

КОРНЄЄВА М. О.<sup>1✉</sup>, ВАКУЛЕНКО П. І.<sup>1</sup>, АНДРЕЄВА Л. С.<sup>1</sup>, ТИМЧИШИН С. М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків,  
Україна, 03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25, e-mail: mira31@ukr.net

<sup>2</sup> Інститут сільського господарства Карпатського регіону,  
Україна, 81115, с. Оброшино, Пустомитівський р-н, Львівська обл.,  
e-mail: lilija.tymchyshyn@gmail.com

✉ mira31@ukr.net, (067) 596-08-72

## ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗАКРІПЛЮВАЧІВ СТЕРИЛЬНОСТІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ НА СЕЛЕКЦІЙНИХ АГРОФОНАХ З РЕГУЛЬОВАНИМИ АБІОТИЧНИМИ ЧИННИКАМИ

**Мета.** Визначити мінливість елементів продуктивності закріплювачів стерильності цукрових буряків на селекційних агрофонах, диференціювати лінії за екологічними параметрами пластичності і стабільності, відібрати кращі з них для створення високоадаптивних гетерозисних ЧС гібридів. **Методи.** Випробування селекційних матеріалів на агрофонах із різним поєднанням контрольованих абіотичних чинників, а також метод Еберхарда-Рассела. **Результати.** Урожайність у середньому збільшувалася за розширеної площі та підвищеного фону мінерального живлення (РПЗФ – на 0,4 т/га, РППФ – на 1,1 т/га). Розширена площа і підвищений фон мінерального живлення знижували показники цукристості. Найбільш високу цукристість зафіксовано у лінії От 1 на фоні РПЗФ (18,6 %), у лінії От 2 – на фоні ЗПЗФ (19,4 %). Лінії О типу диференційовано за відгуком на зміну абіотичних чинників. **Висновки.** Лінії О типу характеризуються специфічним відгуком на дію контрольованих абіотичних чинників. Лінії От 4 і От 6 відносяться до інтенсивного типу. До стабільних за обома ознаками віднесено лінії От 3 та От 5. Лінії От 1 і От 2 виявили відносну стабільність за урожайністю та інтенсивний відгук на мінливість середовища за цукристістю.

**Ключові слова:** закріплювачі стерильності, урожайність, цукристість, генотиповий ефект, коефіцієнт пластичності.

Для стабільного функціонування ринку цукрових буряків як цінної технічної культури, що є сировиною як для виробництва цукру, так і біопалива, необхідним є вирощування гібридів із високим адаптаційним потенціалом. Селекція таких високоадаптивних гібридів в останні роки спрямована на зменшення коливання господарсько-цінних ознак адаптивного комплексу, серед яких – високий збір цукру з одиниці площі

та загальна витривалість проти абіотичних стресових чинників та ін. [1].

Відомо, що у процесі вирощування цукрових буряків показники кількісних ознак гібридів змінюються залежно від екологічних чинників, що зумовлено модифікаційною мінливістю, причому в сучасних сортів, які є продуктом штучного добору, відгук на регульовані фактори зростає і знижується реакція на нерегульовані фактори середовища. Наслідком цього є наявність специфічної реакції генотипів на середовище [2–4], що формує екологічну стабільність загалом. Виявлення такого відгуку на неконтрольовані (погодні умови) і контрольовані (елементи технології) чинники є селекційною метою для доборів бажаних генотипів під час створення високоадаптивних сортів і гібридів сільськогосподарських культур. Саме тому у зв'язку з ростом потенційної продуктивності сільськогосподарських рослин за рахунок селекції та агротехніки проблема стійкості до дії абіотичних і біотичних стресів набуває вагомого значення [5].

За теорією еколого-генетичної організації кількісних ознак, рівні продуктивності рослин визначаються не генами кількісних ознак, а ефектами взаємодії генотип/середовище, тобто останні є домінуючими у формуванні екогенетичного підвищення врожаю [6]. Крім того, знаючи взаємодію генетичних систем із окремими компонентами зовнішнього середовища, можна не лише раціонально розмістити сорти (гібриди) в різних ґрунтово-кліматичних зонах, але і вибрати відповідні технології вирощування [7].

