

УДК 633.63:631.52:575.125

Генетичний потенціал та цитоембріологічна характеристика лінійних матеріалів *Beta vulgaris* L. з апозиготичним способом відтворення

О. І. Чередничок¹, О. В. Дубчак²

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: bono02@ua.fm

²Верхняцька дослідно-селекційна станція ІБКіЦБ НААН України, вул. Шкільна, 1, смт Верхнячка, Христинівський р-н, Черкаська обл., 20022, Україна

Мета. Встановити можливість передачі елементів апозиготичного розмноження (адвентивна ембріонія) комбінаційно-цінним ЧС лініям, а також провести скринінг селекційних матеріалів селекції Верхняцької ДСС на наявність апоміктичного способу відтворення на основі цитоембріологічних досліджень. **Методи.** Цитоембріологічні методи дослідження ембріогенезу, мікроспорогенезу. **Результати.** Встановлено, що основна частина пилкових зерен усіх досліджуваних селекційних матеріалів належить до типу b і характеризується високою варіабельністю пилкових зерен (12,0–26,0 мкм), що вказує на нестабільність селекційного матеріалу. Лінія Sf (I₂S₁I₁₁) характеризується наявністю генотипів з типом пилку c, що свідчить про наявність нередукованих пилкових зерен і є маркерною ознакою наявності нередукованого партеногенезу, який належить до регулярного апоміксису. Найбільше аномалій ембріонального розвитку зафіксовано в пилкостерильних зразках F₁ ЧС 2-1 № 120, 123 (8–10 %) та F₂ ЧС 25 № 105, 102 (6,0–7,3 %). Серед аномалій ембріологічного зафіксовано: розташування зародка в халазальній частині, серединне розташування зародка, ценоцити. Найбільшу кількість апоміктичних зародків (55 %) зафіксовано у Sf лінії I₂S₁I₁₁ під номером 3314. Встановлено присутність супутніх елементів апозиготії – ценоцитів та незначної кількості зародків з аномальним розташуванням. **Висновки.** Вивчено можливість передачі ознаки адвентивна ембріонія від донору [Sf лінія (I₂S₁I₁₁)] комбінаційно-цінним ЧС лініям. Виявлено, що більшу схильність до формування апоміктичних зародків проявляє лінія F₂ ЧС 25 (7,3–14,9 %), порівняно з F₁ ЧС 2-1 (5,0–12,5 %). Проаналізовані ЧС лінії селекції Верхняцької ДСС характеризуються певною нестабільністю за цитоембріологічним тестом.

Ключові слова: апозиготія, адвентивна ембріонія, апоміктичні зародки, цукрові буряки.

Вступ

Останнім часом інтерес до явища апозиготії пов'язаний не тільки з можливістю впливати на пролонгацію гетерозисного ефекту, а й з огляду на кліматичні зміни, що відбуваються в усьому світі і в Україні зокрема. Саме тому виникає потреба у пошуку нетрадиційних методів та підходів, що дають змогу виявити генетичний потенціал матеріалів зі схильністю до апозиготичного способу відтворення [1, 2]. Незважаючи на значний інтерес до вивчення генетичних основ і молекулярних механізмів апоміксису, уявлення про характер генетичного контролю і природи цього явища дотепер залишаються відкритими і суперечливими [3, 4]. Апоміктичні форми можна використовувати для пролонгації гетерозису в гібридів, створених на основі добре підібраних комплементарних батьківських пар. Для цього необхідно вивчити можливі джерела апоміктичних форм, дослідити порушення у мікро- і макроспорогенезі, а також ідентифікувати їх типи з метою створення нових вихідних матеріалів для подальшого використання у селекційному процесі [5].

Чередничок О. І., Дубчак О. В. Генетичний потенціал та цитоембріологічна характеристика лінійних матеріалів *Beta vulgaris* L. з апозиготичним способом відтворення. *Новітні агротехнології*. 2017. № 5. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122134>.

