти з високими показниками власної продуктивності можуть забезпечити необхідний ефект гетерозису, у 2020 році проводили гібридизацію нових кБЗF₀ з донорами господарсько-цінних ознак за схемою «полікрос». Комбінації контрольованих насичувальних схрещувань закладали під груповими ізоляторами. У результаті отримано експериментальні гібриди-синтетики (ГС) кБЗГСдF₁, удосконалені за селекційно-цінними ознаками (фертильність і багатонасінність плодів – 100 %) з високою продуктивністю насінників (190–320 г кондиційного насіння з рослини). Найкращі за посівними якостями насіння добори вивчали в досліді «Попереднє випробування» та «Попереднє розмноження».

За результатами випробування у 2021 році доборів кБЗГСдF₁ з'явилась можливість проаналізувати динаміку поліпшення господарсько-цінних ознак у потомстві. Нові кандидати в БЗ продемонстрували рекордні показники врожайності. Більшість із них суттєво перевищували стандарт (54,4 т/га): № 80 кБЗГСд₄F₁ – 80,7 т/га; № 81 кБЗГСд₅F₁ – 76,2; № 82 кБЗГСд₆F₁ – 77,1 та № 83 кБЗГСд₇F₁ – 73,2 т/га, що становило відповідно 148,8; 140,6; 142,3 та 135,0 % до стандарту.

Кращими за ознакою «вміст цукрів» стали запилювачі генетичної гілки доборів кБЗд₆ГСF₁: № 66 – 18,27 % (104,5 % до стандарту – 17,49 %); № 72 – 18,23 % (104,2 %); № 78 – 18,92 % (108,2 %); № 82 – 18,07 % (103,3 %). Запилювачі кБЗд₄ГСF₁, кБЗд₅ГСF₁, і кБЗд₇ГСF₁ за селекційними номерами 75, 71 і 81 відповідно мали вміст цукрів 18,17; 17,97 і 17,73 %. Попри високу врожайність нових потомств, вміст цукрів у коренеплодах залишався відносно низьким. Тому добори перспективних кБЗГСдF₁ були залучені до повторних полікросних схрещувань.

Для створення поліпшених за вмістом цукрів потомств F_2 у 2022 році провели схрещування високоврожайних $kB3ГCдF_1$ із цукристими донорами аборигенних БЗ. У випробуванні 2023 року серед потомства запилювачів F_2 здійснено скринінгові дослідження матеріалів з високим вмістом цукрів у коренеплодах.

Одночасно в потомствах $ГCкБЗдF_2$ визначали вміст нецукрів (K^+ і Na^+), які переходять у сік і негативно впливають на процес цукроутворення. На основі аналізу вмісту K^+ і Na^+ в $ГCкБЗдF_2$, добори оцінено порівняно із середніми показниками групового стандарту в досліді. Виявлено найнижчі концентрації K^+ і Na^+ у коренеплодах деяких потомств F_2 , що, безумовно, створює передумови для підвищення в них вмісту цукрів (табл. 4).

Таблиця 4

Середні показники вмісту в коренеплодах розчинних елементів K^+ і Na^+ та цукрів кандидатів у багатонасінні запилювачі (2023 р.)

Походження генетичних гілок доборів	Уміст у коренеплодах		
	K^+ , мг/екв	Na^+ , мг/екв	цукрів, %
ВФГCBЗ ₄ F ₁	3,41	1,37	17,62
ВФГCBЗ ₅ F ₁	3,69	1,35	17,49
ВФГCBЗ ₆ F ₁	3,53	1,37	17,53
ВФГCBЗ ₇ F ₁	3,62	1,38	17,54
ГCкБЗ ₄ дF ₂	3,21	1,25	18,92
ГCкБЗ ₅ дF ₂	3,33	1,25	18,87
ГCкБЗ ₆ дF ₂	3,44	1,26	18,82
ГCкБЗ ₇ дF ₂	3,51	1,31	18,74
Середнє ВФ F ₀	3,85	1,41	17,01
Середнє стандартів	3,78	1,39	17,48

Серед запилювачів $ГCкБЗдF_2$ виділено зразки з найнижчими показниками нецукрів (K^+ – від 3,21 до 3,51 і Na^+ – від 1,25 до 1,31 мг/екв на 100 г розчинного соку) та задовільними показниками вмісту цукрів у коренеплодах (18,92–18,74 %). Нові кБЗ виявили високу толерантність проти хвороб, а також відзначалися пластичністю до біо- та абіотичних факторів умов зони досліджень. У досліді «Попереднє розмноження» отримано якісний кореневий матеріал, придатний для подальшого використання в селекційному процесі.

Для оцінки комбінаційної здатності нових багатонасінних запилювачів $ГCкБЗдF_2$ – батьківських компонентів гібридів – у 2024 році проведено схрещування за схемою «топкрос» з материнськими компонентами – ЦЧС лініями-тестерами.