Метою нашої роботи було визначити мінливість елементів продуктивності ліній закріплювачів стерильності цукрових буряків як складової материнського компонента гібридів на селекційних агрофонах із різним поєднанням

контрольованих абіотичних чинників, диференціювати їх за екологічними параметрами пластичності і стабільності, відібрати кращі з них для створення високоадаптивних гетерозисних ЧС гібридів.

### Матеріали і методи

Досліди було проведено на Верхняцькій ДСС та в Інституті сільського господарства Карпатського регіону у 2016–2018 рр. До аналізу було залучено 6 ліній закріплювачів стерильності (О типу) різного еколого-географічного походження (2 – ВДСС, 1 – ВПДСС, 1 – БЦДСС та 1 – УДСС та ЛДСС-1), попередньо відібраних за комплексом господарсько-цінних ознак. Продуктивні властивості О типів було визначено за загальноприйнятою методикою досліджень у буряківництві [8]. Адаптивність ЧС гібридів визначали за коефіцієнтом регресії Еберхарда і Рассела, що характеризує тенденцію зміни кількісного показника залежно від зміни екологічних умов (у нашому дослідженні – селекційних агрофонів) [9]. Регульованими факторами (середовищами) були: звичайна площа живлення – звичайний фон удобрення (ЗПЗФ), розширена площа живлення – звичайний фон удобрення (РПЗФ), (ЗППФ), розширена площа живлення – підвищений фон удобрення (РППФ) [10].

### Результати та обговорення

Експериментальні дані елементів продуктивності (урожайність, цукристість та результативна ознака – збір цукру) закріплювачів стерильності цукрових буряків в діалельній матриці обробляли на основі методу Еберхарда-Рассела, ґрунтуючись на парадигмі про еколого-генетичну організацію кількісних ознак [11]. Тенденція зміни показника урожайності закріплювачів стерильності залежно від поєднання контрольованих абіотичних умов наведена у табл. 1.

Як видно із табл. 1, урожайність між лініями-закріплювачами стерильності мала істотну відмінність (різниця між лініями за фонами коливалася від 5,4 до 6,2 т/га), тобто була наявною внутрішньогруповою мінливістю (коефіцієнт варіабельності коливався від 2,5 до 4,4 %). Невисокий коефіцієнт варіабельності між лініями підтвердив те, що для дослідження відбиралися тільки кращі лінії-закріплювачі стерильності з бажаними властивостями. Урожайність у середньому збільшувалася за розширеної площі та підвищеного фону мінерального живлення (РПЗФ – на 0,4 т/га, РППФ – на 1,1 т/га). Максимальна урожайність серед ліній була в От 4 – 38,2 т/га (РПЗФ) та в От 5 – 37,4 т/га (РППФ). Однак різні генотипи проявили специфічну реакцію на зміну цих абіотичних чинників.

Таблиця 1. Урожайність ліній-закріплювачів стерильності (т/га) та гомеостатичність до контрольованих абіотичних чинників

Селекційний матеріал	ЗПЗФ	ЗППФ	РПЗФ	РППФ	Середнє ліній О типу
От 1	33,8	31,5	32,0	31,4	32,2
От 2	31,3	32,9	32,8	33,6	32,6
От 3	32,2	31,3	32,0	33,9	32,3
От 4	36,6	36,5	38,2	36,3	35,9
От 5	35,5	37,3	35,1	37,4	36,3
От 6	33,6	32,0	37,8	36,7	35,0
Середнє	33,7	33,9	34,3	34,8	34,2
Ст. відхил.	1,7	2,2	3,1	2,8	
max	36,6	37,3	38,2	37,4	
min	31,3	31,5	32,0	31,4	
R	5,4	6,2	6,2	6,0	
Sx	0,9	1,1	1,5	1,4	
V, %	2,5	3,3	4,4	4,0	
Hom	13,3	10,2	7,9	8,6	
As	97,5	96,7	95,6	96,0	