Важливо підкреслити, що пошук у дикорослій флорі генотипів з апоміктичним розмноженням з метою передачі ознаки культурним формам триває й понині, оскільки облігатний гаметафітний апоміксис не виявлено в природі на диплоїдному рівні і на базі хромосомно збалансованих геномів не реалізується [6–8]. Відомо, що апоміктичні форми характеризуються високою насінневою продуктивністю, однорідністю потомства, стійкістю проти хвороб та несприятливих умов довкілля. Отже, внесення елементів апоміксису в генотип культурних рослин може сприяти не тільки підвищенню стійкості потомства проти змін довкілля, а й поліпшенню їх господарсько-цінних показників [9]. Розроблені цитоембріологічні методи ідентифікації апозиготичного способу відтворення дали змогу виявити в рослин цукрових буряків усі відомі елементи апоміксису – диплоспорию, адвентивну ембріонію (нуцелярну, інтегументальну) та апоспорию.

Таким чином, подібні дослідження надалі можуть бути базою для молекулярно-генетичного вивчення природи гаметафітного апоміксису. Не зважаючи на значний інтерес до виявлення генетичних основ і молекулярних механізмів апоміксису, уявлення про характер генетичного контролю і природи цього явища досі залишаються гіпотетичними [10].

Мета досліджень – встановити можливість передачі елементів апозиготичного розмноження (адвентивна ембріонія) комбінаційно-цінним ЧС лініям, а також провести скринінг селекційних матеріалів селекції Верхняцької ДСС на наявність апоміктичного способу відтворення на основі цитоембріологічних досліджень.

Матеріал і методика досліджень

Дослідження проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (ІБКіЦБ) та на Верхняцькій дослідно-селекційній станції ІБКіЦБ протягом 2014–2015 рр. у польових умовах за вільного цвітіння під ізоляторами, а також на кастрованих селекційних матеріалах. У дослідженнях використовували самофертильні лінії ялтушківської генплазми, ЧС лінії іванівського походження, а також селекції Верхняцької ДСС та ІБКіЦБ.

Під час гібридизації джерела апозиготії [SF лінії ($I_2S_1I_{11}$)] з комбінаційно-цінними лініями коренеплоди висаджували під ізолятором попарно. Отримане гібридне насіння збирали з ЧС компонента. На наступний рік цей матеріал розмножували. Отримані коренеплоди висаджували на ділянці під індивідуальними ізоляторами. Після бракування залишали пилкостерильні номери. На цих селекційних матеріалах проводили цитоембріологічні тести на наявність апозиготичних зародків. Вивчали чоловічий гаметафіт за методикою доборів за цитологічними та цитоембріологічними тестами. Морфобіологічні показники пилку вивчали за допомогою фарбування в слабкому розчині метиленової сині [11]. Жіночий гаметафіт досліджували за методикою Е. І. Ширяєвої [12]. Для проведення цілеспрямованих схрещувань використовували пергаментні ізолятори. На відібраних насінниках робили відмітку вільного цвітіння, матеріали фіксували темпорально у фіксаторі Карнуа (на 8, 12 та 28 добу). Проводили тонкі зрізи через мікропіле насінневого зачатку і поміщали в розчин Люголя. Визначали особливості розташування зародків у зародковому мішку, а також кількість фізіологічно зрілих зародків і анатомо-морфологічні особливості насіння за допомогою мікроскопа МБС-1. Також проводили фенологічні та морфобіологічні спостереження на цукрових буряках першого та другого років життя.

Результати досліджень

Протягом 2014–2015рр. було проведено спрямовані насичуючі схрещування між самофертильними лініями ($I_2S_1I_{11}$) з адвентивною ембріонією та комбінаційно – цінними ЧС лініями з метою отримання генотипів $hxzxaabbcc$ – факультативного апоміксису з адвентивною ембріонією. На початку цвітіння аналізували ступінь дефективності пилку (СДП) за методикою, розробленою в ІБКіЦБ [11] (табл. 1).

Таблиця 1

Ступінь дефективності пилку в Sf ліній цукрових буряків різного походження (2014 р.)