За результатами фенологічних спостережень відзначено позитивну динаміку успадкування запилювачами високої обнасіненості куща з якісними, виповненими насіннями. Новостворені запилювачі $ГCкБЗ_4дF_2$ і $ГCкБЗ_6дF_2$ зберігали ознаку «фертильність» на рівні 100 %, тоді як запилювачі $ГCкБЗ_5дF_2$ і $ГCкБЗ_7дF_2$ – у межах 98–100 %.

Батьківські компоненти гібридів характеризувались задовільним рівнем багатонасінності (97–100 %), а материнські – роздільноплідності (97–100 %). Унаслідок гібридизації отримано низку однонасінних гетерозисних пробних гібридів на стерильній основі. Отримане насіння було проаналізовано за основними показниками якості.

Середні показники схожості насіння нових запилювачів знаходилися в межах 91–93 %, у ЦЧС тестерів – 90 %. Зафіксовано позитивний вплив нових $ГCкБЗдF_2$ на врожайність насіння пробних гібридів (ПГ), що становила від 100 до 185 г з рослини. Маса 1000 плодів була в межах 12,6–13,2 г.

Після очищення однонасінність плодів ПГ становила 99–100 %, а схожість насіння – 89–95 %. Імовірно, на рівень прояву господарсько-цінних ознак гібридів суттєво вплинув високий генетичним потенціал батьківських компонентів.

При формуванні стерильних ПГ від схрещування з новими $ГCкБЗдF_2$ у деяких комбінаціях відзначено високі значення комбінаційної здатності (КЗ). Ефекти КЗ компонентів схрещування та пробних ЦЧС гібридів за ознакою схожості насіння наведено в таблиці 5.

Незважаючи на посуху в період цвітіння рослин та зав'язування насіння, отримано задовільні показники його якості, що свідчить про наявність вдалих комбінацій: $ГCкБЗ_4дF_2$ / ЦЧС₁, і $ГCкБЗ_4дF_2$ / ЦЧС₄; $ГCкБЗ_5дF_2$ / ЦЧС₁ і $ГCкБЗ_5дF_2$ / ЦЧС₂; $ГCкБЗ_6дF_2$ / ЦЧС₃ і $ГCкБЗ_6дF_2$ / ЦЧС₅ та $ГCкБЗ_7дF_2$ / ЦЧС₃ і $ГCкБЗ_7дF_2$ / ЦЧС₅. Установлено, що висока схожість насіння, зумовлена генетично,

залежала як від комбінаційної здатності компонентів схрещування, їх походження та структури, так і від впливу кліматичних умов у період досліджень. Отримані результати оцінки комбінаційної здатності ЦЧС форм і ГСкБЗдF₂ дають підставу для залучення кращих ПГ до подальшого вивчення. Їх продуктивність буде досліджено в умовах попереднього сортовипробування у 2025 році для визначення ефектів ЗКЗ за показниками продуктивності.

Таблиця 5

Середні оцінки КЗ по схожості насіння ПГ на фоні ГСкБЗдF₂ (2024 р.)

Схожість ЦЧС ліній, % ↓	Гібридна комбінація ↓	Багатонасінний запилювач, середня схожість, %									↓		
		ГСБЗ ₄ дF ₂ – 91 %			ГСБЗ ₅ дF ₂ – 92 %			ГСБЗ ₆ дF ₂ – 91 %			ГСБЗ ₇ дF ₂ – 93 %		
		*	**	***	*	**	***	*	**	***	*	**	***
ЧС ₁ – 89,5	ЧС ₁ / кБЗ	94	± 4,5	+ 3,0	94	± 4,5	+ 2,0	94	± 4,5	+ 3,0	94	± 4,5	+ 1,0
ЧС ₂ – 90,1	ЧС ₂ / кБЗ	93	± 2,9	+ 2,0	94	± 3,9	+ 2,0	93	± 2,9	+ 2,0	95	± 4,9	+ 2,0
ЧС ₃ – 89,9	ЧС ₃ / кБЗ	94	± 4,1	+ 1,1	93	± 3,1	+ 1,0	95	± 5,1	+ 4,0	95	± 5,1	+ 2,0
ЧС ₄ – 89,4	ЧС ₄ / кБЗ	95	± 5,6	+ 4,0	94	± 4,6	+ 2,0	94	± 4,6	+ 1,6	94	± 4,6	+ 1,0
ЧС ₅ – 89,5	ЧС ₅ / кБЗ	93	± 3,5	+ 2,0	92	± 2,5	+ 0,4	95	± 5,5	+ 4,0	95	± 5,5	+ 2,0
НІР ₀₅		1,00			1,00			0,98			0,99		

* – схожість насіння пробних гібридів (ПГ), %; ** – ±, схожість насіння ПГ відносно до схожості ЦЧС лінії, %; *** – +, схожість насіння ПГ – до схожості запилювача, %.

