

УДК 633.63:631.52

Дослідження адаптаційного потенціалу нових стерильних цитоплазм *Beta patula* і *B. maritima* L. від диких видів роду *Beta* L.: зимостійкість і показники раннього закладання цукрів в інтродукційних алоплазматичних ліній

М. В. Роїк¹, Н. С. Ковальчук^{1*}, О. В. Балагура¹, О. І. Присяжнюк¹, І. І. Бойко¹,
О. А. Зінченко¹, Н. С. Бех¹, В. І. Власюк², Л. Г. Федорошак³, С. Д. Орлов¹

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна,

*e-mail: natalakovalcuk461@gmail.com

²Веселоподільська дослідно-селекційна станція ІБКіЦБ НААН, с. Вереміївка, Семенівський р-н, Полтавська обл., 38250, Україна

³Ялтушківська дослідно-селекційна станція ІБКіЦБ НААН, с. Черешневе, Барський р-н, Вінницька обл., 23021, Україна

Мета. Проаналізувати за комплексом господарсько-корисних ознак придатності нових вихідних матеріалів цукрових буряків для ефективності процесу управління виробництвом біоетанолу з дослідженням активності фотосинтезу за вмістом хлорофілу *a* і *b*, раннього закладання вуглеводів, толерантністю до низьких температур, схожістю апозиготичного насіння та з використанням нової плазми заміщених ліній цукрових буряків з інтродукційними стерильними цитоплазмами від диких видів *Beta patula* і *B. maritima* L. та апозиготичних ліній А9 з *S vulgaris* цитоплазмою Оуена. **Методи.** Використані польові методи (безпилковий режим для репродукції апозиготичного насіння в умовах ізоляції, роздільноквітковості насінників), лабораторні (добір кращиків за холодостійкістю селекційних номерів, аналіз продуктивності й динаміки накопичення вуглеводів). **Результати.** Роздільноплідні пилкостерильні лінії з апоміктичним способом репродукції насіння походження Ялтушківської ДСС (А9 *Beta vulgaris* Sxxxx rr) і комерційних гібридів з раннім закладанням вуглеводів, відібрані за рецесивним забарвленням гіпокотелю *r-r* і гаметофітним редукованим партеногенезом для проведення гібридизації за схемою: А9 *Beta vulgaris* Sxxxx rr × *Beta vulgaris* Mm Rr. Досліджено вплив цитоплазматичної спадковості *B. maritima* і *B. patula* на показники холодостійкості й виділено насінневі зразки за селекційними номерами 17225, 17221, 17222, 17220, 17226, 17223 у заміщених ліній із показниками проростання насіння за температури +4 °С, що змінюються від 14,3 до 40,3 %. Виділені селекційні номери заміщених ліній, вирощені в умовах вегетаційних посудин і досліджені за показниками раннього закладання цукрів, що мали значення від 16,2 до 17,6 % упродовж чотирьох місяців вегетації; фотосинтетичної активності з показниками вмісту хлорофілу *a*, що змінюється від 2,06 до 1,32 %, і хлорофілу *b* – від 1,02 до 0,65 %. **Висновки.** Гібриди цукрових буряків, створені за участю холодостійких заміщених пилкостерильних ліній цукрових буряків, завдяки природній еволюції інтродукційного цитоплазматичного геному, забезпечують збільшення тривалості вегетаційного періоду, високу продуктивність, раннє закладання цукрів і збагачення адаптаційного потенціалу культури. Стаття містить результати вивчення раннього терміну накопичення вуглеводів, фотосинтетичної активності відібраних селекційних номерів заміщених ліній цукрових буряків з високою якістю насіння, 100 %-ою однонасінністю. Коренеплоди апоміктичних ліній були відібрані за забарвленням гіпокотелю *R+r*, генеративним редукованим партеногенезом і досліджені за особливістю зав'язування насіння в умовах безпилкового режиму.

Ключові слова: міжвидові гібриди; холодостійкість; заміщені лінії; інтродукційні стерильні цитоплазми; безпилковий режим; цукристість; *Beta maritima*; *Beta patula*.

Роїк М. В., Ковальчук Н. С., Балагура О. В., Присяжнюк О. І., Бойко І. І., Зінченко О. А., Бех Н. С., Власюк В. І., Федорошак Л. Г., Орлов С. Д. Дослідження адаптаційного потенціалу нових стерильних цитоплазм *Beta patula* і *B. maritima* L. від диких видів роду *Beta* L.: зимостійкість і показники раннього закладання цукрів в інтродукційних алоплазматичних ліній. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.279933>

Вступ

Доступ до широкого спектра гермоплазми диких видів роду *Beta L.* може мати вирішальне значення для створення нових вихідних матеріалів цукрових буряків з високим адаптаційним потенціалом і підтримки прогресу в селекції та конкурентоздатності цукрових буряків як цукроноса [1].

Розвиток гібридної селекції на основі ЦЧС визначив новий напрямок для вивчення цитоплазматичної спадковості, що детермінується генетичною інформацією цитоплазм. Отримання серії алоплазматичних ліній, що об'єднують геном одного виду і цитоплазму другого виду у цукрових буряків, створюють основи для використання цитоплазматичної мінливості і спадковості диких видів роду *Beta L.* в селекції цукрових буряків для виробництва біопалива. Холодостійкі селекційні номери можуть бути використані для розвитку безвисадкового насінництва в Україні і розширення тривалості вегетаційного періоду нових енергетичних гібридів цукрових буряків.