Селекційний матеріал	Кількість проаналізованих пилкових зерен	Розміри пилку та його типи, %		
		a 18,0–26,0 мкм	b 12,0–26,0 мкм	c 6,0–38,0 мкм
Sf лінія ($I_2S_1I_{11}$)	4374	7,5	83,5	9,0
Sf лінія 1208	3376	15,2	84,8	-

За результатами досліджень встановлено, що основна частина пилкових зерен усіх досліджуваних селекційних матеріалів належить до типу *b* і характеризується високою варіабельністю пилкових зерен (12,0–26,0 мкм), що вказує на нестабільність селекційного матеріалу за вказаною ознакою. Лінія Sf ($I_2S_1I_{11}$) характеризується наявністю генотипів з типом пилку *c*, що свідчить про наявність нередукованих пилкових зерен і є маркерною ознакою наявності нередукованого партеногенезу, який відноситься до регулярного апоміксису.

Також було проведено цитоембріологічні дослідження селекційних матеріалів другого року життя (лінії F₁ ЧС 2-1 та F₂ ЧС 25) за безпилкового режиму з використанням інди-відуальних ізоляторів. Відібрано зразки на 28 добу від початку цвітіння. Зафіксовано та проведено аналіз на цитоембріологічний тест відповідно до методик, розроблених в ІБКіЦБ [11, 12]. Виготовлено та проаналізовано 470 препаратів зрізів (табл. 2).

Таблиця 2

Цитоембріологічна характеристика гібридних зразків F₁ ЧС 2-1 × SF ($I_2S_1I_{11}$) та F₂ ЧС 25 × SF ($I_2S_1I_{11}$), отриманих з використанням індивідуальних ізоляторів (ВДСС, 2014–2015 рр.)

Селекційний матеріал	Кількість проаналізованих насінин, шт.	Апоміктичні зародки, %	Аномальне розташування зародків, %	Кількість нормально розвинених зародків, %
F ₁ ЧС 2-1 118	37	–	2,0	30,0
F ₁ ЧС 2-1 126	35	–	–	34,3
F ₁ ЧС 2-1 123	37	8,0	8,0	73,0
F ₁ ЧС 2-1 119	38	5,0	2,0	32,0
F ₁ ЧС 2-1 120	48	12,5	10,1	78,0
F ₂ ЧС 25 95	38	–	–	100
F ₂ ЧС 25 98	33	–	–	100
F ₂ ЧС 25 101	41	7,3	4,8	87,9
F ₂ ЧС 25 102	47	14,9	7,3	77,8
F ₂ ЧС 25 105	50	12,0	6,0	82,0
F ₂ ЧС 25 107	35	2,8	–	97,2

Найбільше аномалій ембріонального розвитку зафіксовано в пилкостерильних зразках F₁ ЧС 2-1 № 120, 123 (8–10 %), та F₂ ЧС 25 № 105, 102 (6,0–7,3 %). Утворенням апоміктичних зародків характеризувались зразки F₁ ЧС 2-1 № 123, 119, 120 (8, 5 та 12,5 %) та F₂ ЧС 25 № 101, 102, 105, 107 (7,3, 14,9, 12 та 2,8 % відповідно). Також серед пилкостерильних форм F₁ ЧС 2-1 виділено сублінії № 118, 119 з нормальним перебігом ембріогенезу – кількість аномалій становила 2 %. Серед аномалій виявлено розташування зародка в халазальній частині, серединне розташування зародка, ценоцити (рис. 1–2).

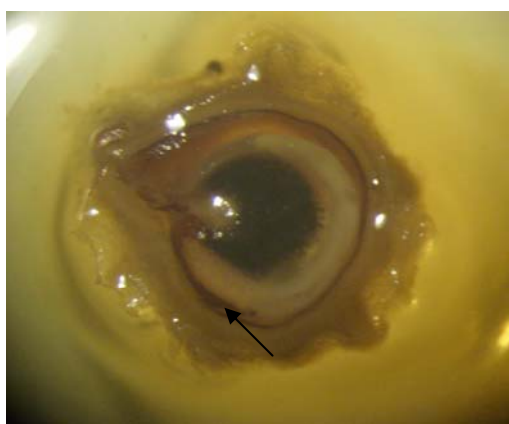


Рис. 1. Утворення зародка в халазальній частині зародкового мішка (стадія 3/4 з.м.)