Найбільша різниця між показниками за різними селекційними агрофонами була у ліній От 4 та От 6 (відповідно 5,6 і 5,8 т/га), а найнижча – у ліній От 5 і От 1 (відповідно 2,3 та 2,4 т/га). Показник гомеостатичності ліній *Нот* найвищим був на фоні ЗПЗФ і становив 13,3; значно нижчим цей показник був на фонах, де змінними були один або два чинники (він коливався від 7,9 до 10,2). Усі лінії показали високий коефіцієнт агрономічної цінності (95,6...97,5), оскільки він перевищував 70 %. Найвищий показник урожайності був у стандарту (середнє значення на різних фонах – 33,2...38,7 т/га проти 32,2...36,3 т/га у ліній). Найбільшою різницею урожайності між середніми значеннями кожної із ліній за всіма фонами і середньою у групі характеризувалися закріплювачі стерильності От 4 і От 5 (відповідно 1,7 та 2,2 т/га). Максимальну врожайність лінія От 4 проявила на фоні РПЗФ (38,2 т/га), а лінія От 5 – на фоні РП ПФ (37,4 т/га).

Цукристість ліній О типу наведена у табл. 2. Лінії-закріплювачі істотно відрізнялися між собою за цим показником. Порівнюючи дані табл. 1 та табл. 2, можна констатувати, що найменш урожайні лінії От 1, От 2 та От 3 виявилися найбільш цукристими. Різниця показника цукристості цих ліній порівняно із середнім значенням у групі становила відповідно 0,4, 0,8, 0,4 % (абс. зн.). Помічено, що взаємодія генотип/середовище впливала на фенотипове вираження ознаки. Зважаючи на середні значення цукристості за лініями, розширена площа і під-

вищений фон мінерального живлення знижували їх, однак деякі генотипи мали специфічну взаємодію з конкретним фоном.

Так, у лінії От 3 на фоні РППФ порівняно з фоном ЗПЗФ цукристість не змінилася і становила 18,3 %. Найбільш високу цукристість зафіксовано у лінії От 1 на фоні РПЗФ (18,6 %), у лінії От 2 – на фоні ЗПЗФ (19,4 %). Ці лінії можна вважати високоцукристими. Найбільша різниця показників цукристості залежно від фону виявилася у ліній От 2 (2,2 %) і у лінії От 4 (1,9 %). Внутрішньогрупова мінливість за цією ознакою мала місце – коефіцієнт варіації між лініями коливався від 1,9 до 2,7 %), і найбільшим він був у ліній, випробуваних на фоні РППФ (2,7 %). Найбільш гомеостатичним фоном для цукристості виявилися фони зі звичайним фоном мінерального живлення і різною площею (коефіцієнт *Нот* був 8,0 і 9,3), у той час як на фонах ЗППФ і РППФ він був відносно низьким і становив відповідно 6,6 і 6,5). Агрономічна цінність ліній була високою на всіх фонах і становила 97,3 ...98,1 %).

Значення генотипового ефекту за елементами продуктивності показали чітку закономірність: лінії От 1, От 2 та От 3, які характеризувалися від'ємними ефектами за урожайністю, мали водночас позитивні ефекти за цукристістю, і, навпаки, високі позитивні ефекти за урожайністю у ліній От 4, От 5 та От 6 супроводжувалися низькими (або на рівні середньопуляційних) ефектами за цукристістю (рис. 1).