Найбільша цінність збагачення і розширення основи гермоплазми цукрових буряків раніше була доведена у наукових роботах Doney [2]. Вперше про нові джерела ЦЧС в секції *B. vulgaris* було опубліковано доктором Р. К. Олдемейером із фірми «Great Western Sugar Company» від природних популяцій *B. makrocarpa* і *B. cicla* із Туреччини [3]. Боземарк знайшов п'ять нових джерел чоловічої стерильності походження із Марокко, Югославії і Туреччини [4]. В популяціях, отриманих шляхом схрещування відібраних ліній *B. maritima* із різних географічних зон з використанням ДНК-технологій, нова гермоплазма від дикого виду *B. maritima* була класифікована *E, G, H* на основі нуклеотидних моделей мт-ДНК і характеристик відновлення фертильності [5, 6]. Дослідники ЦЧС виявили також переконливі факти, які неможливо пояснити гіпотезою двогенного контролю ЦЧС, що інтерпретується сьогодні епігеномною мінливістю генотипів ЦЧС, також за ознакою роздільноквітковості в процесі онтогенезу у гаплоїдних і дигаплоїдних ліній цукрових буряків [7, 8]. З використанням ДНК технологій японські вчені Kazuyoshi Kitazaki і Tomohiko Kubo (2020) доказали, що відновлювач фертильності (*Rf1*) – ядерний ген у цукрових буряків має домінантні, напівдомінантні та рецесивні алелі, що свідчить про те, що він може бути згрупований у багатоалельний локус [9]. Використання нових джерел ЦЧС і створення заміщених алоплазматичних ліній вимагає тривалої селекційної проробки стерильних форм за ознаками однорічного і дворічного циклу розвитку, роздільноплідності, стерильності, продуктивності культури.

Наукові дослідження з міжвидової гібридизації, проведені в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (ІБКіЦБ), присвячені виділенню нових джерел цитоплазматичної стерильності від диких видів *B. maritima* і *B. patula* [10]. Аналіз цукристості і вмісту сухої речовини у заміщених ліній у всіх варіантах вегетаційного дослідження при 0,5 норми внесення мінеральних добрив характеризувався високими показниками цукристості від 19,5 до 21,5 %. Частка сухої речовини у коренеплодів для деяких варіантів досягала 29,5 %, 30,2 % [11].

Цукроносні культури, які вирощуються для виробництва біоетанолу, є джерелом простих цукрів, які можна легко перетворити на сучасне біопаливо. За літературними джерелами у м'якому кліматі на південному Сході США цукрові буряки вирощують як озиму культуру, забезпечуючи альтернативну культуру, яка доповнює весняні посіви. Доказано, що наявна лінійна залежність між шириною листового покриву цукрових буряків і тривалістю вегетаційного періоду. Найбільшу урожайність мали висіяні з осені в ранні строки буряки, їх середня врожайність навесні становила до 118 т/га. Посаджені пізньою осінню цукрові буряки зазнали стресу через низькі температури на початку зими. Вказано на необхідність додаткових досліджень для оцінки холодостійкості і відповідний напрямок добору на різних стадіях розвитку буряків за вмістом цукрів в селекції для виробництва енергетичних гібридів [12].

У літературних джерелах звернута увага на питання накопичення цукрози на початку вегетаційного періоду і лінійне збільшення її в першій половині вегетативного розвитку з насиченням за цими ознаками, що досягається в другій половині вегетації [13]. Вказано, що характеристикою гібридів для виробництва біоетанолу є дрібноклітинність кореневої тканини, швидкість поділу клітин (мітотичний індекс), високий вміст моносахарів в соку для вилучення біоетанолу з моноцукрів (глюкози, фруктози). Концентрація цукру залежить від фізіологічних показників материнського компонента гібрида внаслідок адитивної спадковості. В Індії цукрові буряки мають високий потенціал для виробництва етанолу в результаті добору селекційних матеріалів за тривалістю вегетаційного періоду. Життєвий цикл цієї культури становить від п'яти до шести місяців за цукристості 15–17 %. Встановлено, що в Індії можуть отримати при цьому

5250 л етанолу на гектар при позитивних напрямках добору за тривалістю вегетаційного періоду [14]. Доступ до широкого спектра гермоплазми диких видів роду *Beta* L. може мати вирішальне значення для створення нових вихідних матеріалів цукрових буряків як цукроноса для виробництва біоетанолу, аналізуючи основні показники, що контролюються цитоплазматичним геномом, такі як тривалість вегетаційного періоду, холодостійкість, мілкоквітність сортів, продуктивність, вміст простих вуглеводів в клітинному соку.

Мета досліджень – обґрунтувати за комплексом фізіологічних, морфологічних і господарсько-корисних ознак цінність і придатність заміщених ліній з використанням цитоплазматичного геному диких видів роду *Beta* L., удосконалити програми і напрями селекції для виробництва біоетанолу, посилюючи вплив генетичної інформації цитоплазм на створення нових високопродуктивних сортів біоенергетичних цукрових буряків високої якості. Дослідити вплив цитоплазматичного геному заміщених ліній з новими інтродукційними стерильними цитоплазмами від диких видів *B. patula* і *B. maritima* і апозиготичних ліній A9 з *S vulgaris* цитоплазмою Оуена (1945) на показники ранньої закладки цукрів і динаміку накопичення вуглеводів, толерантність до низьких температур для створення моделей нових гібридів, придатних для виробництва біопалива.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проведені в лабораторії цитогенетики ІБКіЦБ, в спеціалізованій контрольно-насіньній аналітичній лабораторії ІБКіЦБ, лабораторії апоміксису і поліплоїдії Ялтушківської ДСС ІБКіЦБ НААН, лабораторії адаптивної селекції Веселоподільської ДСС ІБКіЦБ НААН. Нові стерильні цитоплазми, виділені з популяції диких видів роду *Beta* L., інтродукованих в Україні за цитологічними ознаками дегенерації чоловічого гаметофіта при ЦМС у цукрових буряків [10]. Добір проведений в генетичній моделі аналізуючого схрещування за щепленими генами циклу розвитку буряків і забарвленням гіпокотила $B+R+$, $r-b-P$ ♀ *Beta maritima* $S B+R+$ $r-b-$ Mm × ♂ *Beta vulgaris* $N xxxz b-r-b-r-mm$.

Вихідні генотипи, донори нових стерильних цитоплазм розміщені на рис. 3. Вивчали вплив цитоплазматичної спадковості *B. maritima* і *Beta patula* на показники холодостійкості у заміщених ліній з інтродукційними стерильними цитоплазмами, а також апоміктичних потомств походження вітчизняних і іноземних комерційних гібридів Ялтушківської ДСС.