Отже, у селекційну розробку були залучені найкращі за господарсько-цінними ознаками рекомбінантні вихідні форми та потомства їх селекційного опрацювання. Для їх поліпшення широко застосовували добори компонентів схрещування із суперелітних і елітних матеріалів, відібраних за комплексом цінних ознак. На основі донорів БЗ створено нові багатонасінні батьківські компоненти гібридів, які навіть за стресових умов середовища демонстрували високі показники продуктивності. Новостворені кБЗ характеризувалися комплексною стійкістю до біо- та абіотичних чинників зони нестійкого зволоження. При створенні пробних гібридів було враховано вплив нових багатонасінних батьківських компонентів на їхню продуктивність та якість.

Висновки

Проведено оцінку вихідних форм F₀ та добір перспективних потомств кБЗF₁ для селекції буряків цукрових. Застосовувавши ефективні й найпоширеніші у світовій практиці методи селекції, створено та відібрано найкращі потомства кБЗF₂ зі значною часткою цінних генотипів, які відзначалися високим адаптивним потенціалом і широкою генетичною основою.

Відібрано перспективні комбінаційно цінні біотики зі стабільним проявом господарсько-цінних ознак за мінливих умов довкілля. Незважаючи на їх віддалене еколого-географічне походження, вони добре пристосувалися до умов зони нестійкого зволоження. Зокрема це: ГСкБЗ₄дF₂ / ЦЧС₁ і ГСкБЗ₄дF₂ / ЦЧС₄; ГСкБЗ₅дF₂ / ЦЧС₁ і ГСкБЗ₅дF₂ / ЦЧС₂; ГСкБЗ₆дF₂ / ЦЧС₃ і ГСкБЗ₆дF₂ / ЦЧС₅, а також ГСкБЗ₇дF₂ / ЦЧС₃ і ГСкБЗ₇дF₂ / ЦЧС₅.

Використана література

- Корнеєва М. О., Вакуленко П. І., Андреева Л. С. Екологічна пластичність і стабільність ліній цукрових буряків до абіотичних факторів. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 29 квітня 2022 р.). Центральне, 2022. С. 53.
- Дубчак О. В. Рекомбінування цінних ознак цукрових буряків (*Beta vulgaris* L.). *Генетичні ресурси рослин*. 2023. № 32. С. 33–42. <https://doi.org/10.36814/pgr.2023.32.04>
- Корнеєва М. О., Вакуленко П. І., Андреева Л. С. Генетико-статистичні параметри маси коренеплоду і цукристості рекомбінантних форм закріплювачів стерильності цукрових буряків. *Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур»* (21 квітня 2023 р.). Центральне, 2023. С. 148–149.
- Дубчак О. В., Паламарчук Л. Ю. Добір багатонасінних батьківських компонентів *Beta vulgaris* L. та оцінка створених на їх основі однонасінних гібридів. *Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур»* (с. Центральне, 19 квітня 2024 р.). Центральне, 2024. С. 70.
- Корнеєва М. О., Вакуленко П. І., Андреева Л. С., Дубчак О. В., Свідельська Н. М. Продуктивність материнського компоненту різної генетичної структури ЦЧС гібридів цукрових буряків. *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку»*,

присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я., засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі (м. Біла Церква, 28 березня 2024 р.). Біла Церква, 2024. С. 54–56.

6. Дубчак О. В., Присяжнюк О. І., Костина Т. П., Зацерковна Н. С. Спосіб визначення та добір кращих компонентів гібридів цукрових буряків (*Beta vulgaris* L.) за показниками продуктивності. *Новітні агротехнології*. 2023. Т.11, № 2. С. 11–21. <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285903>

7. Корнеєва М. О. Роль багатонасінних запилювачів цукрових буряків у формуванні гетерозису гібридів на чоловічостерильній основі. *Наукові праці Інституту цукрових буряків*. 2010. Вип. 11. С. 197–208.

8. Owen F. V. Inheritance of cross and self-sterility and self-fertility in *Beta vulgaris*. *Journal of Agricultural Research*. 1942. Vol. 64. P. 12.

9. Насіння цукрових буряків. Методи визначення схожості, одно- і багаторостковості, доброякісності : ДСТУ 2292-93. Київ : Держстандарт України, 1996. 12 с.

10. Методики проведення досліджень у буряківництві / за заг. ред. М. В. Роїка та Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 374 с.

11. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 : методичні вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.