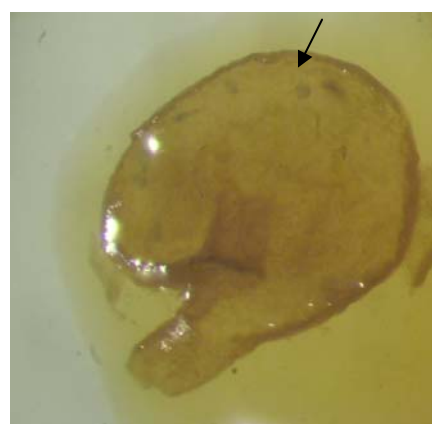


Рис. 2. Формування зародка в серединній частині насінневого зачатку (стадія «куля»)

Надалі ці номери будуть розмножені та проведено додаткові аналізи зі встановлення селекційної цінності досліджуваних генотипів.

На відібраних у 2014–2015 рр. зразках самофертильних ліній, проводили цитоембріологічні дослідження. Насінневі зачатки фіксованли на 12 добу від початку цвітіння (табл. 3).

Таблиця 3

Цитоембріологічна характеристика насінневих зачатків самофертильних ліній SF I₂S₁I₁₁ та SF 1208 (2014–2015 рр.)

Селекційний матеріал	Кількість проаналізованих насінин, шт.	Апоміктичні зародки, %	Ценоцити, %	Аномальне розташування зародків, %	Кількість нормально розвинених зародків, %
SF I ₂ S ₁ I ₁₁					
1714	44	31	15	–	53
3314	38	55	25	4	51
814	80	43	18	–	88
2014	41	45	22	2	64
2214	37	33	–	–	48
1914	48	41	–	–	55
SF1208					
105	33	–	–	–	56
111	47	–	–	–	64
102	30	–	–	–	43
112	28	–	–	–	20
117	41	–	–	–	44
106	44	–	–	–	53
116	35	–	–	–	51
113	50	–	–	–	67
104	29	–	–	–	33
110	45	–	–	–	76
101	39	–	–	–	85
103	36	–	–	–	84
115	8	–	–	–	–
107	45	–	–	–	65
108	28	–	–	–	15

Найбільшу кількість апоміктичних зародків (55 %) виявлено у SF лінії I₂S₁I₁₁ під номером 3314. Також встановлено присутність супутніх елементів апозиготії – ценоцитів та незначну кількість зародків з аномальним розташуванням.

У 2015 р. у відділі селекції і насінництва цукрових буряків Верхняцької ДСС було проведено скринінгові дослідження на наявність апозиготичного способу відтворення матеріалів. Дослідження проводили на ЧС лініях походження ВДСС. Відібрано 18 зразків на 12 та 28 добу від початку цвітіння. Зразки зафіксовано та проведено аналіз на цитоембріологічний тест. Виготовлено та проаналізовано 444 препаратів зрізів (табл. 4).

Таблиця 4

Цитоембріологічна характеристика ЧС ліній походження (ВДСС, 2015 р.)