Коренеплоди заміщених ліній Веселоподільської ДСС за селекційними номерами BC_6S *maritima* (Туреччина), BC_6S *patula* (Португалія), BC_3S (Греція) висаджені в умовах безпилкового режиму на дослідному полі ІБКіЦБ і визначена продуктивність зав'язування насіння при апозиготії залежно від генетичного походження стерильних цитоплазм. Метод безпилкового режиму включав ізольоване вирощування насінних рослин цукрових буряків з фенотипом ЧС-0 за Оуеном [15]. Безпилковий режим проведений за методикою одержання апозиготичного насіння у цукрових буряків [16]. Роздільноквітковість насінників оцінювали візуально за наявністю роздільноплідних плодів на центральних пагонах за методикою С. Г. Малецького [17]. Вивчення продуктивності, особливостей динаміки закладки вуглеводів кращих селекційних номерів апозиготичних ліній Ялтушківської ДСС проведено за методикою [18].

Лабораторні дослідження проведені у селекційних номерів для вивчення холодостійкості у заміщених ліній, які відібрані за якістю насіння первинної очистки у 2020 році на основі колекційних зразків ВПДСС із стовідсотковою однонасінністю [19]. Штеклінги, вирощені у вегетаційних посудинах на основі холодостійких проростків насіння (+4 °С) ВПДСС, відібрані і досліджені за показниками накопичення вуглеводів на ранніх стадіях вегетативного розвитку, фотосинтетичної активності закріплювачів стерильності 17220, 17223, 17225 і заміщених ліній за селекційними номерами 17222, 17226 BC_6S *patula*, BC_5S Туреччина, A1:15, цукристості, вмісту сухої речовини за методиками [18].

Для пророщування насіння в екстремальних умовах низьких температур використані основні положення ДСТУ2292-93 [20].

Для встановлення достовірності проведених досліджень і правильно підібраної вибірки для аналізу проводили обрахунок величини похибки репрезентативності m_p , що у відсотках дозволяє контролювати суттєвість досліду за методикою статистичного аналізу [21]. Середня похибка репрезентативності m_p у відсотках визначалась за формулою:

$$m = \pm \sqrt{\frac{P(100-P)}{n}},$$

де P – відсоток апозиготичного насіння, визначеного за схожістю, холодостійкістю за умов низьких позитивних температур, коренеплодів, визначених за цукристістю, вмістом сухої речовини; n – обсяги дослідження насіння, коренеплодів кожного селекційного номера.

Результати досліджень

Якісні показники апоміктичного насіння заміщених ліній першої і другої апоміктичної репродукції приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Оцінка схожості, енергії проростання і мінливості за забарвленням гіпокотила у проростків апоміктичного насіння реципроктних потомств з новими інтродукційними цитоплазмами

№ п/п	Походження селекційних номерів (термін апоміктичної репродукції)	Посіяно, шт.	Енергія проростання і ростковість на 5 добу, шт.	Схожість насіння на 10 добу, $P \pm m_p$	Із них за забарвленням гіпокотила, %	
					червоних	зелених
1	BC ₄ S patula к.1 A ₂ :19* R+r-bbmmxxzz	100	21 mm ¹ 20 mm ¹⁺² 1	68 ± 4,7	50	50
2	BC ₃ S Туреччина к.3 A ₂ :19p R+r-bbmmxxzz	100	45 mm ¹ 39 mm ¹⁺² 6	100 ± 0	80	20
3	BC ₃ S Греція "Ц" к.4 A ₂ :19p R+r-bbmmxxzz	100	9 mm ¹ 7 mm ¹⁺² 2	17 ± 3,8	–	100
4	BC ₃ S Греція к.3 A ₂ :19p R+r-bbmmxxzz	100	87 mm ¹ 71 mm ¹⁺² 16	100 ± 0	–	100
5	BC ₃ S Греція б.г. к.2 A ₂ :19p R+r-bbmmxxzz	100	26 mm ¹ 26	56 ± 4,9	82,14	17,86
6	BC ₆ S maritima, Туреччина к.2/1, A1:21	100	90 mm ¹ 80 mm ¹⁺² 10	100 ± 0	50	50
7	BC ₆ S maritima, Туреччина к.3/1, A1:21	100	95 mm ¹ 89 mm ¹⁺² 6	100 ± 0	70	30
8	BC ₆ S maritima, Туреччина к.4/1 A1:21	100	89 mm ¹ 79 mm ¹⁺² 10	99,8 ± 1,4	30	70
9	BC ₆ S patula, Португалія, о.Мадейра к.2/4, A1:21	100	87 mm ¹ 71 mm ¹⁺² 16	99 ± 0,99	16	84
10	BC ₆ S patula, Португалія, о.Мадейра к.3/4, A1:21	100	86 mm ¹ 86	96 ± 1,95	82,14	17,86
11	BC ₆ S patula, Португалія, о.Мадейра к.4/4, A1:21	100	80 mm ¹ 70 mm ¹⁺² 10	100 ± 0	50	50
12	BC ₆ S patula, Португалія, о.Мадейра к.4/7, A1:21	100	95 mm ¹ 79 mm ¹⁺² 16	100 ± 0	80	20
13	BC ₆ S maritima, Туреччина к.6/1, A1:21	100	90 mm ¹ 87 mm ¹⁺² 3	100 ± 0	55	45
14	BC ₆ S maritima, Туреччина, к.6/2, A1:21	100	87 mm ¹ 71 mm ¹⁺² 16	100 ± 0	47	53
15	BC ₆ S maritima, Туреччина, к.6/3, A1:21	100	96 mm ¹ 96	96 ± 1,95	25	75
16	BC ₆ S maritima, Туреччина, к.6/5, A1:21	100	96 mm ¹ 93 mm ¹⁺² 3	95,6 ± 2,1	35	65

Примітка. A₂:19 термін апоміктичної репродукції насіння у бекросних потомств BC₃, BC₄ – 2019 рік; A1:21 термін апоміктичної репродукції насіння у бекросних потомств заміщених ліній BC₆:21

За результатами аналізу таблиці 1, як енергія проростання, так і схожість при апозиготії у заміщених ліній *BC₃*, *BC₄* на основі стерильних цитоплазм *Beta maritima* (Греція і Туреччина) змінювалась від $17 \pm 3,8\%$ до 100 % залежно від генетичного походження матеріалу. У більшості номерів спостерігалась багаторостковість у роздільноплідних плодів як показник поліембріонії при апозиготії.

