

і насипною вагою ( $r = 0,539^{**}$ ). Вміст білка позитивно корелював із висотою рослин ( $r = 0,692^{**}$ ). За результатами аналізу стабільності генотипи G9, G3, G15, G2 і G17 виявилися адаптованими до менш сприятливих умов середовища. Було визначено, що G10 і G16 добре адаптуються до будь-яких умов навколишнього середовища, а також є ідеальними з точки зору високої врожайності та стабільності. **Висновки.** Генотип G9 має високий потенціал урожайності, а G10 і G16 мають високу адаптивну здатність до різних умов середовища. Вплив навколишнього середовища на досліджувані показники виявився значним. Вищий потенціал урожайності мають ранні й низькорослі генотипи. Середовище E4 виявилось ідеальним, оскільки воно було розташоване близько до першого концентричного кола парних ділянок середовищ, тому його слід розглядати як найбільш придатне для відбору генотипів ячменю з широкою адаптивною здатністю.

**Ключові слова:** ячмінь; генотипи; складова врожайності; вплив середовища;  $G \times E$  взаємодія.

Надійшла / Received 02.09.2022

Погоджено до друку / Accepted 19.09.2022

УДК 633.63:631.52

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268940>

## Насіннева продуктивність алоплазматичних ліній на основі стерильних цитоплазм *Beta patula* і *B. maritima* за апозиготичного способу репродукції насіння

Роїк М. В., Балагура О. В., Ковальчук Н. С. \*,  
Зінченко О. А., Власюк В. І, Федорошак Л. Г.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, \*e-mail:natalakovalcuk461@gmail.com

**Мета.** Вивчити вплив цитоплазматичного геному заміщених ліній з новою плазмою від диких видів *Beta patula* і *B. maritima* і апозиготичних ліній А4–А8 з *S vulgaris* цитоплазмою Оуена на основні чинники апозиготичної репродукції насіння, насінневу продуктивність, схожість роздільноквітковість, стерильність залежно від генетичного походження матеріалу. **Методи.** Дослідження проведено з використанням польових, лабораторних, статистичних методів в лабораторії цитогенетики ІБКіЦБ, лабораторії апоміксису і поліплоїдії Ялтушківської ДСС, лабораторії адаптивної селекції Веселоподільської ДСС. Отримане апозиготичне насіння в умовах безпилкового режиму за методикою ІБКіЦБ з використанням просторової ізоляції і пергаментних ізоляторів. Під час цвітіння насінників у кожній рослині визначали її фенотип за стерильністю пилку та роздільноквітковістю. Класифікацію рослин проводили за Оуеном (1945), ідентифікуючи рослини чс-0 типу, чс-1 типу, чс-2 типу. Роздільноквітковість насінників оцінювали візуально за наявністю роздільноплідних плодів на центральних пагонах. У 2021 р. коренеплоди заміщених ліній Веселоподільської ДСС посаджені в умовах безпилкового режиму на дослідному полі ІБКіЦБ. Досліджена насіннева продуктивність при апозиготії, враховуючи кількість зав'язаних плодів на відрізьку 10 см при 5 повторях для кожного насінника. Схожість визначалась на 10-ту добу, енергія проростання – на 5-ту добу. **Результати.** Нові джерела цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) виділені в лабораторії цитогенетики на основі генетичної моделі аналізуючого схрещування, з використанням диференціації і добору за маркерними зчепленими генами забарвлення гіпокотелю  $R+r-$ , однолітнього і дволітнього циклу розвитку  $B+b-$ . Аналізаторами природи стерильності використані закріплювачі стерильності цукрових буряків, домінантні гомозиготи за рецесивними генами антоціанового забарвлення,

циклу розвитку, роздільноплідності і стерильності (*Beta vulgaris Sxxzz rr bb*). Роздільноплідні пилкостерильні лінії з апоміктичним способом репродукції насіння, походження ЯДСС (*A4–A8 Beta vulgaris Sxxzz rr*), відібрані за домінантним червоним забарвленням гіпокотелю  $R+r-$ , стабілізовані, за роздільноплідністю, стерильністю 100 %, рівнем плоідності геному  $2x$ , характеризуються низькою насінневою продуктивністю. На фоні стерильної цитоплазми *Beta maritima* походження із Туреччини спостерігались високі показники розвитку апозиготичного насіння, що змінювалися від 80 % до 96,4 % від кількості закладених квіток. У лінії *BC4S patula* кількість зав'язаного апозиготичного насіння мала значення від  $34 \pm 0,3$  до  $39 \pm 0,42$  шт., а показники дегенерованих квіток при апозиготії характеризувалися показниками від 31,2 до 54,3 %. Виділені насінні рослини з високою саморепродукцією насіння, такі як *BC4S maritima* (Туреччина), к.2/1 к.6/2 к.6/3 і на фоні нової плазми *Beta patula* к.3/4, к.9/4. Феномен високої саморепродукції насіння до 98,5–96,4 % закладених квіток виявлено у лінії 21-011 ЧС *BC5S patula* на рівні гібридів із закріплювачами стерильності цукрових буряків 97,5–93,1 %, що визначається особливою взаємодією ядерного геному буряків цукрових і нової плазми диких видів роду *Beta L.* **Висновки.** Апоміктичний спосіб забезпечить скорочення схеми селекції цукрових буряків завдяки високій апозиготичній репродукції насіння материнського компонента у заміщених ліній з новою плазмою та диференціацію за гаметофітним редукованим партеногенезом з використанням морфологічних маркерних ознак.

**Ключові слова:** цукрові буряки; (ЦМС) цитоплазматична чоловіча стерильність; закріплювачі стерильності; дикі види *Beta maritima* і *B. patula*; роздільноплідність; апозиготичний спосіб репродукції насіння.

## Вступ

Вперше утворення апоміктичних зародків у цукрових буряків спостерігав М. В. Фаворський ще в 1928 р. [1]. Перші публікації про розмноження шляхом апоміксису диких видів роду *Beta L.* належать К. Варока (1966) [2]. Малецька К. І. (2009) довела, що апоміктичне розмноження у пилкостерильних ліній цукрових буряків в умовах безпилкового режиму не є соматичним клонуванням і випадком нуцелярної ембріонії, а в основному природою зародків є гаметофітний редукований і нередукований партеногенез [3]. На таку особливість розвитку зародків при апозиготії звернена увага польської дослідниці Т. Szkutnik з використанням генетики ізоферментів [4]. Досліджено, що насіння селекційних матеріалів цукрових буряків, яке зав'язане без запилення, завдяки поліембріонії, характеризується генетичною різноякісністю і наявністю двох-трьох проростків у деяких роздільноплідних плодів [5, 6]. Ембріологічні дослідження показали їх природу, як із соматичних клітин (адвентивна ембріонія), так і генеративних клітин зародкового мішка [7, 8]. Утворення насіння в такому випадку називають насінневим клонуванням, проте теоретично такі потомства не повинні бути однорідними. Левітес та ін. [9] встановили, що поліморфізм ферментів, виявлений у таких рослин, зв'язаний з редетермінацією ферментного локуса і мінливістю експресії за структурою ізоферментів при апозиготії. З використанням ембріологічних досліджень встановлено, що залежно від способу формування зародкових мішків природа розвитку апозиготичного зародка визначається типом апоміксису: диплоспорія, апоспорія, адвентивна ембріонія, партеногенез [5, 7, 8].