Селекційний номер	Проаналізовано насінневих зачатків, шт.	Аномальне розташування зародків, %	Ценоцити, %	Жіноча стерильність, %	Незапліднені, %	Нормально розвинені, %
120-1	33	24	–	–	6	70
94-1	34	–	58	–	5	95
131-2	33	6,0	–	–	–	94
116-1	Недостатня кількість сформованих насінневих зачатків					
124-2	28	–	15	14	–	71
113-1	31	10	13	3	–	87
108-1	33	–	–	9	–	91
106-1	35	–	–	14	–	86

Продовження таблиці 4

Селекційний номер	Проаналізовано насінневих зачатків, шт.	Аномальне розташування зародків, %	Ценоцити, %	Жіноча стерильність, %	Незапліднені, %	Нормально розвинені, %
95-1	37	-	18	-	19	81
107-1	39	-	-	18	5	77
112-1	33	-	33	-	27	73
132-2		Недостатня кількість сформованих насінневих зачатків				
101-1		Недостатня кількість сформованих насінневих зачатків				
121-2		Недостатня кількість сформованих насінневих зачатків				
122-2	31	-	-	-	3	97
100-1	35	14	37	-	-	86
103-1		Недостатня кількість сформованих насінневих зачатків				
118-1	42	-	-	-	5	95

За результатами цитоембріологічних досліджень встановлено широкий спектр порушень ембріонального розвитку більшості досліджуваних зразків.

Так, серед зафіксованих зразків селекційні номери 120-1, 131-2, 113-1 та 100-1 характеризувались аномальним розташуванням зародків, частка яких становила від 6 до 24 % (рис. 3–4). Формування зародків відбувалось у халазальній частині зародкового мішка, а також у серединній частині.

У більшості проаналізованих зразків виявлено утворення значної частки ценоцитів (від 13 до 58 %). Селекційні номери 94-1, 112-1, 100-1, 95-1, 124-2, 113-1 характеризувались утворенням найбільшої кількості ценоцитарних включень (93,6, 85,0, 86,4, 78,0 та 75,8 % відповідно), що є маркерною ознакою схильності до апозиготичного способу відтворення.

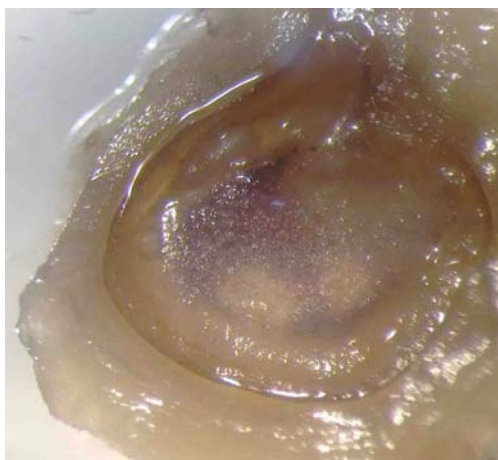


Рис. 3. Формування зародка в серединній частині зародкового мішка

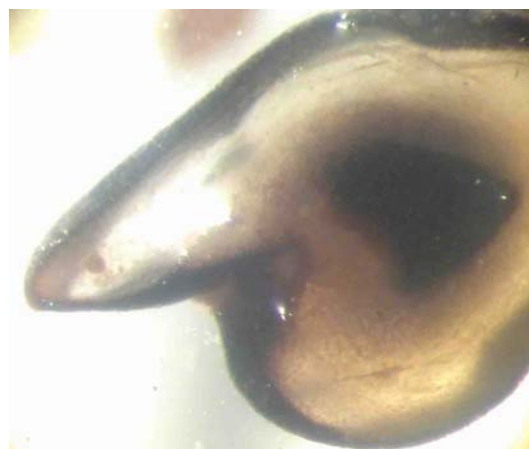


Рис. 4. Зародок на стадії «куля»

У номерів 124-2, 113-1, 108-1, 106-1, 107-1 спостерігали утворення насінневих зачатків з жіночою стерильністю (від 3 до 18 %), що є наслідком порушень у мейозі й свідчить про нестабільність матеріалів.

Виявлено незапліднені насінневі зачатки, частка яких становила 3–27 %. У більшості зразків насінневі зачатки були запліднені і добре сформовані (частка таких зародків – від 70 до 97 %).

Отже, ці селекційні матеріали характеризуються певною нестабільністю за цитоембріологічним тестом, що вказує на присутність елементів апозиготії.