Апозиготичне насіння із зеленим забарвленням гіпокотилія є показником розвитку зародків за генеративним редукованим ембріогенезом від гетерозиготних з червоним антоціановим забарвленням насінних рослин. У заміщених ліній на основі стерильної цитоплазми *BC₃S* Греція «Ц» р.4 *A₂:18*, *BC₃S* Греція р.3 *A₂:18* проростки з експресією рецесивних алелей *r-r* мали значення 100 %.

Проблемою номер один при використанні апозиготії в селекції цукрових буряків є низька продуктивність насінників. В умовах вегетаційних посудів ІБКіЦБ при використанні пергаментних ізоляторів досліджено, що заміщені лінії з новими стерильними цитоплазмами від диких видів *Beta maritima* і *Beta patula* характеризуються високими показниками репродукції насіння в умовах безпилкового режиму (рис. 1).



Рис. 1. Зав'язування апоміктичного насіння *A1-A2* нових плазмотипів із стерильними цитоплазмами від диких видів в умовах безпилкового режиму ІБКіЦБ (просторова ізоляція): а), б) розвиток насіння в безпилковому режимі у лінії *BC₄S patula*

Проведене моделювання режиму температур з використанням термальної камери при пророщуванні насіння заміщених ліній із інтродукційними стерильними цитоплазмами *B maritima* і *B. patula* і апозиготичною репродукцією насіння у пилкостерильних роздільноплідних ліній *A9* Ялтушківської ДСС. Насіння селекційних номерів заміщених ліній вирощені на Веселоподільській ДСС. Якраз високий адаптаційний потенціал материнської спадковості нових стерильних цитоплазм з природною стійкістю до абіотичних факторів зовнішнього середовища диких видів роду *Beta* L. може сприяти виділенню нових селекційних матеріалів з холодостійкістю і придатністю до безвисадкового способу вирощування насіння. Дані добору кращих за зимостійкістю селекційних номерів занесені в таблицю 2.

Аналіз проростків насіння селекційних номерів цукрових буряків за умов низьких температур +4 °С для добору за холодостійкістю

№	Селекційні номери та походження	Кількість відібраного насіння, шт.	Отримано проростків на 14-у добу, за t +4 °С, шт.	Отримано проростків на 30-у добу, %, P ± mp
1.	№17220, «0» тип №1, уч.16/1, ВПДСС	100	9	28 ± 4,49
2.	№17221, BC ₆ S maritima, уч.16/2, ВПДСС	100	14	30 ± 4,58
3.	№17222, BC ₆ S patula, уч.16/3, ВПДСС	100	25	40 ± 4,89
4.	№17223, «0» тип №2, уч.17/1, ВПДСС	100	12	14 ± 3,46
5.	№17224, BC ₆ S maritima, Уч.17/2, ВПДСС	100	13	32 ± 4,66
6.	№17225, «0» тип №2, уч.18/1, ВПДСС	100	9	27 ± 4,43
7.	№17226, BC ₆ S patula №2, уч.18/2, ВПДСС	100	15	21 ± 4,07
8.	2x MN-2 Поділля, ВПДСС	100	0	0 ± 0
9.	A2 'Булава' r-r- A2, ЯДСС	100	0	8 ± 2,71
10.	Апо-20-202-1, жовтий А5, ЯДСС	100	3	9 ± 2,98
11.	'Кіборг'+ 'Рамзес' r-r-A2, ЯДСС	100	0	3 ± 1,70
12.	'Злука' r-r-A2, ЯДСС	100	6	7 ± 2,55
13.	BC ₆ S, patula p.5 R+ Із.4, ЯДСС	100	9	17 ± 3,75
14.	Іванівський, ЧС №5, ЯДСС	100	0	0 ± 0
15.	BC ₅ S Туреччина, А1:15 r-r-Із.№1, ЯДСС	100	0	2 ± 1,4
16.	180185-ЧС r-r-, Із.57-60, ЯДСС	100	0	5 ± 2,17
17.	18014301 ЧС r-r-	100	1	1 ± 0,99
18.	BC ₅ S Туреччина, А1:15, r-r- 2п, Із.3	100	1	6 ± 2,37

За даними таблиці 2 виділяються селекційні номери з високими показниками пророщування насіння за умов t +4°C. Кращим виявився селекційний номер №17222, BC₆S patula, уч.16/3, ВПДСС, де відсоткова частка проростків за температури +4 °С мала значення 25 % на 14 добу пророщування і на 30 добу 40 %. У заміщених ліній на основі стерильних цитоплазм показники холодостійкості змінювались від 14 ± 3,46 % до 40 ± 4,89 %. При цьому показники холодостійкості у експериментальних апоміктичних ліній ЯДСС на основі стерильної цитоплазми *Beta vulgaris* ххzz мали значення від 0 до 9 %. Насіння кращих за високими показниками холодостійкості у ліній №17220, №17221, №17222, №17223, №17224, №17225, №17226 висіяні в умовах СТК ЯДСС для використання в селекції цукрових буряків. Проростки, виділені за умови низьких позитивних температур +4 °С, вирощувались в умовах вегетаційних посудів ІБКіЦБ (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Вирощування коренеплодів із холодостійких проростків насіння в умовах вегетаційних посудів для добору за ранньою закладкою цукрів за термін з 17 травня до 7 вересня:

- а) зображення холодостійких матеріалів за термін вегетації з 17 травня до 7 серпня;
 б) вегетуюча рослина селекційного номера 17222, BC₆S patula із високою зимостійкістю до 40 %.

Для дослідження ранньої закладки цукрів у холодостійких заміщених ліній, маси коренеплода, сухої речовини штеклінги вирощені впродовж 17 травня – 7 вересня (табл. 3).

Таблиця 3

Аналіз коренеплодів (штеклінги)* холодостійких зразків заміщених ліній цукрових буряків за продуктивними властивостями і ранньою закладкою цукрів впродовж 17 травня – 7 вересня 2021 р.