При диплоспорії зародковий мішок розвивається з нередукованого мегаспороцита. У деяких мейоз може бути замінений мітозом або ж відсутній другий поділ. Цитоембріологічні дослідження показали, що в апоспорових зародкових мішках цього типу спостерігається формування партеногенетичних зародків, які розвиваються до глобулярної стадії, і подальший їх розвиток не відбувається через відсутність ендосперму [5, 9, 10]. Низька насіннева продуктивність характерна багатьом іншим видам незалежно від типів апозиготії і є одним із невирішених завдань для широкого використання нового способу репродукції насіння в селекції рослин [10, 11]. Так у більшості видів нуцелярна і інтегументальна ембріонія поєднується з генеративним партеногенезом і зародками, що потрапляють в

зародковий мішок іззовні [7, 8]. Присутність одночасно гаплоїдного зародка із редукованих клітин і адвентивного із соматичних цілком можлива [5, 7, 8]. А тому вирішення проблеми диференціації потомств за типом апозиготії, соматичним і генеративним редукованим апоміксисом у матеріалів з ЦМС та прийоми стабілізації рівня плоїдності геному за умов високих показників генетичної детермінації однобатьківської репродукції насіння дозволять лише реалізувати проблему використання апозиготичного способу репродукції насіння для отримання константного потомства, закріплення гетерозису і скорочення селекційного процесу без використання закріплювачів стерильності у цукрових буряків.

Вважається, що практичне значення апоміксису – велике, завдяки можливості зберігати гібридні ( $F_1$ ) і гетерозисні властивості в господарсько-цінних рослин протягом багатьох років і в цілому ряді поколінь. За літературними джерелами висока економічна зацікавленість і перспектива величезних вигод вже зараз визначає конкуренцію між провідними сільськогосподарськими монополіями світу (Syngenta, Pioneer Hi Bred International, Rijk Zwaan Zaadteelt B. V., Partec GmbH та ін.) [12–15].

Апоміксис зустрічається серед покритонасінних рослин, окремі види або роди можуть бути повністю апоміктичними, а також спосіб репродукції насіння змінюється у біотипів одного і того ж виду в широких межах [7, 11, 16]. Більшість дослідників з апозиготії у рослин вважають, що в даному разі зародок без запилення і запліднення виникає не в результаті об'єднання генеративних клітин, а завдяки клонуванню материнської тканини насінневого зачатку [5, 8]. На даний час стали доступні нові стратегії геноміки для розуміння ключових механізмів регуляції мейозу, партеногенезу, після розшифровки геномів арабідопсису та ірису [10, 15, 16]. Численні результати дослідження з апоміксису доводять високий рівень генного, хромосомного і морфологічного різноманіття у апоміктичного потомства [13, 17, 18]. В ІБКІЦБ впровадили безпилковий режим для одержання апозиготичних пилкостерильних ліній вітчизняного походження завдяки встановленню зв'язку між міксоплоїдією клітинних популяцій, стабілізацією рівня геному і показників роздільноплоїдності та стерильності [19]. Добір за антоціановим маркерним забарвленням донорних насінних рослин та плоїдністю з використанням АП «Partec» в умовах ембріокультури недозрілих апоміктичних зародків дозволяє виділити гомозиготні лінії, індуковані за генеративними редукованим партеногенезом [20]. Вихідні матеріали з генетично детермінованими високими показниками апозиготичного розвитку насіння, вивчення особливостей їх насінневої продуктивності є особливо актуальними для практичної селекції, так само як і дослідження генетичної мінливості селекційноцінних показників при даному способі репродукції насіння.

*Мета досліджень* – вивчити вплив цитоплазматичного геному заміщених ліній з новою плазмою від диких видів *Beta patula* і *B. maritima* і апозиготичних ліній  $A_4$ – $A_8$  з *S vulgaris* цитоплазмою Оуена на основні чинники апозиготичної репродукції насіння, насінневу продуктивність, схожість, роздільноквітковість, стерильність залежно від генетичного походження матеріалу.

### Матеріали та методика досліджень

Вихідним матеріалом для експериментальних досліджень експресії ядерних генів роздільноплоїдності *mt* та стерильності *xxzz* при апозиготії, після стабілізації за рівнем плоїдності геному, були використані:

– коренеплоди пилкостерильних ліній Ялтушківської ДСС з апозиготією  $A_7$ – $A_8$ , стабілізовані за стерильністю *xxzz*, роздільноплоїдністю *mt*, рівнем плоїдності геному  $2x = 18$  і антоціановим забарвленням гіпокотелю  $R+$ ;

– апозиготичні потомства четвертого циклу апоміктичної репродукції від багатоплідних гібридних рослин, сортів іноземної селекції: 'Leopard' (SES Vander-Have), 'Ventura' (Maribo Seed), 'Berni' (Strube), 'Florata' (Syngenta), 'Sylveta' (Syngenta Axam), 'Clarina' (KWS), 'Triada' (Syngenta);

– реципроктні потомства міжвидових гібридів цукрових буряків з інтродукційною новою плазмою *V. maritima* і *V. patula* з елементами апозиготичної репродукції насіння.

Безпилковий режим і однопольовий спосіб репродукції був забезпечений просторовою ізоляцією на дослідному полі ІБКЦБ з використанням групових ізоляторів та селекційно-тепличного комплексу Ялтушківської ДСС. Дослідження проведені за роздільноплідністю, стерильністю, масою отриманого насіння залежно від стабілізуючого добору за рівнем плідності геному з використанням комп'ютерних програм АП «Partec» за методикою, розробленою в ІБКЦБ [21].