Висновки

Вивчено можливість передачі ознаки адвентивна ембріонія від донора [Sf лінія (I₂S₁I₁₁)] комбінаційно-цінним ЧС лініям. Встановлено, що більшу схильність до формування апоміктичних зародків проявляє лінія F₂ ЧС 25 (7,3–14,9 %), порівняно з F₁ ЧС 2-1 (5,0–12,5 %). Проаналізовані ЧС

лінії селекції Верхняцької дослідно-селекційної станції характеризуються певною нестабільністю за цитоембріологічним тестом.

Використана література

1. Богомолов М. А. Использование апомиктичных МС линий при создании гибридов сахарной свеклы. *Сахарная свекла*. 2012. № 9. С. 27–30.
2. Bicknell R. A., Koltunov A. M. Understanding Apomixis: recent advances and remaining conundrums. *Plant Cell*. 2004. Vol. 16, No. 1. P. 228–245.
3. Cosendai A.-C., Hörandl E. Cytotype stability, facultative apomixis and geographical parthenogenesis in *Ranunculus kuepferi* (Ranunculaceae). *Ann. Bot.* 2010. Vol. 105, Iss. 1. P. 457–470. doi: 10.1093/aob/mcp304
4. Kantama L., Sharbel T. F., Schranz M. E. et al. Diploid apomicts of the *Boechera holboellii* complex display large-scale chromosome substitutions and aberrant chromosomes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2007. Vol. 104, No. 35. P. 14026–14031. doi: 10.1073/pnas.0706647104
5. Богомолов М. А. Особенности использования апомиксиса у сахарной свеклы при создании исходного материала. *Сахарная свекла*. 2005. № 8. С. 19–21.
6. Роїк М. В., Чередничок О. І., Дубчак О. В. Цитоембріологічна характеристика джерел апозиготії цукрових. *Наук. праці Ін-ту біоенерг. культ. і цукр. буряків* : зб. наук. пр. Київ, 2013. Вип. 18. С. 44–47.
7. Classification of apomictic mechanisms. The flowering of apomixis: from mechanisms to genetic engineering / Y. H. Savidan, J. G. Carman, T. Dresselhaus (eds). Mexico, D.E. : CIMMYT, JRD, Eur. Comm. DG VI (FAIR), 2001. P. 153–167.
8. Наумова Т. Н. Апомиксис и амфимиксис у цветковых растений. *Цитология и генетика*. 2008. Т. 42, № 3. С. 51–63.
9. Zhu H., Bi Y. D., Yu L. J. et al. Comparative proteomic analyses of apomictic monosomic addition line of *Beta corolliflora* and *Beta vulgaris* L. in sugar beet. *Mol. Biol. Rep.* 2009. Vol. 36, No. 8. P. 2093–2098. doi: 10.1007/s11033-008-9421-2
10. Koltunow A. M., Grossniklaus U. Apomixis: A developmental perspective *Annu. Rev. Plant Biol.* 2003. Vol. 54. P. 547–574. doi: 10.1146/annurev.arplant.54.110901.160842
11. Роїк М. В., Чередничок О. І. Методичні рекомендації з оцінки та доборів за цитологічними та цитоембріологічними тестами в селекційному процесі для покращення біологічної якості насіння цукрових буряків. Київ : Науковий світ, 2008. С. 9–11.
12. Ширяева Э. И. Методика ускоренного изучения эмбрионального развития семян сахарной свеклы. *Методические указания по цитоембриологическим исследованиям в селекции сахарной свеклы*. Киев : ВНИС, 1984. С. 32–34.