№ з/п	Селекційні номери	Походження, урожай насіння	Маса коренеплоду з гичкою, кг	Маса коренеплоду без гички, кг	Маса гички, кг	Цукристість, % P ± mр	Кондуктометрична зола, %	α-аміний азот, ммоль/100 г коренепл.	Суша речовина, % P ± mр	Нецукри, %
1	17223, «О» тип №2, уч.17/1	ВПДСС, 2020	0,200	0,135	0,65	17,5 ± 6,00	0,4359	0,9925	25,6 ± 6,89	8,1
2	17226 <i>BC₆S patula</i> №2, уч.18/2	ВПДСС, 2020	0,140	0,100	0,40	17,4 ± 5,99	0,2737	0,6870	26,0 ± 6,93	8,6
3	<i>BC₅S Туреччина</i> , А1:15, Із.№1	ЯДСС, 2020	0,250	0,140	0,110	17,0 ± 5,93	0,3690	0,9000	24,5 ± 6,79	7,5
4	17220 «О» тип №1, уч.16/1	ВПДСС, 2020	0,220	0,140	0,80	17,5 ± 5,94	0,4141	0,9738	25,7 ± 6,90	8,2
5	<i>BC₆S patula p.5,R+</i> Із.4 ЯДСС	ЯДСС, 2020	0,150	0,100	0,50	17,2 ± 5,96	0,3668	0,8114	25,4 ± 6,87	8,2
6	17225, «О» тип №2, уч.18/1	ВПДСС, 2020	0,250	0,140	0,110	17,5 ± 6,01	0,4060	0,9637	25,8 ± 6,91	8,3
7	17222, <i>BC₆S patula</i> , уч.16/3	ВПДСС, 2020	0,250	0,190	0,60	17,6 ± 6,01	0,3860	0,9232	26,2 ± 6,94	8,6
8	17222 <i>BC₆S patula</i> , уч.16/5	ВПДСС, 2020	0,185	0,100	0,85	16,2 ± 5,8	0,4710	0,0069	24,6 ± 6,80	8,4

*кількість штеклінгів 40 шт.

У холодостійких селекційних номерів ЯДСС і ВПДСС цукристість впродовж раннього вегетаційного періоду від 17 травня до 7 вересня змінювалась від 16,2 % ± 5,8 до 17,6 % ± 6,01, а показники сухої речовини мали значення від 24,5 % ± 6,79 до 26,2 % ± 6,94. Показники кондуктометричної золи змінювались залежно від походження селекційних номерів і мали значення 0,2737 %, 0,4710 %. Показники фотосинтетичної активності у зимостійких матеріалів представлені в таблиці 4.

Таблиця 4

Показники фотосинтетичної активності за вмістом хлорофілу *a* і *b* у коренеплодів заміщених ліній цукрових буряків на основі інтродукційних стерильних цитоплазм за термін вегетації від 17 травня до 7 вересня 2021 р.

№ з/п	Походження селекційних номерів	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	<i>a</i> + <i>b</i>
1	17223 (1к/п), «О» тип №2, уч.17/1, ВПДСС	2,01	1,02	3,03
2	17226(2к/п), <i>BC₆S patula</i> №2, уч.18/2, ВПДСС	1,92	0,70	2,62
3	<i>BC₅S Туреччина</i> , А1:15, Із.№1, (1к/п), ЯДСС	1,79	0,67	2,46
4	17220(2к/п) «О» тип №1, уч.16/1	1,49	1,00	2,49
5	<i>BC₆S patula p.5,R+</i> Із.4 ЯДСС, к.1,	1,87	1,00	2,87
6	17225(2к/п), «О» тип №2, уч.18/1, ВПДСС	2,00	1,00	3,00
7	17222 (1)(1к/п), <i>BC₆S patula</i> , уч.16/3, ВПДСС	1,43	0,70	2,13
8	17222 (2) (2к/п), <i>BC₆S patula</i> , уч.16/3, ВПДСС	1,32	0,65	1,97

Показники фотосинтетичної активності з характеристикою вмісту хлорофілу *a* змінюються від 2,06 до 1,32 % залежно від походження селекційного матеріалу, а хлорофілу *b* від 1,02 до 0,65 %. Найбільші значення спостерігаються у холодостійких ліній «О» типу.

Досліджувались ознаки ранньої закладки цукрів і продуктивні властивості апоміктичних потомств Ялтушківської ДСС, розмножених в польових умовах на селекційній станції у 2021 році. Розмноження селекційних матеріалів різного терміну апоміктичної репродукції *A₉* і *A₂* ЯДСС і добір за показниками продуктивності за період вегетації впродовж 4 місяців наведено в таблиці 5.

За даними таблиці 5 кращі показники цукристості спостерігаються у селекційного номера 20-138-1 чс, *R+r- A₉* із відсотковою часткою 16,7 % за терміну вегетації впродовж 4-х місяців. Відсоток ранньої закладки цукрів у апоміктичних пилкостерильних ліній змінювався від

11,8 % ± 5,09 до 16,7 % ± 5,89 і не залежав від циклів апоміктичної репродукції (A_2 , A_9), а лише від генетичного походження матеріалу.

Таблиця 5

Добір апоміктичних потомств репродукції A_9 , A_2 у кореновому матеріалі* цукрових буряків за показниками продуктивних властивостей і ранньою закладкою цукрів

Селекційний номер	Апоміктична репродукція	Цукристість, % P ± mp	Мікроелементи		
			К	Na	
1	20-200-1чс, R+ r-**	A9	13,3 ± 5,36	3,28	1,39
2	20-138-1 чс, R+ r-	A9	16,7 ± 5,89	3,05	1,00
3	20-136-1 чс, R+ r-	A9	14,2 ± 5,50	3,35	1,16
4	20-146-1 чс, R+ r-	A9	13,5 ± 5,4	3,42	1,16
5	20-180-1 чс, R+ r-	A9	11,8 ± 5,09	3,15	1,06
6	20-143-1 чс, R+ r-	A9	14,7 ± 5,59	4,25	1,31
7	20-134-1 чс, R+ r-	A9	14,1 ± 5,56	3,85	1,32
8	20-198-2 чс, R+ r-	A9	14,2 ± 5,28	3,32	1,36
9	20-200-3 чс, R+ r-	A9	14,5 ± 5,55	3,28	1,30
10	20-200-2 чс, R+ r-	A9	14,2 ± 5,5	3,43	1,18
11	20-133-1 чс, R+ r-	A9	13,8 ± 5,44	3,60	1,18
12	20-136-2 чс, R+ r-	A9	14,2 ± 5,51	4,0	1,35
13	20-184-1 чс, R+ r-	A9	13,8 ± 5,32	3,78	1,32
14	20-185-1 чс, R+ r-	A9	13,9 ± 5,46	3,34	1,24
15	4 20-185 чс зелений гіпокотель × (19-50зан), Із 57-60	F1	14,2 ± 5,51	3,6	1,29
16	4 20-202-1 чс (жовті), Із 64-68 (2020)	A9	14,1 ± 5,49	3,24	1,36
17	4 Булава r-r-	A2	13,9 ± 5,46	4,42	1,40
18	4 Рамзес + Кіборг r-r-	A2	16,0 ± 5,79	3,62	1,23
19	4 Злука r-r-	A2	13,6 ± 5,41	3,86	1,28

* відібрано по 40 шт. коренеплодів; ** R+r- - червоне антоціанове забарвлення гіпокотіля.