Для дослідження насінневої продуктивності нових плазматипів при апозиготії використані коренеплоди, отримані від кращих зразків заміщених ліній ВПДСС у 2020–2021 рр. за селекційними номерами: *BC<sub>6</sub>S maritima*, к.2/1, 3/1, 4/1, Селек. № 16901, пол. № 178; *BC<sub>6</sub>S patula*, 2/4,3/4, 4/4, 4/7, Селек. № 16907, пол. № 184; *BC<sub>6</sub>S maritima*, 6/1, 6/2, 6/3, 6/5, Селек. № 16903.

Якісні показники апоміктичного насіння *A1–A2* заміщених ліній вивчалися з використанням селекційних номерів: *BC<sub>4</sub>S patula* к.1 *A2:19\*R+r-bbmmxxzz*; *BC<sub>3</sub>S* Туреччина к.3 *A2:19p*; *BC<sub>3</sub>S* Греція «Ц» к.4 *A2:19p*; *BC<sub>3</sub>S* Греція к.3 *A2:19p*; *BC<sub>6</sub>S patula*, Португалія, о. Мадейра к.2/4, *A1:21*.

Дослідження проведені в лабораторії цитогенетики ІБКЦБ, лабораторії апоміксису і поліплоїдії Ялтушківської ДСС, лабораторії адаптивної селекції Веселоподільської ДСС.

Коренеплоди заміщених ліній Веселоподільської ДСС за селекційними номерами *BC<sub>6</sub>S maritima*, *BC<sub>6</sub>S patula* висаджені в умовах безпилкового режиму на дослідному полі ІБКЦБ і досліджена продуктивність зав'язування насіння при апозиготії залежно від генетичного походження стерильних цитоплазм. Метод безпилкового режиму включає ізольоване вирощування насінних рослин цукрових буряків з фенотипом ЧС-0 за Оуеном (1945). Безпилковий режим проведений за методикою одержання апозиготичного насіння у цукрових буряків [22]. Цвітіння насінників на дослідному полі ІБКЦБ спостерігали в червні – липні. Роздільноквітковість насінників оцінювали візуально, аналізуючи центральні пагони за методикою [23].

Особливості формування насіння однопольовим способом досліджували на відрізьку 10 см в 5 повторах для кожного насінника. Селекційні номери оцінювали між собою за походженням і терміном апоміктичної репродукції. Середнє значення розвитку зародків на відрізьку 10 см у кожного насінника визначалось за формулою:

$$X = \frac{\sum_{\text{Мср.}-x}}{n},$$

де  $x$  – кількість насінин на відрізьку 10 см;  $n$  – кількість вимірювань з кожного насінника сумарно в 5 повторах.

Похибка середньої арифметичної визначається за формулою:

$$m = \frac{\delta}{\sqrt{n}},$$

де  $\delta$  – стандартне відхилення середньої арифметичної для кожного варіанта виміру, а саме, кількості плодів на відрізьку 10 см;  $n$  – загальна кількість плодів для кожного селекційного номера (насінника).

Для встановлення достовірності проведених досліджень і правильно підібраної вибірки для аналізу проводили обрахунок величини похибки репрезентативності  $m_p$ , що у відсотках дозволяє контролювати суттєвість дослідів за методикою статистичного аналізу [24]. 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, енергією проростання, антиціановим забарвленням проростків;  $n$  – обсяги дослідження насіння кожного селекційного номера.

## Результати досліджень

Результати аналізу селекційноцінних показників у насінних рослин, стабілізованих за рівнем плідності генному, вирощених із коренеплодів  $A_4$ – $A_8$  різного генетичного походження Ялтушківської ДСС, викладені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Показники мінливості за роздільноплідністю, стерильністю та продуктивністю цукрових буряків з апозиготією залежно від стабілізуючого добору за рівнем плідності геному**

п/п	Походження селекційних номерів	Апозиготична репродукція	Кількість насінників 2х	Плідність, %****		Стерильність, %		Одержано насіння, шт.; г
				РК	БК	ЧС-О	Ф***	
Насінники з коренеплодів, вирощених у селекційному розсаднику								
1	M/V 16-1-5 чс (г.і.39-40)	$A_4$	7	16,7	83,3	50,0	50,0	64
2	M/V 16-1-8 чс (г.і.41)	$A_4$	8	25,0	75,0	33,3	66,7	8
3	M/V 16-10-8 чс (г.і.42)	$A_4$	9	100	–	100	–	100
4	M/S 16-4-4 чс (г.і.43)	$A_4$	9	12,5	87,5	87,5	12,5	3 шт.
5	M/S 16-5-5 чс (г.і.43)	$A_4$	10	100	–	33,3	66,7	20
6	M/S 16-7-3 чс (г.і.43)	$A_4$	8	33,3	66,7	66,7	33,3	5
7	M/S 16-13-3 чс (г.і.44)	$A_4$	10	16,7	83,3	91,7	8,3	45
8	M/T 16-18-6 чс (г.і.95)	$A_4$	8	50,0	50,0	37,5	62,5	102
9	M/S 16-16-2 чс (г.і.45)	$A_4$	9	60,0	40,0	46,7	53,3	20
10	M/S 16-18-4 чс (г.і.47)	$A_4$	5	14,3	85,7	57,1	42,9	5
11	18-133-1 чс R+r-;	$A_8$	9	66,7	33,3	69,4	30,6	70
12	18-143-1 чс R+r-;	$A_8$	9	88,9	11,1	77,8	22,2	140
13	18-198-1 чс R+r-;	$A_8$	11	80,4	19,3	62,7	37,3	50
14	18-146-1 чс R+r-;	$A_8$	10	100	–	62,8	37,2	140
15	18-198-2 чс R+r-;	$A_8$	13	91,2	8,8	67,2	32,8	170
16	18-200-1 чс R+r-;	$A_8$	9	91,2	8,8	73,5	26,5	130
17	18-184-1 чс R+r-;	$A_8$	10	91,3	8,7	66,7	33,3	40
18	18-180-1 чс R+r-;	$A_8$	10	94,3	5,7	80,0	20,0	140
19	18-138-1 чс R+r-;	$A_8$	15	93,2	6,8	71,2	28,8	75
20	18-200-2 чс R+r-;	$A_8$	11	90,7	9,3	60,5	39,5	70

**Примітка.** \* – безпилковий режим забезпечений добором лише ЧС-О насінників на початку цвітіння; \*\* – кількість насінників, стабілізованих за роздільноплідністю, стерильністю і плідністю від загальної кількості (20 шт.) у групових ізоляторах; \*\*\* – «Ф» для зручності браковки і аналізів насінники ЧС-1 і ЧС-2 типу об'єднували в один клас; \*\*\*\* – одноросткові (ОР) і багаторосткові (БР) насінники.