Таблиця 2. Цукристість закріплювачів стерильності та гомеостатичність до контрольованих абіотичних чинників

Селекційний матеріал	ЗПЗФ	ЗППФ	РПЗФ	РППФ	Середнє ліній О типу
От 1	18,1	17,7	18,6	17,5	18,0
От 2	19,4	17,6	18,4	17,2	18,2
От 3	18,3	17,9	17,5	18,3	18,0
От 4	17,5	17,5	17,8	16,0	17,2
От 5	17,9	17,6	17,1	17,2	17,5
От 6	17,1	15,9	17,4	17	16,9
Середнє	18,1	17,3	17,8	17,1	17,6
Ст.відхил.=	0,8	0,9	0,7	0,9	
max	19,4	17,9	18,6	18,3	
min	17,1	15,9	17,1	16	
R	2,4	3,5	2,1	2,1	
Sx	0,4	0,5	0,3	0,5	
V, %	2,3	2,7	1,9	2,7	
Нот	8,0	6,6	9,3	6,5	
As	97,7	97,3	98,1	97,3	

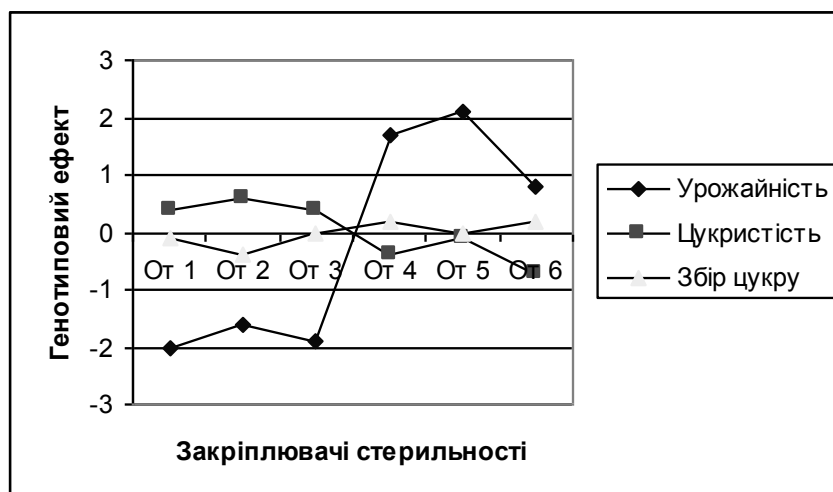


Рис. 1. Генотиповий ефект за компонентними ознаками продуктивності у ліній-закріплювачів стерильності.

Це свідчить про те, що в інбредних ліній-закріплювачів стерильності зберігається від'ємна залежність між компонентними ознаками, які формують продуктивність, що було підтверджено вивченням вихідних форм для гетерозисної селекції раніше [12].

У зв'язку з цим різниця за результативною ознакою збір цукру між лініями була менш вираженою (значення генотипового ефекту коливалися від  $-0,4$  (От 2) до  $+0,2$  (От 4)). Найбільший вплив на зміну цієї ознаки виявили розширена площа живлення як на звичайному, так і підвищеному фоні мінерального живлення (табл. 3).

Найбільша варіабельність між лініями О типу була характерною у варіантах розширена площа та звичайний і підвищений фон мінерального живлення (коефіцієнт варіабельності становив відповідно 4,8 і 5,3 %). Найвищий коефіцієнт гомеостатичності був на фоні ЗПЗВ (1,8) і ЗППФ (1,3). Агрономічна цінність ліній була високою у всіх варіантах (94,8...96,6). Однак за результативною ознакою збір цукру за середнім значенням за всіма фонами кращою лінією була От 4 (6,9 т/га).

Таблиця 3. Збір цукру ліній-закріплювачів стерильності та гомеостатичність до контрольованих абіотичних чинників

Селекційний матеріал	ЗПЗФ	ЗППФ	РПЗФ	РППФ	Середнє ліній О типу
От 1	6,4	6,5	7,8	7,0	6,8
От 2	6,1	5,8	7,5	6,7	6,3
От 3	5,9	6,0	7,4	6,8	6,7
От 4	6,4	6,3	8,5	7,2	6,9
От 5	5,4	6,6	7,7	6,7	6,7
От 6	6,0	6,1	8,3	6,9	6,5
Середнє	6,0	6,3	7,7	6,8	6,7
Ст.відхил.=	0,4	0,5	0,6	0,6	
max	6,4	6,6	7,4	7,2	
min	5,7	5,8	5,6	6,7	
R	0,7	0,8	1,8	0,5	
Sx	0,2	0,3	0,3	0,3	
V, %	3,4	4,4	4,8	5,2	
Ном	1,8	1,3	1,3	1,2	
As	96,6	95,6	95,2	94,8	