Слід визнати, що в умовах вегетаційних судин у холодостійких матеріалів заміщених ліній на основі інтродукційних стерильних цитоплазм впродовж ідентичного терміну вегетаційного періоду цукристість значно переважала з показниками від 16,2 % ± 5,8 до 17,6 % ± 6,01 у більшості селекційних номерів. Усі нинішні енергетичні сорти цукрових буряків у зв'язку зі зміною кліматичних умов і проблемою їх придатності для виробництва біопалива, безвисадкового насінництва за досвідом зарубіжних країн, потрібно орієнтувати на добір генотипів із високою фотосинтетичною активністю, холодостійкістю і низькою тривалістю вегетаційного періоду.

Висновки

Дослідження нових вихідних матеріалів цукрових буряків виконувались на основі методичних підходів, які використовуються у міжнародній практиці для створення гібридів, придатних для виробництва біоетанолу з ранньою закладкою вуглеводів і холодостійкістю, активністю фотосинтезу. Виділені нові заміщені лінії з високим зав'язуванням апозиготичного насіння для спрощення схеми селекції без використання закріплювачів стерильності цукрових буряків.

За високими показниками ранньої закладки вуглеводів впродовж 4-х місяців виділені: селек. номери ЯДСС: 20-138-1 чс, R+ r- A_9 із цукристістю 16,7%; 4 20-202-1 чс (жовті), Із 64-68 (2020) цукристість 14,1%, Рамзес + Кіборг r-r-, цукристість 16,0%; селек. номери ВПДСС: 17223, «0» тип №2, 17226, $BC_6S patula$ №2, BC_5S Туреччина, A1:15, Із.№1, 17220 «0» тип №1, $BC_6S patula$, R+ , 17225, «0» тип №2, 17222, $BC_6S patula$, 17222, $BC_6S patula$, із цукристістю від 16,1 до 17,6 %.

За високою холодостійкістю від 14 до 40 %, для забезпечення раннього посіву і збільшення тривалості вегетаційного періоду виділені селек. номери №17220, №17221, №17222, №17223, №17224, №17225, №17226, висіяні в умовах СТК ЯДСС для використання в селекції цукрових буряків і розвитку безвисадкового насінництва. На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень будуть створені нові гібриди, придатні для виробництва біопалива і безвисадкового способу насіння.

Морфологічні особливості диких видів *B. maritima* походженням із Греції і Туреччини, *B. patula* (о. Мадейра), інтродукованих в умовах України



B. maritima (Туреччина)



B. maritima (Греція)



B. patula (о. Мадейра)

Депонування відібраних з ознаками ЦЧС рослин в умовах *in vitro*



B. maritima (Туреччина)



B. maritima (Греція)



B. patula (о. Мадейра)

Форма коренеплодів у гібридів BC₂S *maritima* (Греція), BC₃ S *maritima* (Туреччина), BC₄S *patula* (о. Мадейра)



BC₃S *maritima* (Туреччина)
r-r- b-b-



BC₂S *maritima* (Греція)
r-r- b-b-



BC₄S *patula* (о. Мадейра)
r-r- b-b-

Рис. 3. Контрольні рослини, відібрані із популяції дикої форми *Beta maritima* L., дикої виду *Beta patula* L. і коренеплоди заміщених ліній

Використана література

1. Chen T. H., Murata N. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Current Opinion in Plant Biology*. 2002. Vol. 5, Iss. 3. P. 250–257. doi: 10.1016/S1369-5266(02)00255-8
2. Doney D. L. *Beta* evaluation ad sugar beet enhancement from wild sources. *Report on the 4th International Beta Genetic Resources Workshop and World Beta Network Conference* (Izmir, Turkey 28 February-3 March 1996), Rome : IPGRI, 1996. P. 73–76.
3. Oldemeyer R. K. Sugar beet male sterility. *Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists*. 1957. Vol. 9, Iss. 5. P. 381–386. doi: 10.5274/jsbr.9.5.381
4. Bosermark N. O. Genetics and breeding. *Sugar beet* / A. P. Draycott (Ed.). Oxford : Blackwell, 2006. P. 50–88. doi: 10.1002/9780470751114.ch4