За даними таблиці 1, як серед апозиготичних потомств багатонасінних гібридних рослин, так і стабілізованих за рівнем геному роздільноплідних ліній Ялтушківської ДСС, спостерігалась мінливість за фенотиповими ознаками рецесивних ядерних генів роздільноплідності  $m$  від 12,5 до 100 % і в апоміктичних потомств пилкостерильних ліній  $A_8$  від 66,7 до 100 %. Лише два селекційних номери з апозиготичною репродукцією, від іноземних гібридів – M/V 16-10-8 чс (г.і.42) і M/S 16-5-5 чс (г.і.43) мали показники роздільноплідності насінних рослин до 100 %. Показники маси апоміктичного насіння в грамах були у селекційному матеріалі цукрових буряків незначними і змінювались від 3–5 шт. до 102 г насіння.

Коренеплоди, отримані від кращих зразків насіння заміщених ліній ВПДСС у 2020 р., вирощувалися в умовах просторової ізоляції ІБКіЦБ. Показники зав'язування насіння, а також кількість дегенерованих зародків наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Насіннева продуктивність нових плазмотипів на основі інтродукційних стерильних цитоплазм за апоміктичної репродукції насіння**

Походження	Селекційні номери	Умови репродукції насіння	Кількість плодів на відрізьку 10 см, $X \pm m$	Із них, %	
				розвинених	дегенерованих
<i>BC<sub>s</sub>S maritima</i> , Туреччина к.2/1	Селек. № 16901, пол. № 178	A <sub>1</sub> безпилковий режим*	31 ± 0,52	93,5	6,5
<i>BC<sub>s</sub>S maritima</i> , Туреччина к.3/1	Селек. № 16901, пол. № 178	просторова ізоляція	26 ± 0	46,2	53,8
<i>BC<sub>s</sub>S maritima</i> , Туреччина к.4/1	Селек. № 16901, пол. № 178	--/--	23 ± 0,3	39,1	60,9
<i>BC<sub>s</sub>S patula</i> , Португалія, о. Мадейра к.2/4	Селек. № 16907, пол. № 184	--/--	35 ± 0,3	45,7	54,3
<i>BC<sub>s</sub>S patula</i> , Португалія, о. Мадейра к.3/4	Селек. № 16907, пол. № 184	--/--	39 ± 0,42	51,3	48,7
<i>BC<sub>s</sub>S patula</i> , Португалія, о. Мадейра к.4/4	Селек. № 16907, пол. № 184	--/--	36 ± 0,42	50,0	50,0
<i>BC<sub>s</sub>S patula</i> , Португалія, о. Мадейра к.4/7	Селек. № 16907, пол. № 184	--/--	34 ± 0,3	68,8	31,2
<i>BC<sub>s</sub>S maritima</i> , Туреччина к.6/1	Селек. № 16903, пол. № 180	--/--	29 ± 0	79,3	20,7
<i>BC<sub>s</sub>S maritima</i> , Туреччина, к.6/2	Селек. № 16903, пол. № 180	A <sub>1</sub> безпилковий режим	28 ± 0,42	96,4	3,6
<i>BC<sub>s</sub>S maritima</i> , Туреччина, к.6/3	Селек. № 16903, пол. № 180	просторова ізоляція	23 ± 0,30	95,7	4,3
<i>BC<sub>s</sub>S maritima</i> , Туреччина, к.6/5	Селек. № 16903, пол. № 180	--/--	26 ± 0,30	88,5	11,5

**Примітка.** \* – безпилковий режим забезпечений використанням просторової ізоляції.

Насіннева продуктивність досліджувалась на 28-му добу від початку цвітіння. Високі і найбільш стабільні показники зав'язування насіння в умовах просторової ізоляції були характерні для насінників заміщених ліній за селекційними номерами *BC<sub>s</sub>S maritima* 6/2, 6/3 селек. № 16903 на основі стерильної плазми *B. maritima*, походження із Туреччини. Досліджували насінневе потомство чотирьох насінників *BC<sub>s</sub>S patula*, 2/4, 3/4, 4/4, 4/7, Селек. № 16907. Показники зав'язування насіння у заміщених ліній на відрізьку 10 см змінювалися від 39,1 до 96,4 %.

Кількість плодів, за даними таблиці 2, мала значення від 23 ± 0,3 до 39 ± 0,42 шт. залежно від походження селекційних номерів. Квітоносні пагони у заміщених ліній на основі плазми *B. maritima*, Туреччина на 28-му добу після початку цвітіння з дегенерацією 11,5 % зображено на рисунку 1.

У деяких селекційних номерів з високим відсотковим значенням поліембріонії, особливо на фоні стерильної цитоплазми *B. patula*, спостерігали відставання кришечки на сформованій насініні (рис. 1 б).

Для лінії *V. patula* кількість плодів на відрізьку 10 см суттєво перевищувала показники насінників на фоні стерильної цитоплазми *V. maritima* (Туреччина). Низькими показниками дегенерації і стабільними показниками розвинених зародків характеризувалися окремі селекційні номери на фоні стерильної цитоплазми походженням від *V. maritima* із Туреччини. Виділяються насінні рослини з високою саморепродукцією насіння, такі як *BC<sub>4</sub>S maritima*, Туреччина к.2/1, к.6/2, к.6/3 і на цитоплазматичному фоні *V. patula* (о. Мадейра) за селекційними номерами *BC<sub>4</sub>S patula* к.3/4, 4/4.



**Рис. 1. Зав'язування апоміктичного насіння в умовах безпилкового режиму:**  
а) розвиток насіння на квітконосних пагонах у ліній *BC<sub>6</sub>S maritima*, 6/1, 6/2, 6/3, 6/5, Селек. № 16903, пол. № 180; б) відставання кришечки плоду у *BC<sub>6</sub>S patula*, 3/4, селек. № 16907, пол. № 184 з високими показниками поліембріонії

В умовах безпилкового режиму, з використанням пергаментних ізоляторів, отримано апозиготичне насіння  $A_2$  у заміщених ліній з новими стерильними цитоплазмами від диких видів *V. maritima* і *V. patula*, відібраних за високою цукристістю. Коренеплоди високоцукристих ліній  $A_1$ , вирощені в селекційному розсаднику Веселоподільської ДСС, досліджувались в умовах вегетаційних сосудів ІБКіЦБ.

Основними чинниками, що визначають використання апозиготії в селекції цукрових буряків, є, окрім продуктивності насінників, якість насіння. В умовах вегетаційних сосудів ІБКіЦБ при використанні пергаментних ізоляторів отримано насіння  $A_1$ – $A_2$  заміщених ліній різного генетичного походження. Високоцукристі лінії з новою стерильною плазмою від диких видів *V. maritima* і *V. patula*, що характеризуються високими показниками репродукції насіння, зображено на рисунку 2.