References

1. Kornieieva, M. O., Vakulenko, P. I., & Andreeva, L. S. (2022). *Ecological plasticity and stability of sugar beet lines to abiotic factors*. In *Plant Breeding, Genetics and Cultivation Technologies of Agricultural Crops: Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists* (p. 53). Tsentralne. [In Ukrainian]

2. Dubchak, O. V. (2023). Recombination peculiarities of valuable traits in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Plant Genetic Resources*, 32, 33–42. <https://doi.org/10.36814/pgr.2023.32.04> [In Ukrainian]

3. Kornieieva, M. O., Vakulenko, P. I., & Andreeva, L. S. (2023). *Genetic-statistical parameters of root mass and sugar content of recombinant forms of sugar beet sterility fixers*. In *Plant Breeding, Genetics and Cultivation Technologies of Agricultural Crops: Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists* (pp. 148–149). Tsentralne. [In Ukrainian]

4. Dubchak, O. V., & Palamarchuk, L. Yu. (2024). Selection of multigerm parental components of *Beta vulgaris* L. and evaluation of monogerm hybrids created on their basis. In *Plant Breeding, Genetics and Cultivation Technologies of Agricultural Crops: Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists* (p. 70). Tsentralne. [In Ukrainian]

5. Kornieieva, M. O., Vakulenko, P. I., Andreeva, L. S., Dubchak, O. V., & Svidelska, N. M. (2024). *Productivity of maternal components of CMS sugar beet hybrids with different genetic structures*. In *Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference "Agricultural Education and Science: Achievements and Prospects for Development"*, dedicated to prominent scientists Vasylkivskiy S. P. and Molotskiy M. Ya., founders of the scientific school of wheat and potato breeding and seed production (pp. 54–56). Bila Tserkva. [In Ukrainian]

6. Dubchak, O. V., Prysiazhniuk, O. I., Kostyna, T. P., & Zatserkovna, N. S. (2023). Method of determination and selection of the best parent components of sugar beet hybrids (*Beta vulgaris* L.) by their productivity. *Advanced Agritechnologies*, 11(2), 11–21. <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285903> [In Ukrainian]

7. Kornieieva, M. O. (2010). The role of multigerm pollinators in forming heterosis in sugar beet hybrids based on male sterility. *Scientific Papers of the Institute of Sugar Beet*, 11, 197–208. [In Ukrainian]

8. Owen, F. V. (1942). Inheritance of cross and self-sterility and self-fertility in *Beta vulgaris*. *Journal of Agricultural Research*, 64, 12.

9. Derzhstandart Ukrainy. (1996). *Sugar beet seeds. Methods of determination of seed germination monogermity and quality: DSTU 2292-93*. [In Ukrainian]

10. Roik, M. V., & Hizbullin, N. H. (Eds.). (2014). *Methods of Research in Beet Growing*. FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]

11. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in Statistica 6.0: Methodological guidelines*. PolihrafKonsaltnyh. [In Ukrainian]

UDC 633.63:631.52:575.125

Dubchak, O. V.¹, & Prysiazhniuk, O. I.² (2025). Multigerm sterility maintainers of sugar beet: Evaluation and selection of promising breeding genotypes. *Advanced Agritechnologies*, 13(2). <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.326916> [In Ukrainian]

¹Verkhniachka Experimental Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, 1 Shkilna St., Verkhniachka village, Uman district, Cherkasy region, 20022, Ukraine, e-mail: betaver2019@gmail.com

²Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03141, Ukraine, *e-mail: ollpris@gmail.com

Purpose. To study genetic characteristics of the sugar beet hybrid components for cytoplasmic male-sterile (CMS) hybrids – multi-germ pollinators (MSP) – and to select the best combination-capable pollinators with high adaptive potential and valuable agronomic traits. **Methods.** Breeding methods such as recombination, hybridization, and selection were applied, along with analytical, polycross, and topcross hybridization techniques. The parent forms were recombinant multigerm genotypes, the donors were aboriginal pollinators (AP), and the testers were monogerm CMS lines of the Verkhniachka Experimental Breeding Station. **Results.** It was established that yield and sugar content of MSPs depended on multiple factors, particularly the genetic potential of the breeding genotypes. To improve MSPs, polycross saturation hybridization was conducted, followed by an assessment of productivity parameters. The developed synthetic multi-germ hybrids were studied using the topcross method as parental components of CMS trial hybrids (TH). **Conclusions.** The study of the genetic nature of MSPs confirmed the possibility of developing parent components for THs. Thanks to high-sugar-content donor lines, new MSPs were developed. The best selected breeding genotypes contained a significant proportion of valuable genotypes, demonstrating high adaptive potential and a broad genetic base. By hybridizing these MSPs with CMS lines, even under stressful environmental conditions, it is possible to obtain hybrids with high productivity indicators.

Keywords: *genotype; component; hybrid; heterosis; productivity.*

Надійшла / Received 21.03.2025

Погоджено до друку / Accepted 11.04.2025