References

1. Bogomolov, M. A. (2012). Using the apomictic MC lines for creation hybrids of sugar beet. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 9, 27–30. [in Russian]
2. Bicknell, R. A., & Koltunov, A. M. (2004). Understanding Apomixis: recent advances and remaining conundrums. *Plant Cell*, 16(1), 228–245.
3. Cosendai, A.-C., & Hörandl, E. (2010). Cytotype stability, facultative apomixis and geographical parthenogenesis in *Ranunculus kuepferi* (Ranunculaceae). *Ann. Bot.*, 105(1), 457–470. doi: 10.1093/aob/mcp304
4. Kantama, L., Sharbel, T. F., Schranz, M. E., Mitchell-Olds, T., de Vries, S., & de Jong, H. (2007). Diploid apomicts of the *Boechera holboellii* complex display large-scale chromosome substitutions and aberrant chromosomes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104(35), 14026–14031. doi: 10.1073/pnas.0706647104
5. Bogomolov, M. A. (2005). Specifics of apomixis exploitation in creating source material of sugar beet. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 8, 19–21. [in Russian]
6. Roik, M. V., Cherednychok, O. I., & Dubchak, O. V. (2013). Cytobacterial characteristic of sources of sugar beet apomixis. *Nauk. praci Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burakiv* [Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 18, 44–47. [in Ukrainian]
7. Savidan, Y. H., Carman, J. G., Dresselhaus, T. (Eds.). (2001). *Classification of apomictic mechanisms. The flowering of apomixis: from mechanisms to genetic engineering* (pp. 153–167). Mexico, D.E.: CIMMYT, JRD, Eur. Comm. DG VI (FAIR).
8. Naumova, T. N. (2008). Apomixis and amphimixis in flowering plants. *TSitol. Genet.* [Cytology and Genetics], 42(3), 51–63. [in Russian]
9. Zhu, H., Bi, Y. D., Yu, L. J., Guo, D. D., & Wang, B. C. (2009). Comparative proteomic analyses of apomictic monosomic addition line of *Beta corolliflora* and *Beta vulgaris* L. in sugar beet. *Mol. Biol. Rep.*, 36(8), 2093–2098. doi: 10.1007/s11033-008-9421-2

10. Koltunow, A. M., & Grossniklaus, U. (2003). Apomixis: A developmental perspective *Annu. Rev. Plant Biol.*, 54, 547–574. doi: 10.1146/annurev.arplant.54.110901.160842

11. Roik, M. V., & Cherednychok, O. I. (2008). *Metodychni rekomendatsii z otsinky ta doboriv za tsytolohichnymy ta tsytoembriolohichnymy testamy v selektsiinomu protsesi dlia pokrashchennia biolohichnoi yakosti nasinnia tsukrovyykh buriakiv* [Methodical recommendations for the evaluation and selection of cytological and cytomembrane tests in the breeding process for improving the biological quality of sugar beet seeds] (pp. 9–11). Kyiv: Naukovyi svit. [in Ukrainian]

12. Shiryayeva, E. I. (1984). The method of accelerated study of the embryonic development of sugar beet seeds. *Metodicheskie ukazaniya po tsytoembriologicheskim issledovaniyam v selektsii sakharnoy svekly* [Methodical instructions on cytoembryological research in breeding sugar beet] (pp. 32–34). Kiev: VNIS. [in Russian]

УДК 633.63:631.52:575.125

Чередничок О. И.^{1*}, Дубчак О. В.² Генетический потенциал и цитоембриологическая характеристика линейных материалов *Beta vulgaris* L. с апозиготическим способом размножения // Новітні агротехнології. 2017. № 5. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122134>.

¹Інститут біоенергетических культур и сахарной свеклы НААН України, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, *e-mail: bono02@ua.fm

²Верхнячская опытно-селекционная станция ИБКСС НААН Украины, ул. Школьная, 1, пгт Верхнячка, Христиновский р-н, Черкасская обл., 20022, Украина