**Рис. 2. Зав'язування апоміктичного насіння  $A_1$ – $A_2$  нових плазмотипів із стерильними цитоплазмами від диких видів в умовах безпилкового режиму ІБКіЦБ (просторова ізоляція):** а), б) розвиток насіння в безпилковому режимі у лінії *BC<sub>4</sub>S patula*

Показники схожості, енергії проростання у різних за терміном апоміктичної репродукції заміщених ліній наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

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

№ п/п	Походження селекційних номерів (термін апоміктичної репродукції)	Посіяно насіння, шт.	Енергія проростання і ростковість на 5-ту добу, шт.	Схожість насіння на 10-ту добу, $P \pm m_p$	Із них за забарвленням гіпокотелю, %	
					червоних	зелених
1	<i>BC<sub>4</sub>S patula</i> к.1 А2:19* R+r-bbmmxxzz	100	21 mm <sup>1</sup> 20 mm <sup>1+2</sup> 1	68 ± 4,7	50	50
2	<i>BC<sub>3</sub>S</i> Туреччина к.3 А2:19р R+r-bbmmxxzz	100	45 mm <sup>1</sup> 39 mm <sup>1+2</sup> 6	100 ± 0	80	20
3	<i>BC<sub>3</sub>S</i> Греція «Ц» к.4 А2:19р R+r-bbmmxxzz	100	9 mm <sup>1</sup> 7 mm <sup>1+2</sup> 2	17 ± 3,8	–	100
4	<i>BC<sub>3</sub>S</i> Греція к.3 А2:19р R+r-bbmmxxzz	100	87 mm <sup>1</sup> 71 mm <sup>1+2</sup> 16	100 ± 0	–	100
5	<i>BC<sub>3</sub>S</i> Греція б.г. к.2 А2:19р R+r-bbmmxxzz	100	26 mm <sup>1</sup> 26	56 ± 4,9	82,14	17,86
6	<i>BC<sub>6</sub>S maritima</i> , Туреччина к.2/1, А1:21	100	90 mm <sup>1</sup> 80 mm <sup>1+2</sup> 10	100 ± 0	50	50
7	<i>BC<sub>6</sub>S maritima</i> , Туреччина к.3/1, А1:21	100	95 mm <sup>1</sup> 89 mm <sup>1+2</sup> 6	100 ± 0	70	30
8	<i>BC<sub>6</sub>S maritima</i> , Туреччина к.4/1 А1:21	100	89 mm <sup>1</sup> 79 mm <sup>1+2</sup> 10	99,8 ± 1,4	30	70
9	<i>BC<sub>6</sub>S patula</i> , Португалія, о. Мадейра к.2/4, А1:21	100	87 mm <sup>1</sup> 71 mm <sup>1+2</sup> 16	99 ± 0,99	16	84
10	<i>BC<sub>6</sub>S patula</i> , Португалія, о. Мадейра к.3/4, А1:21	100	86 mm <sup>1</sup> 86	96 ± 1,95	82,14	17,86
11	<i>BC<sub>6</sub>S patula</i> , Португалія, о. Мадейра к.4/4, А1:21	100	80 mm <sup>1</sup> 70 mm <sup>1+2</sup> 10	100 ± 0	50	50
12	<i>BC<sub>6</sub>S patula</i> , Португалія, о. Мадейра к.4/7, А1:21	100	95 mm <sup>1</sup> 79 mm <sup>1+2</sup> 16	100 ± 0	80	20
13	<i>BC<sub>6</sub>S maritima</i> , Туреччина к.6/1, А1:21	100	90 mm <sup>1</sup> 87 mm <sup>1+2</sup> 3	100 ± 0	55	45
14	<i>BC<sub>6</sub>S maritima</i> , Туреччина, к.6/2, А1:21	100	87 mm <sup>1</sup> 71 mm <sup>1+2</sup> 16	100 ± 0	47	53
15	<i>BC<sub>6</sub>S maritima</i> , Туреччина, к.6/3, А1:21	100	96 mm <sup>1</sup> 96	96 ± 1,95	25	75
16	<i>BC<sub>6</sub>S maritima</i> , Туреччина, к.6/5, А1:21	100	96 mm <sup>1</sup> 93 mm <sup>1+2</sup> 3	95,6 ± 2,1	35	65

**Примітка.** \* – А2:19 термін апоміктичної репродукції насіння у бекросних потомств *B<sub>3</sub>*, *B<sub>4</sub>* – 2019 рік – А1:21 термін апоміктичної репродукції насіння у бекросних потомств заміщених ліній *B<sub>6</sub>*:21.



За результатами аналізу таблиці 3, як енергія проростання, так і схожість при апозиготії у заміщених ліній *BC<sub>3</sub>*, *BC<sub>4</sub>* на основі стерильних цитоплазм *B. maritima* (Греція і Туреччина) змінювалась від 17 до 100 % залежно від генетичного походження матеріалу. У більшості номерів спостерігалась багаторостковість у роздільноплідних плодів як показник поліембріонії при апозиготії. Насіння із зеленим забарвленням гіпокотелю є показником розвитку зародків за генеративним редукованим ембріогенезом від гетерозиготних R+r-насінних рослин. У високоцукристих заміщених ліній на основі стерильної цитоплазми *BC<sub>3</sub>S* Греція «Ц» р.4 A<sub>2</sub>:18, *BC<sub>3</sub>S* Греція р.3 A<sub>2</sub>:18 проростки з експресією рецесивних алелей r-r мали значення 100 %.

У 2021 році досліджувались селекційні показники фертильності, стерильності, однонасінності апоміктичних потомств пилкостерильної лінії *BC<sub>5</sub>S patula* у зрівнянні із селекційними показниками, отриманими від схрещування її з закріплювачем стерильності походження ЯДСС 305а зап. (каб. 37) і специфічним закріплювачем № 677 (21-011 зап). Дані занесені в таблицю 4.