Усі лінії-закріплювачі стерильності мали специфічний відгук на контрольовані абіотичні чинники. Коефіцієнти пластичності, розраховані за методом Еберхарда-Рассела, за ознаками урожайності і цукристості наведено на рис. 2. Диференціація ліній за цими ознаками (елементами продуктивності) показала, що лінії От 4 і От 6 (коефіцієнти пластичності у них відповідно 1,43 і 1,22 та 1,32 і 1,13) відносяться до інтенсивного типу, тобто мають добре виражений відгук на зміну агрофону. До стабільних за обома ознаками можна віднести лінії От 3 та От 5 (коефіцієнт пластичності був меншим одиниці і становив відповідно 0,77 і 0,84 та 0,69 та 0,74).

Лінії От 1 і От 2 виявили відносну стабільність за урожайністю (коефіцієнти пластичності відповідно 0,73 і 0,80) та інтенсивний відгук на мінливість середовища за цукристістю (1,01 та 1,47).

### Висновки

Лінії О типу характеризуються специфічним відгуком на дію контрольованих абіотичних чинників. Диференціацію ліній-закріплювачів стерильності за показниками гомеостатичності, міжлінійної мінливості і розма-

хом варіювання необхідно проводити на контрастних агрофонах із різним поєднанням площі живлення і рівнем мінерального забезпечення, серед яких найбільш потужним фактором впливу є площа живлення.

Диференціація ліній за урожайністю і цукристістю показала, що лінії От 4 і От 6 відносяться до інтенсивного типу. До стабільних за обома ознаками можна віднести лінії От 3 та От 5. Лінії От 1 і От 2 виявили відносну стабільність за урожайністю та інтенсивний відгук на мінливість середовища за цукристістю. Значення генотипового ефекту за елементами продуктивності показали чітку закономірність: лінії От 1, От 2 та От 3, які характеризувалися від'ємними ефектами за урожайністю і водночас мали позитивні ефекти за цукристістю, і, навпаки, високі позитивні ефекти за урожайністю у ліній От 4, От 5 та От 6 супроводжувалися низькими (або на рівні середньо-популяційних) ефектами за цукристістю, що свідчить про те, що в інбредних ліній-закріплювачів стерильності зберігається від'ємна залежність між компонентними ознаками, що формують продуктивність.

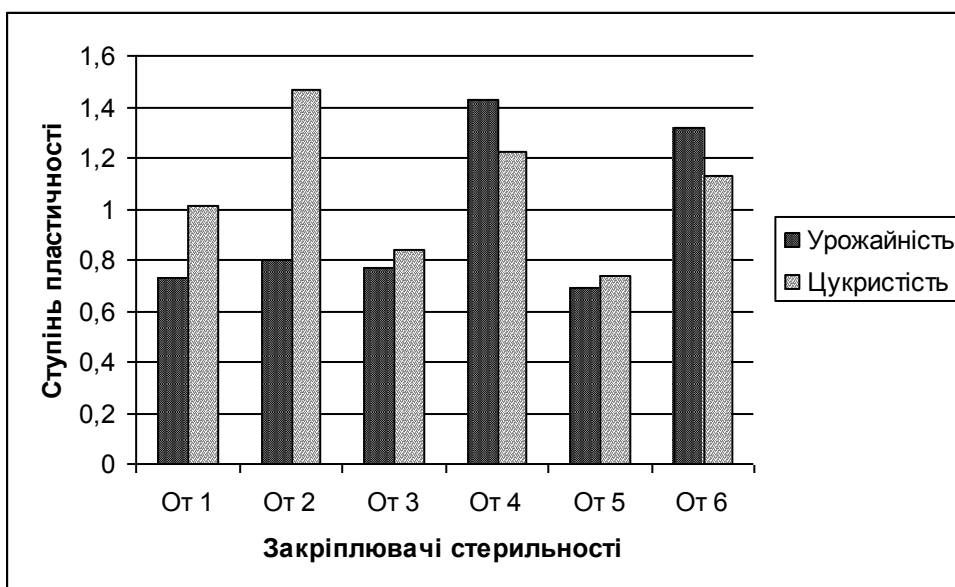


Рис. 2. Коефіцієнти пластичності за ознакою урожайності і цукристості ліній-закріплювачів стерильності.