5. Moritani M., Taguchi K., Kitazaki K. et al. Identification of the predominant nonrestoring allele for owen-type cytoplasmic male sterility in sugar beet (*Beta vulgaris* L.): development of molecular markers for the maintainer genotype. *Molecular Breeding*. 2013. Vol. 32, Iss. 1. P. 91–100. doi: 10.1007/s11032-013-9854-8
6. Touzet P., Villain S., Buret L. et al. Chloroplastic and nuclear diversity of wild beets at a large geographical scale: toward an evolutionary history of the *Beta* section. *Ecology and Evolution*. 2018. Vol. 8, Iss. 5. P. 2890–2900. doi: 10.1002/ece3.3774
7. Deinlein U., Stephan A. B., Horie T. et al. Plant salt-tolerance mechanisms. *Trends in Plant Science*. 2014. Vol. 19, Iss. 6. P. 371–379. doi: 10.1016/j.tplants.2014.02.001
8. Dohm J. C., Minoche A. E., Holtgräwe D. et al. The genome of the recently domesticated crop plant sugar beet (*Beta vulgaris*). *Nature*. 2013. Vol. 23, Iss. 7484. P. 546–5499. doi: 10.1038/nature12817
9. Arakawa T., Matsunaga M., Matsui K. et al. The molecular basis for allelic differences suggests Restorer-of-fertility 1 is a complex locus in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *BMC Plant Biology*. 2020. Vol. 20, Iss. 1. Article 503. doi: 10.1186/s12870-020-02721-9
10. Роїк М.В., Ковальчук Н.С., Бондар С.О., Власюк В.І., Федорошак Л.Г. Методи створення заміщених ліній для гібридної селекції цукрових буряків: рослини виду *Beta vulgaris* L. з новою стерильною цитоплазмою *Beta patula* L. *Біоенергетика*. 2022 Вип. 1–2. С. 22–28. doi: 10.47414/be.1-2.2022.271346
11. Роїк М.В., Ковальчук Н.С., Іваніна В.В., Яцева О.А. Перспективи селекції гібридів цукрових буряків (*Beta vulgaris*) для виробництва біоетанолу з використанням нових стерильних цитоплазм від диких видів роду *Beta*. *Біоенергетика*. 2014. Вип. 2. С. 15–17.
12. Webster T. M., Grey T. L., Scully B. T. et al. Yield potential of spring-harvested sugar beet (*Beta vulgaris*) depends on autumn planting time. *Industrial Crops and Products*. 2016. Vol. 83. P. 55–60. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.12.037
13. Fasahat P., Aghaezadeh M., Jabbari L. et al. Sucrose Accumulation in Sugar Beet: From Fodder Beet Selection to Genomic Selection. *Sugar Tech*. 2018. Vol. 20, Iss. 6. P. 635–644. doi: 10.1007/s12355-018-0617-z
14. Mall A. K., Misra V., Santeshwari et al. Sugar Beet Cultivation in India: Prospects for Bio-Ethanol Production and Value-Added Co-Products. *Sugar Tech*. 2021. Vol. 23, Iss. 6. P. 1218–1234. doi: 10.1007/s12355-021-01007-0
15. Owen F. V. Cytoplasmically inherited male sterility in sugar beet. *Journal of Agricultural Research*. 1945. Vol. 71, Iss. 10. P. 423–440.
16. Роїк М.В., Ковальчук Н.С., Яцева О.А. Оцінка і добір селекційних матеріалів з апозиготією та цитоплазматичною чоловічою стерильністю : методичні рекомендації. Київ, 2014. 19 с.
17. Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка, Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.
18. Ковальчук В. П., Васильев В. Г., Бойко Л. В. Определение сахаристости и кондуктометрической зольности в корнеплодах свеклы в одной навеске. *Сборник методов исследования почв и растений*. Киев, 2010. С. 59–66.
19. Роїк М.В., Бойко І.І., Гончарук Г.С., Фуніна І.Р., Завгородня С.В. Добір холодостійких форм цукрових буряків за низьких позитивних температур : методичні рекомендації. Київ : Компринт, 2020. 8 с.
20. ДСТУ 2292-93. Насіння цукрових буряків. Методи визначення схожості, одноростковості та доброякісності. Київ : Держстандарт України, 1994. 8 с.
21. 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. Chen, T. H. H., & Murata, N. (2002). Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Current Opinion in Plant Biology*, 5(3), 250–257. doi: 10.1016/s1369-5266(02)00255-8
2. Doney, D. L. (1998). *Beta* evaluation ad sugar beet enhancement from wild sources. In *Report on the 4th International Beta Genetic Resources Workshop and World Beta Network Conference* (pp. 73–76). Rome: IPGRI.
3. Oldemeyer, R. K. (1957). Sugar beet male sterility. *Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists*, 9(5), 381–386. doi: 10.5274/jsbr.9.5.381
4. Bosemrak, N. O. (2006). Genetics and breeding. In A. P. Draycott (Ed.), *Sugar beet* (pp. 50–88). Oxford: Blackwell. doi: 10.1002/9780470751114.ch4
5. Moritani, M., Taguchi, K., Kitazaki, K., Matsuhira, H., Katsuyama, T., Mikami, T., & Kubo, T. (2013). Identification of the predominant nonrestoring allele for Owen-type cytoplasmic male sterility in sugar beet (*Beta vulgaris* L.): development of molecular markers for the maintainer genotype. *Molecular Breeding*, 32(1), 91–100. doi: 10.1007/s11032-013-9854-8
6. Touzet, P., Villain, S., Buret, L., Martin, H., Holl, A.-C., Poux, C., & Cuguen, J. (2018). Chloroplastic and nuclear diversity of wild beets at a large geographical scale: Insights into the evolutionary history of the *Beta* section. *Ecology and Evolution*, 8(5), 2890–2900. doi: 10.1002/ece3.3774
7. Deinlein, U., Stephan, A. B., Horie, T., Luo, W., Xu, G., & Schroeder, J. I. (2014). Plant salt-tolerance mechanisms. *Trends in Plant Science*, 19(6), 371–379. doi: 10.1016/j.tplants.2014.02.001