Таблиця 4

**Аналіз селекційних показників стерильності, роздільноквітковості в апоміктичних потомств і потомств від схрещування із закріплювачем стерильності заміщеної лінії *BC<sub>5</sub>S patula***

№ п/п	Селекційний номер і генетичне походження	Проаналізовано рослин, шт.	Визначено			
			Стерильність, P ± mp	Фертильність, P ± mp	Роздільноквітковість, P ± mp	Багатоквітковість, P ± mp
Групові ізолятори-кабіни						
1	21-011 чс <i>BC<sub>5</sub>S patula</i> A1	1544	84,5 ± 0,92	15,5 ± 0,93	87,2 ± 0,90	12,8 ± 0,85
2	21-305а <i>Beta vulgaris</i> Nxxxz ЯДСС	743	2,9 ± 0,61	97,1 ± 0,62	87,2 ± 1,22	12,8 ± 1,23
Ізольована ділянка						
3	21-011 чс <i>BC<sub>5</sub>S patula</i> A1	1594	79,1 ± 1,02	20,7 ± 1,01	75,1 ± 1,08	24,9 ± 1,08
4	21-011 <i>Beta vulgaris</i> Nxxxz, № 677	920	13,4 ± 1,12	86,6 ± 1,10	93,9 ± 0,79	6,1 ± 1,79
5	21-011 чс (прост. гібриди) <i>BC<sub>5</sub>S patula</i> × <i>Beta vulgaris</i> Nxxxz	2175	87,3 ± 0,70	12,7 ± 0,71	86,6 ± 0,73	13,4 ± 0,73
6	21-011. <i>Beta vulgaris</i> Nxxxz	654	15,3 ± 1,42	84,7 ± 1,41	84,6 ± 1,44	15,4 ± 1,40

За даними таблиці 4, показники роздільноквітковості за апоміктичної репродукції насіння *BC<sub>5</sub>S patula* A1 мали відсоткове значення 87,2 ± 0,90 %, що відповідає показникам заміщених ліній *BC<sub>6</sub>*, отриманих від схрещування із неспецифічним закріплювачем стерильності *B. vulgaris* Nxxxz 21-305а зап. (каб 37) походження ЯДСС із відсотковим значенням 86,6 ± 0,73 %. Показники стерильності змінювались при цьому в умовах групових ізоляторів у апоміктичних потомств від 84,5 ± 0,92 % до 79,1 ± 1,02 %, порівнюючи з пилкостерильними гібридними рослинами із відсотковим значенням 87,3 ± 0,70 %, отриманими в результаті гібридизації *BC<sub>5</sub>S* ♀ *patula* × ♂ *Beta vulgaris* Nxxxz.

### Висновки

Виділено нові заміщені лінії з високим зав'язуванням апозиготичного насіння для спрощення схеми селекції без використання закріплювачів стерильності цукрових буряків за селекційними номерами:

*BC<sub>6</sub>S maritima* 6/2, 6/3 селек. № 16903, пол. № 180 на основі нової плазми походження із Туреччини і дикого виду *B. patula*, № *BC<sub>6</sub>S patula*, 2/4, 3/4, 4/4, 4/7, селек. № 16907, пол. № 184. Показники розвитку насіння на відрізьку 10 см у заміщених ліній на основі нової плазми *B. maritima* і *B. patula* змінювались від 39,1 до 96,4 % від усіх закладених квіток.

Феномен високої саморепродукції насіння до 98,5–96,4 % у лінії *BC<sub>5</sub>S patula* на рівні гібридних зародків 97,5–93,1 % ми пояснюємо особливою взаємодією ядра і цитоплазми у нових плазмотипів.

## Використана література

1. Фаворский Н. В. Материалы по биологии и эмбриологии сахарной свеклы. *Труды Научного института селекции*. 1928. Вып. 2. С. 41–45.
2. Barocka K.-H. Die Sektion *Corollinae* der Gattung *Beta* (Tournef.) L. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. 1966. No. 56. S. 379–388.
3. Maletskaya E. I., Yudanov S. S., Maletskii S. I. Haploids in Apozygotic Seed Progenies of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). *Sugar Tech*. 2009. Vol. 11, Iss. 1. P. 61–65. doi: 10.1007/s12355-009-0010-z
4. Szkutnik T. Apomixis in the sugar beet reproduction system. *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*. 2011. Vol. 52, Iss. 1. P. 87–96. doi: 10.2478/v10182-010-0011-y
5. Жужжалова Т. П., Подвигина О. А. Генетическая разнокачественность семян и методы ее преодоления. *Сахарная свекла*. 2011. № 7. С. 14–17.
6. Малецкий С. И., Юданова С. С., Малецкая Е. И. Эпигеномная и эпипластомная изменчивость у гаплоидных и дигаплоидных растений сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.). *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50, № 5. С. 579–589. doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.579rus
7. Наумова Т. Н. Апомиксис и амфимиксис у цветковых растений. *Цитология и генетика*. 2008. Т. 42, № 3. С. 51–63.
8. Богомолов М. А., Фоменко Н. Р. Эмбриологические особенности апомиксиса у сахарной свеклы. *Сахарная свекла*. 2017. № 3. С. 8–10.
9. Левитес Е. В., Кирикович С. С., Виниченко Н. А. Изменчивость в агамоспермных потомствах сахарной свеклы. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016. № 60. С. 162–168.
10. Gerashchenkov G. A., Yasybaeva G. R., Rozhnova N. A., Chemeris A. V. Isolation of Promoters and Fragments of Genes Controlling Endosperm Development Without Fertilization in Arabidopsis and Engineering of the Antisense Constructions. *European Journal of Molecular Biotechnology*. 2015. Vol. 8, Iss. 2. P. 56–62. doi: 10.13187/ejmb.2015.8.56
11. Кашин А. С., Цветова М. И., Демочки Ю. А. Цитологические особенности генезиса клеток апикальных меристем при гаметофитном апомиксисе (на примере автономных апомиктов *Asteraceae*). *Цитология и генетика*. 2011. № 2. С. 28–38.
12. Hand M. L., Vít P., Krahulcová A. et al. Evolution of apomixes loci in *Pilosella* and *Hieracium* (*Asteraceae*) inferred from the conservation of apomixes-linked markers in natural and experimental populations. *Heredity*. 2014. Vol. 114, Iss. 1. P. 17–26. doi: 10.1038/hdy.2014.61
13. Murovec J., Bohanec B. Haploids and doubled haploids in plant breeding. *Plant breeding* / I. Abdurakhmonov (ed.). InTech, 2012. P. 87–106. doi: 10.5772/29982
14. Okada T., Ito K., Johnson S.D. et al. Chromosomes Carrying Meiotic Avoidance Loci in Three Apomictic Eudicot *Hieracium* Subgenus *Pilosella* Species Share Structural Features with Two Monocot Apomicts. *Plant Physiology*. 2011. Vol. 157, Iss. 3. P. 327–341. doi: 10.1104/pp.111.181164
15. Богомолов М. А., Федулова Т. П. Интрогрессия апомиксиса – новый путь создания гибридов сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.). *Сахарная свекла*. 2018. № 2. С. 4–7.
16. Hojsgaard D., Klatt S., Baier R. et al. Taxonomy and Biogeography of Apomixis in Angiosperms and Associated Biodiversity Characteristics. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2014. Vol. 33, Iss. 5. P. 414–427. doi: 10.1080/07352689.2014.898488
17. Rodriguez-Leal D., Vielle-Calzada J.-P. Regulation of apomixes: learning from sexual experience. *Current Opinion in Plant Biology*. 2012. Vol. 15, Iss. 5. P. 549–555. doi: 10.1016/j.pbi.2012.09.005
18. Юданова С. С. Миксоплоидия и сегрегация по одно-многокостковости в партогенетических потомствах сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.). *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016. № 2. С. 405–411.
19. Роїк М. В., Ковальчук Н. С., Яцева О. А. Апозиготія як метод створення вихідних матеріалів буряків цукрових. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 11. С. 45–49.