### References

1. Iatsenko A.O., Opalko A.I. Seleksiino-henetychni osnovy vdoskonalennia adaptivnoho potentsialu buriakivnytstva v Ukraini. *Zb.nauk.pr. ITsB*. К.: ПоліграфКонсалтинг, 2005. Вуп. 8. S. 36–45. [in Ukrainian] / Яценко А.О., Опалко А.І. Селекційно-генетичні основи вдосконалення адаптивного потенціалу буряківництва в Україні. *Зб. наук. пр. ІЦБ*. К.: ПоліграфКонсалтинг, 2005. Вип. 8. С. 36–45.
2. Kylchevskiy A.V., Khotyleva L.V. Ekologicheskaya selektsiya rastenyi. Mynsk: Tekhnalohiia, 1977. 372 s. [in Russian] / Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія, 1977. 372 с.

3. Kornieieva M.O., Ermantraut E.R., Chemerys L.M., Matsuk M.B. Ekolohichna plastychnist i stabilnist produktyvnosti eksperymentalnykh hibrydiv tsukrovyykh buriakiv. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*: zb. nauk. pr. Kyiv, 2013. Vyr. 18. S. 20–34. [in Ukrainian] / Корнеєва М.О., Ермантраут Е.Р., Чемерис Л.М., Мацук М.Б. Екологічна пластичність і стабільність продуктивності експериментальних гібридів цукрових буряків. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*: зб. наук. пр. К., 2013. Вип. 18. С. 20–34.
4. Korneeva M.O., M.M. Nenka. Variability of Combining Abilities of MS (Male Sterility) Lines and Sterility Binders of Sugar Beets as to Sugar Content. *Chemical and Biochemical Technology Materials, Processing, and Reliability*. Toronto – New Jersey: Apple Academic Press, 2014. P. 321–332.
5. Zhuchenko A.A. Rol adaptivnoi systemy selektsyy v rastenyevodstve KhKh1 veka. *Kommercheskiye sorta polevykh kultur Rossyiskoi Federatsii*. М.: YKAR, 2003. S. 10–15. [in Russian] / Жученко А.А. Роль адаптивной системы селекции в растениеводстве XXI века. *Коммерческие сорта полевых культур Российской Федерации*. М.: ИКАР, 2003. С. 10–15.
6. Drahavtsev V.A. O putiyakh sozdaniya teoryy selektsyy u tekhnolohiyi ekoloho-henetycheskoho povysheniya produktyvnosti u urozhaiya rastenyi. *Faktory eksperimentalnoi evoliutsyy orhanyzmov*. К.: Lohos, 2013. Т. 13. S. 39–41. [in Russian] / Драгавцев В.А. О путях создания теории селекции и технологий эколого-генетического повышения продуктивности и урожая растений. *Факторы экспериментальной эволюции организмов*. К.: Логос, 2013. Т. 13. С. 39–41.
7. Roik M.V., M.O. Kornieieva. Ekolohichna stabilnist i plastychnist perspektyvnykh hibrydiv tsukrovyykh buriakiv. *Tsukrovi buriaky*, 2017. № 3. S. 4–8. [in Ukrainian] / Роїк М.В., Корнеєва М.О. Екологічна стабільність і пластичність перспективних гібридів цукрових буряків. *Цукрові буряки*, 2017. № 3. С. 4–8.
8. Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi / pid zah. red. M.V. Roika ta N.H. Hizbullina. К.: FOP Korzun D.Iu., 2014. 374 s. [in Ukrainian] / Методики проведення досліджень у буряківництві / під заг. ред. М.В. Роїка та Н.Г. Гізбулліна. К.: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. 374 с.
9. Eberhart S.A., Rassel W.A. Stability parametres for comparing varieties. *Crop Sci*, 1966. № 6. p. 36–40.
10. Kornieieva M.O., Nenka M.M., Vakulenko P.I. Zastosuvannia selektsiinykh ahrofoniv dlia otsinky adaptivnosti komponentiv hibrydiv tsukrovyykh buriakiv. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*: zb. nauk. pr. Kyiv, 2014. Vyr. 22. S. 111–117. [in Ukrainian] / Корнеєва М.О., Ненька М.М., Вакулєнко П.І. Застосування селекційних агрофонів для оцінки адаптивності компонентів гібридів цукрових буряків. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*: зб. наук. пр. К., 2014. Вип. 22. С. 111–117.
11. Teoriya ekoloho-henetycheskoi orhanyzatsyy kolychestvennykh pryznakov. *Tolkovyi slovar terminov po obshchei u molekuliarnoi byolohiyi, obshchei u prykladnoi henetyke, DNK-tekhnolohiyi u byooinformatsiyi*. М.: Akademknyha, 2008. Т. 2. S. 308. [in Russian] / Теория эколого-генетической организации количественных признаков. *Толковый словарь терминов по общей и молекулярной биологии, общей и прикладной генетике, ДНК-технологии и биоинформатике*. М.: Академкнига, 2008. Т. 2. С. 308.
12. Kornieieva M.O., Melnyk Ya.A. Koreliatsiini zviazky mizh elementamy tekhnolohichnoi yakosti koreneplodiv u vykhidnykh form dlia rekurentnoi selektsii zapyliuvachiv tsukrovyykh buriakiv. *Tsukrovi buriaky*. 2010. № 6. S. 8–10. [in Ukrainian] / Корнеєва М.О., Мельник Я.А. Кореляційні зв'язки між елементами технологічної якості коренеплодів у вихідних форм для рекурентної селекції запилювачів цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2010. № 6. С. 8–10.