Цель. Установить возможность передачи элементов апозиготического размножения (адвентивная эмбриония) комбинационно-ценным МС линиям, а также провести скрининг селекционных материалов селекции Верхнячской ОСС на наличие апомиктического способа размножения на основе цитоембриологических исследований. **Методы.** Цитоембриологические методы исследования эмбриогенеза, микроспорогенеза. **Результаты.** По результатам исследований установлено, что основная часть пыльцевых зерен всех исследуемых селекционных материалов относится к типу *b* и характеризуется высокой вариабельностью пыльцевых зерен (12,0–26,0 мкм), что указывает на нестабильность селекционного материала. Линия Sf ($I_2S_1I_{11}$) характеризуется наличием генотипов с типом пыльцы *c*, что свидетельствует о наличии нередуцированных пыльцевых зерен и является маркерным признаком наличия нередуцированного партеногенеза, который относится к регулярному апомиксису. Больше аномалий эмбрионального развития зафиксировано в пыльце-стерильных образцах F₁ МС 2-1 № 120, 123 (8–10 %) и F₂ МС 25 № 105, 102 (6,0–7,3 %). Среди аномалий эмбриологического развития зафиксировано: расположение зародыша в халазальной части, срединное расположений зародыша, ценоциты. Наибольшее количество апомиктических зародышей (55 %) зафиксировано у SF линии $I_2S_1I_{11}$ под номером 3314. Также, установлено присутствие сопутствующих элементов апозиготии – ценоцитов, незначительное количество зародышей с аномальным расположением. **Выводы.** Изучена возможность передачи признака адвентивная эмбриония от донора [Sf линия ($I_2S_1I_{11}$)] комбинационно-ценным МС линиям. Установлено, что большую склонность к формированию апомиктических зародышей проявляет линия F₂ МС 25 (7,3–14,9 %) по сравнению с F₁ МС 2-1 (5,0–12,5 %). Проанализированные МС линии селекции Верхнячской ОСС характеризуются определенной нестабильностью по цитоембриологическим тестам.

Ключевые слова: апозиготия, адвентивная эмбриония, апомиктические зародыши, сахарная свекла.

UDC 633.63:631.52:575.125

Cherednychok, O. I.^{1*}, & Dubchak, O. V.² (2017). Genetic potential and cytoembryological characteristics of *Beta vulgaris* L. lines of apozigotic reproduction. *Novitni agrotehnologii* [Advanced agritechnologies], 5. Retrieved from <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122134>. [in Ukrainian]

¹Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna Str., Kyiv, 03110, Ukraine, *e-mail: bono02@ua.fm

²Verkhniatska Research Breeding Station IBCSB, NAAS of Ukraine, 1 Shkilna Str., Verkhniachka, Khrystynivka district, Cherkasy region, 20022, Ukraine

Purpose. To investigate the possibility of transferring elements of apozigotic reproduction (adventitious embryo) to combinational-valuable CMS lines; to carry out screening of breeding materials of the Verkhniatska Research Breeding Station for apomictic reproduction. **Methods.** Cytoembryological methods of embryogenesis, microsporogenesis. **Results.** It was found that the bulk of pollen grains of all the breeding materials under study belonged to the type *b*. In addition, they were characterized by a high variability of pollen grains (12.0 to 26.0 microns) that indicated the instability of the breeding materials. The line Sf ($I_2S_1I_{11}$) had genotypes with the pollen type *c*. The type of pollen indicates the presence of unreduced pollen grains and it is a marker of the presence of unreduced parthenogenesis, which relates to regular apomixis. Most of the anomalies in embryological development were recorded in accessions F₁ CMS 2-1 No. 120, 123 (8–10%), and F₂ CMS 25 No. 105, 102 (6.0–7.3%). The following anomalies of the embryo were detected: the location of the embryo in the pectoral part, the medial position of the embryo, coenocytes. The SF line of $I_2S_1I_{11}$ No. 3314 was characterized by the largest number of apomictic

embryo clusters (55%). The presence of coenocytes was detected. **Conclusions.** The possibility of transferring the adventitious embryo from the donor [Sf line (I₂S₁I₁₁)] to the combinational-valuable MS lines was studied. It has been established that the line F₂ MS 25 shows a greater tendency to form apomictic germs (7.3–14.9%), compared with F₁CMS 2-1 (5.0–12.5%). The analyzed CMS lines of the Verkhniatska RBS were characterized by certain instability under the cytoembryological test.

Keywords: *apozygotic, adventive embryos, apomictic embryo, sugar beet.*

Надійшла / Received 22.09.2017
Погоджено до друку / Accepted 24.10.2017