8. Dohm, J. C., Minoche, A. E., Holtgräwe, D., Capella-Gutiérrez, S., Zakrzewski, F., Tafer, H., ... Himmelbauer, H. (2013). The genome of the recently domesticated crop plant sugar beet (*Beta vulgaris*). *Nature*, 505(7484), 546–549. doi: 10.1038/nature12817
9. Arakawa, T., Matsunaga, M., Matsui, K., Itoh, K., Kuroda, Y., Matsuhira, H., ... Kubo, T. (2020). The molecular basis for allelic differences suggests Restorer-of-fertility 1 is a complex locus in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *BMC Plant Biology*, 20(1), Article 503. doi: 10.1186/s12870-020-02721-9
10. Roik, M. V., Kovalchuk, N. S., Bodnar, S. O., Vlasiuk, V. I., & Fedoroshchak, L. H. (2022). Methods of creating substituted lines for hybrid selection of sugar beet: plants of the species *Beta vulgaris* L. with new sterile cytoplasm of *Beta patula* L. *Bioenergy*, 1–2, 22–28. 10.47414/be.1-2.2022.271346 [In Ukrainian]
11. Roik, M. V., Kovalchuk, N. S., Ivanina, V. V., & Yatseva, O. A. (2014). Prospects for breeding sugar beet hybrids (*Beta vulgaris*) for bioethanol production using new sterile cytoplasm from wild species of the genus *Beta*. *Bioenergy*, 2, 15–17. [In Ukrainian]
12. Webster, T. M., Grey, T. L., Scully, B. T., Johnson, W. C., III, Davis, R. F., & Breneman, T. B. (2016). Yield potential of spring-harvested sugar beet (*Beta vulgaris*) depends on autumn planting time. *Industrial Crops and Products*, 83, 55–60. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.12.037
14. Fasahat, P., Aghaezadeh, M., Jabbari, L., Sadeghzadeh Hemayati, S., & Townson, P. (2018). Sucrose Accumulation in Sugar Beet: From Fodder Beet Selection to Genomic Selection. *Sugar Tech*, 20(6), 635–644. doi: 10.1007/s12355-018-0617-z
14. Mall, A. K., Misra, V., Santeshwari, Pathak, A. D., & Srivastava, S. (2021). Sugar Beet Cultivation in India: Prospects for Bio-Ethanol Production and Value-Added Co-Products. *Sugar Tech*, 23(6), 1218–1234. doi: 10.1007/s12355-021-01007-0
15. Owen, F. V. (1945). Cytoplasmically inherited male sterility in sugar beet. *Journal of Agricultural Research*, 71(10), 423–440.
16. Roik, M. V., Kovalchuk N. S., & Yatseva, O. A. (2014). *Evaluation and selection of breeding materials with apozygosity and cytoplasmic male sterility: methodological recommendations*. Kyiv: N. p. [In Ukrainian]
17. Roik, M. V., & Hizbullin, N. H. (Eds.). *Methods of research in sugar beet*. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
18. Kovalchuk, V. P., Vasiliev, V. G., & Boyko, L. V. (2010). Determination of sugar content and conductometric ash in beet roots in one sample. In *Collection of methods for the study of soils and plants* (pp. 59–66). Kyiv: N.p.
19. Roik, M. V., Boiko, I. I., Honcharuk, H. S., Funina, I. R., & Zavhorodnia, S. V. (2020). *Selection of cold-resistant forms of succulent beetroots at low positive temperatures: methodological recommendations*. Kyiv: Komprint. [In Ukrainian]
20. DSTU 2292-93. *Sugar beet seeds. Methods of determining similarity, singleness and benignity*. (1994). Kyiv: State Standard of Ukraine. [In Ukrainian]
21. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in package Statistica 6.0. Guidelines*. Kyiv: PolygraphConsaltyng. [in Ukrainian]

UDC 633.63:631.52

Roik, M. V.¹, Kovalchuk, N. S.^{1*}, Balahura, O. V.¹, Prysiazhniuk, O. I.¹, Boiko, I. I.¹, Zinchenko, O. A.¹, Bekh, N. S.¹, Vlasiuk, V. I.², Fedoroshchak, L. H.³, & Orlov, S. D.¹ (2023). A study on the adaptive potential of new sterile cytoplasm of *Beta patula* and *Beta maritima* L. from wild beets of the genus *Beta* L.: cold resistance and traits of early sugar accumulation in introduced alloplasmic lines. *Advanced Agritechnologies*, 11(1). <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.279933> [In Ukrainian]

¹Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine,

*e-mail: natalakovalcuk461@gmail.com

²Veselyi Podil Experimental Breeding Station of the IBCSB, Veremiivka, Semenivsky district, Poltava region, 38250, Ukraine

³Yaltushkiv Experimental Breeding Station of the IBCSB, Chereshneve, Bar district, Vinnytsia region, 23021, Ukraine

Purpose. Assessment of new sugar beet breeding genotypes by a set of economically valuable traits to determine their suitability for the efficiency of the process of managing the production of bioethanol with the study of the activity of photosynthesis according to the content of chlorophylls *a* and *b*, early accumulation of carbohydrates, tolerance to low temperatures, germination of apozygous seeds and using new plasma of the substituted lines of sugar beet with introduced sterile cytoplasm from wild species *Beta patula* and *B. maritima* L. and apozygous lines A9 with *S vulgaris* Owen's cytoplasm. **Methods.** Field methods were used (pollen-free regime for the reproduction of apozygotic seeds in conditions of isolation and seed monogermity of the seed plants), laboratory methods (selection of the best experimental genotypes for cold resistance, analysis of productivity and dynamics of carbohydrate accumulation). **Results.** Self-fertile pollen-sterile lines A9 *Beta vulgaris* Sxxxz rr with an apomictic method of seed reproduction of seeds (Yaltushkiv EBS) and commercial hybrids with early carbohydrate accumulation were selected for the recessive colour of the hypocotyl *r-r*- and gametophytic reduced parthenogenesis for hybridization

according to the scheme: A9 *Beta vulgaris* Sxxzz rr × *Beta vulgaris* Mm Rr. The influence of cytoplasmic inheritance of *B. maritima* and *B. patula* on cold resistance indicators was studied and seed samples of the experimental genotypes No. 17225, 17221, 17222, 17220, 17226, 17223 were selected among substituted lines with seed germination rates at +4°C varying from 14.3 to 40.3%. Experimental genotypes of the substituted lines, grown in the conditions of pots were selected and examined by the indicators of early accumulation of sugars, which had values from 16.2 to 17.6% during four months of vegetation; photosynthetic activity with indicators of the content of chlorophyll varying from 2.06 to 1.32%, and chlorophyll *b* from 1.02 to 0.65%. **Conclusions.** Sugar beet hybrids, created with the use of cold-resistant substituted pollen-sterile lines of sugar beet, thanks to the natural evolution of the introduced cytoplasmic genome, ensure the extension of the growing season, high productivity, early accumulation of sugars and enrichment of the crop adaptation potential. The article contains the results of the study of the early carbohydrate accumulation, photosynthetic activity of selected experimental genotypes of the substituted sugar beet lines with high seed quality and 100% monogermity. Root crops of apomictic lines were selected based on *R+r* hypocotyl colour, generative reduced parthenogenesis, and studied for their specifics of seed set under the pollen-free regime.

Keywords: interspecies hybrids; cold resistance; substituted lines; introduced sterile cytoplasm; pollen-free regime; sugar content; *Beta maritima*; *Beta patula*.

Надійшла / Received 18.04.2023
Погоджено до друку / Accepted 12.05.2023