20. Kovalchuk N. S., Royik M. V., Hadzalo Ya. M. et al. Improvement of technologies of obtaining regenerates from embryoculture of sugar beet breeding genotypes (*Beta vulgaris*) with apospogotic seed reproduction. *Agricultural Sciences and Practice*. 2019. Vol. 6, Iss. 2. P. 3–17. doi: 10.15407/agrisp6.02.003
21. Роїк М. В., Ковальчук Н. С. Аналіз мінливості рівня плоідності геному вихідних селекційних матеріалів цукрових буряків з використанням технології аналізатора плоідності «Partec»: методичні рекомендації. Київ, 2006. 40 с.
22. Роїк М. В., Ковальчук Н. С., Яцева О. А. Оцінка і добір селекційних матеріалів з апозіготиєю та цитоплазматичною чоловічою стерильністю: методичні рекомендації. Київ, 2014. 19 с.
23. Малецкий С. И. Эпигенетическая изменчивость признака раздельно-сростноцветковости у сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.). *Эпигенетика растений*. Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2005. С. 195–205.
24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

### References

1. Favorskiy, N. V. (1928). Materials on biology and embryology of sugar beet. *Proceedings of the Scientific Institute of Breeding*, 2, 41–45. [In russian]
2. Barocka, K.-H. (1966). Die Sektion *Corollinae* der Gattung *Beta* (Tournef.) L. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 56, 379–388.
3. Maletskaya, E. I., Yudanov, S. S., & Maletskii, S. I. (2009). Haploids in Apozygotic Seed Progenies of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). *Sugar Tech*, 11(1), 61–65. doi: 10.1007/s12355-009-0010-z
4. Szkutnik, T. (2011). Apomixis in the sugar beet reproduction system. *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*, 52(1), 87–96. doi: 10.2478/v10182-010-0011-y
5. Zhuzhzhhalova, T. P., & Podvigina, O. A. (2011). Genetic heterogeneity of seeds and methods for overcoming it. *Sugar beet*, 7, 14–17. [In russian]
6. Maletskiy, S. I., Yudanov, S. S., & Maletskaya, E. I. (2015). Epigenomic and epiplastomic variability in haploid and dihaploid sugar beet plants (*Beta vulgaris* L.). *Agricultural Biology*, 50(5), 579–589. doi: 10.15389/agrobiol.2015.5.579rus [In russian]
7. Naumova, T. N. (2008). Apomixis and amphimixis in flowering plants. *Cytology and genetics*, 42(3), 51–63. [In russian]
8. Bogomolov, M. A., & Fomenko, N. R. (2017). Embryological features of apomixis in sugar beet. *Sugar Beet*, 3, 8–10. [In russian]
9. Levites, E. V., Kirikovich, S. S., & Vinichenko, N. A. (2016). Variability in agamospermic offspring of sugar beet. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 60, 162–168. [In russian]
10. Gerashchenkov, G. A., Yasybaeva, G. R., Rozhnova, N. A., & Chemeris, A. V. (2015). Isolation of Promoters and Fragments of Genes Controlling Endosperm Development Without Fertilization in Arabidopsis and Engineering of the Antisense Constructions. *European Journal of Molecular Biotechnology*, 8(2), 56–62. doi: 10.13187/ejmb.2015.8.56
11. Kashin, A. S., Tsvetova, M. I., & Demochko, Yu. A. (2011). Cytological features of the genesis of apical meristem cells during gametophyte apomixis (on the example of autonomous apomicts of *Asteraceae*). *Cytology and genetics*, 2, 28–38. [In russian]
12. Hand, M. L., Vít, P., Krahulcová, A., Johnson, S. D., Oelkers, K., Siddons, H., Chrtek, J., Jr, Fehrer, J., & Koltunow, A. M. G. (2014). Evolution of apomixis loci in *Pilosella* and *Hieracium* (*Asteraceae*) inferred from the conservation of apomixis-linked markers in natural and experimental populations. *Heredity*, 114(1), 17–26. doi: 10.1038/hdy.2014.61
13. Murovec, J., & Bohanec, B. (2012). Haploids and doubled haploids in plant breeding. In I. Abdurakhmonov (Ed.), *Plant breeding* (pp. 87–106). InTech. doi: 10.5772/29982

14. Okada, T., Ito, K., Johnson, S. D., Oelkers, K., Suzuki, G., Houben, A., Mukai, Y., & Koltunow, A. M. (2011). Chromosomes Carrying Meiotic Avoidance Loci in Three Apomictic Eudicot *Hieracium* Subgenus *Pilosella* Species Share Structural Features with Two Monocot Apomicts. *Plant Physiology*, 157(3), 327–1341. doi: 10.1104/pp.111.181164
15. Bogomolov, M. A., & Fedulova, T. P. (2018). Apomixis introgression is a new way to create sugar beet (*Beta vulgaris* L.) hybrids. *Sugar Beet*, 2, 4–7. [In russian]
16. Hojsgaard, D., Klatt, S., Baier, R., Carman, J. G., & Hörandl, E. (2014). Taxonomy and Biogeography of Apomixis in Angiosperms and Associated Biodiversity Characteristics. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33(5), 414–427. doi: 10.1080/07352689.2014.898488
17. Rodriguez-Leal, D., & Vielle-Calzada, J.-P. (2012). Regulation of apomixes: learning from sexual experience. *Current Opinion in Plant Biology*, 15(5), 549–555. doi: 10.1016/j.pbi.2012.09.005
18. Yudanova, S. S. (2016). Mixoploidy and segregation by single-multigerm in partogenetic offspring of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2, 405–411. [In russian]
19. Roik, M. V., Kovalchuk, N. S., & Yatseva, O. A. (2014). Apozygosity as a method of creating raw materials of sugar beets. *Bulletin of Agricultural Science*, 11, 45–49. [In Ukrainian]
20. Kovalchuk, N., Roik, M., Hadzalo, Ya., Nediak, T., & Zinchenko, O. (2019). Improvement of technologies of obtaining regenerates from embryoculture of sugar beet breeding genotypes (*Beta vulgaris*) with apospotic seed reproduction. *Agricultural Sciences and Practice*, 6(2), 3–17. doi: 10.15407/agrisp6.02.003
21. Roik, M. V., & Kovalchuk N. S. (2006). *Analysis of the variability of the ploidy level of the genome of the initial breeding materials of sugar beets using the technology of the ploidy analyzer "Partec": methodological recommendations*. Kyiv: N. p. [In Ukrainian]
22. 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]
23. Maletskiy, S. I. (2005). *Epigenetic variability of the trait of separate flowering in sugar beet (Beta vulgaris L.)*. In *Plant Epigenetics* (pp. 195–205). Novosibirsk: ICG SO RAN. [In russian]
25. Dospekhov, B. A. (1985). *Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)* (5<sup>th</sup> ed., rev. and enl.). Moscow: Agropromizdat. [In russian]