### KORNIIEVA M. O.<sup>1</sup>, VAKULENKO P. I.<sup>1</sup>, ANDRIIEVA L. S.<sup>1</sup>, TYMCHYCHYN S. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, Ukraine, 03110, Kyiv, Klinichna str., e-mail: mira31@ukr.net

<sup>2</sup> Institute of Agriculture of Carpathian region, Ukraine, 81115, Obroshyno, Pustomyts district, Lviv region, e-mail: lilija.tymchyshyn@gmail.com

### PRODUCTIVITY OF SUGAR BEET STERILITY MAINTAINERS ON SELECTIVE AGRICULTURAL BACKGROUNDS WITH REGULATED ABIOTIC FACTORS

**Aim.** To determine the variability productivity components of the sterility maintainers against the selective agricultural background; to differentiate the lines according to the environmental parameters of plasticity and stability; to select the best lines for obtaining highly adaptive heterotic hybrids. **Methods.** Breeding material testing against agricultural backgrounds with different combinations of controlled abiotic factors and the method of Eberhard-Russell. **Results.** The average yield increased by 0.4 t/ha on LGS+NNB and by 1.1 t/ha on LGS+RNB. LGS+RNB reduced sugar content in roots. The highest sugar content values were recorded in O-type 1 line on LGS+NNB (18.6%) and in the O-type 2 line on NGS+NNB (19.4%). O-type lines were differentiated according to the response to the change of abiotic factors. **Conclusions.** O-type lines are characterized by a specific response to the controlled abiotic factors. O-type 4 and O-type 6 lines can be attributed to intensive type. O-type 3 and O-type 5 lines are considered stable for both signs. O-type 1 and O-type 2 lines showed relative stability by yield and an intensive response to the variability of the medium by sugar content.

**Keywords:** sterility maintainers, yield, sugar content, genotype effect, the coefficient of plasticity.