UDC 633/63:631.52

**Roik, M. V., Balahura, O. V., Kovalchuk, N. S., Zinchenko, O. A., Vlasiuk, V. I., & Fedoroshchak, L. S.** (2022). Seed productivity of alloplasmic lines of *Beta patula* and *B. maritima* with sterile cytoplasm under the conditions of apozygotic reproduction. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 30, 14–26. [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, \*e-mail: natalakovalcuk461@gmail.com*

**Purpose.** Revealing the effect of the cytoplasmic genome of replaced lines with the plasma of wild species *Beta patula* and *B. maritima* L., and apozygotic lines A4–A8 with the cytoplasm of *S vulgaris* Owen on the main factors of apozygotic reproduction, seed productivity, germination, monogermity and sterility as affected by the genetic origin of breeding material. **Methods.** The research was carried out in the Cytogenetics Laboratory (IBCSB), the Laboratory for Apomixis and Polyploidy of the Yaltushkiv EBS, and the Laboratory for Adaptive Breeding (Veselyi Podil EBS). Apozygotic seeds were obtained under a pollen-free regime according to the IBCSB's Methods for Spatial Isolation and Parchment Insulators. Each seed bearer plant phenotype was determined during the flowering period by pollen sterility and partial flowering. Classification of plants was performed according to Owen (1945), with identifying plants of CMS-0, Type CMS-1, and CMS-2 types. The Monogermity of seed plants was assessed visually by the presence of separate fruits on the central shoots. In 2021, the roots of the replaced lines of the Veselyi Podil EBS were planted

under the conditions of a pollen-free regime in the experimental field of the IBCSB. Seed production under apozygotic conditions was studied, taking into account the number of set fruits per 10-cm segment with 5 replications for each seed bearer. Germination was determined on the 10<sup>th</sup> day and germination vigour on the 5<sup>th</sup> day. **Results.** New sources of cytoplasmic male sterility (CMS) were obtained in the cytogenetics laboratory based on a genetic model of crossbreeding analysis, using differentiation and tools according to the marker-linked genes of hypocotyl color  $R+r-$ , and one / two-year development cycle  $B+b-$ . The analyzers for the nature of sugar beet sterility were sterility maintainers, dominant homozygotes for recessive genes of anthocyanin color, development cycle, partial fertility and sterility (*NBeta vulgaris Sxxzz rr bb*). Monogerm pollen-sterile lines with an apomictic way of seed reproduction (Yaltushkiv EBS) ( $A_4-A_8$  *Beta vulgaris Sxxzz rr*), selected for the dominant color of the hypocotyl  $R+r-$ , stabilized for the trait of monogermity, 100% sterility and 2x gene ploidy, were characterized by low seed productivity. High rates of apozygotic seed development (80 to 96.4% of the number of set flowers) were observed against the background of the sterile cytoplasm of *Beta maritima* (Turkey). In the CMS  $BC_4S$  *patula* line, the number of set apozygotic seeds ranges from  $34 \pm 0.3$  to  $39 \pm 0.42$ , and the indicators of degenerated flowers under apozygotic regime varied from 31.2 to 54.3%. Isolated were seed plants with high self-reproduction, such as  $BC_4S$  *maritima* Turkey, k.2/1, k.6/2, k.6/3 and k.3/4, k.9/4 on the background of new plasma of wild species of *B. patula*. The phenomenon of high self-reproduction of seeds (up to 98.5–96.4% of set flowers) was detected in line 21-011  $CHS$   $BC_5S$  *patula*, which was comparable with hybrids and sterility maintainers (97.5–93.1%), which is determined by a special interaction of the beet nuclear genome of sugar beet and new plasma of wild species of the genus *Beta* L. **Conclusions.** The apomictic way of seed reproduction ensures the shortening of the breeding scheme for sugar beet due to high seed reproduction of mother parent in substituted lines with new plasma and differentiation by gametophytic reduction of parthenogenesis using morphological marker traits.

**Keywords:** sugar beet; (CMS) cytoplasmic male sterility; sterility maintainers; *Beta maritima* and *Beta patula* species; separate flowering; apozygotic way of seed reproduction.

Надійшла / Received 25.09.2022

Погоджено до друку / Accepted 27.10.2022

УДК 633.179: 631.53.01:631.559

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.269016>

## Вплив умов зберігання насіння проса прутіподібного на його якість залежно від маси 1000 насінин

В. В. Дрига, В. А. Доронін\*, Ю. А. Кравченко, В. В. Доронін, С. Д. Орлов

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, \*e-mail: [doronin1955@ukr.net](mailto:doronin1955@ukr.net)

**Мета.** З'ясувати вплив умов зберігання насіння проса прутіподібного залежно від сортових особливостей та маси на його енергію проростання та схожість. **Методи.** У дослідженнях використовували лабораторний (визначення енергії проростання та схожості насіння), вимірювально-ваговий (визначення маси 1000 насінин), математично-статистичний методи. **Результати.** Доведено, що зі зменшенням маси 1000 насінин закономірно знижувалися його енергія проростання та схожість. У середньому по сортозразках найнижчі показники якості отримано за маси 1000 насінин 1,24 г, але упродовж восьми місяців його зберігання не виявлено закономірного зменшення енергії проростання та схожості. Якість насіння з більшою масою 1000 насінин – 1,67 г була достовірно вищою і становила 55 та 58 %. Зі зменшенням маси 1000 насінин спостерігалася тенденція зниження його енергії проростання