

Корнєєва М.О.,
кандидат біологічних наук,
Чемерис Л.М.,
кандидат сільськогосподарських
наук,
Мацук М.Б.,
аспірант
Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН

УДК 531.528.2:633.63:631.117(477)

Комбінаційна здатність тетраплоїдних ліній запилювачів буряку цукрового (Beta vulgaris L. ssp. vulgaris var. altissima Doell) за елементами продуктивності

Оцінка генетичної цінності компонентів – важлива ланка селекційного процесу створення ЧС-гібридів буряку цукрового. Визначали комбінаційну здатність тетраплоїдних запилювачів білоцерківської селекції за урожайністю, цукристістю та генетичною детермінацією елементів продуктивності і їхній фенотипічний прояв у гібридів першого покоління буряку цукрового. У дослідженнях застосовували методи тестерного схрещування за типом топкрос пилкостерильних ліній уладівського й іванівського походжень та стабілізованих за плоідністю тетраплоїдних запилювачів буряку цукрового білоцерківської селекції. Встановлено, що у генотипній структурі мінливості врожайності ключова роль належала неадитивним ефектам генів. У генетичному контролі цукристості топкросних гібридів переважаючою була частка адитивної дії генів запилювачів. Диференційовано за комбінаційною здатністю батьківські компоненти 16 гібридних комбінацій. Цінними комплексами адитивних генів характеризувалися запилювачі 1007 (за врожайністю) та 1013 (за цукристістю). Виявлено перспективні гібридні комбінації для їхнього подальшого селекційного опрацювання, визначена генетична детермінація елементів продуктивності та збору цукру. Аналіз генних взаємодій у гібридів буряку цукрового підтверджує теорію генетичного балансу М.В. Турбіна.

Ключові слова:

комбінаційна здатність запилювачів буряку, адитивні та неадитивні ефекти генів, урожайність буряку цукрового, цукристість буряку цукрового.

У селекції багатьох сільськогосподарських культур, зокрема і буряку цукрового, використовується явище гетерозису, яке дає можливість значно підвищити рівень господарсько-цінних ознак у гібридів порівняно з батьківськими формами. Дійсно, у технології селекційного процесу оцінка новостворених матеріалів на комбінаційну здатність стає необхідним елементом. Користуючись ефектами комбінаційної здатності, виявленими лише у певних контрольованих системах схрещування, можна не лише свідомо підбирати компоненти для гібридизації, але й

визначати переважаючий внесок тих чи інших дій і взаємодій генів, що контролюють полігенні ознаки, і визначити їхню частку в генотипній структурі мінливості ознак [1]. Це важливо не тільки з точки зору практичної селекції за формування експериментальних гібридних комбінацій, але й сприяння розвитку теорії гетерозису за накопичення й узагальнення необхідних даних [2, 3].

Донині не можна однозначно відповісти на питання, чому одні лінії за гібридизації з конкретними генотипами дають високопродуктивні гібриди, інші

ж проявляють високий ефект лише за схрещування з окремими лініями, тобто, у специфічних комбінаціях. За даними іноземних авторів, очевидно, що комбінаційна здатність вихідних селекційних матеріалів являється генотипно зумовленою властивістю, успадкованою як за самозапилення, так і за схрещування, і залежить від складних систем взаємодії спадкових факторів. Експериментально доведено, що лінії з високою КЗ порівняно з низькою формують урожайніші гібриди [4, 5], тому оцінка генетичної цінності компонентів гібридів стала необхід-

ним етапом технології селекційного процесу.

Метою роботи було оцінити тетраплоїдні запилювачі білоцерківської селекції за комбінаційною здатністю буряку цукрового за врожайністю та цукристістю, визначити генетичну детермінацію елементів продуктивності й їхній фенотипічний прояв у гібридів.

Матеріали та методика проведення досліджень. Дослідження проводили на Білоцерківській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків у 2010–2013 рр. До схрещування за схемою топкрос було залучено чотири (1007, 1009, 1012, 1013) тетраплоїдні лінії білоцерківської селекції, які раніше (2010 р.) зазнавали цитологічному контролю та добору тетраплоїдних форм, тобто, були стабілізовані за плоідністю. Як тестери до досліду було залучено чотири пилкостерильні форми: тестери першої і другої – ліній уладівського походження під умовними номерами 1354 та 1367, тестери третьої і четвертої – ліній іванівського походження – відповідно 1382 і 1383 з високим ступенем стерильності. Сортовипробування гібридів здійснювали у чотириразовій повторюваності за загальноприйнятою методикою [6]. Оцінку комбінаційної здатності проводили за Гопцієм Т.І. [7].

Результати досліджень та їхнє обговорення. Серед новостворених вихідних матеріалів запилювачів проводили перевірку на плоідність, результати якої наведено у табл. 1.

Результати цитологічного аналізу показали, що два запилювачі (1007 та 1012) мали 100% тетраплоїдних рослин, два інші характеризувалися також високою часткою тетраплоїдних форм (відповідно 90,0 та 96,9%).

Таблиця 1

Характеристика новостворених багатонасінних запилювачів білоцерківської селекції за плоідністю, 2010 р.

Багатонасінні запилювачі	Кількість проаналізованих насінників, шт.	Плоідність			
		3х		4х	
		шт.	%	шт.	%
1007	37	0	0	37	100
1009	20	2	10	18	90
1012	36	0	0	36	100
1013	35	2	5,7	33	94,3
Всього	128	4	3,1	124	96,9

Таблиця 2

Урожайність топкросних гібридів, створених за участю тетраплоїдних запилювачів буряку цукрового, т/га, 2011–2013 рр.

Тетраплоїдні лінії (запилювачі)	Тестери-пилкостерильні форми				Середнє за лініями
	ЧС1354	ЧС1367	ЧС 1382	ЧС1383	
1007	41,4	39,8	44,1	41,9	41,8
1009	39,6	45,1	40,6	38,9	41,0
1012	40,1	42,8	38,3	39,5	40,3
1013	43,6	38,8	40,6	40,9	41,0
Середнє за тестерами	41,2	41,6	41,0	40,3	41,0

Всі номери було включено у топкросні схрещування з пилкостерильними тестерами різних геноплазм для формування експериментальних ЧС-гібридів триплоїдного рівня на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності і вивчення генетичного контролю ознак урожайності й цукристості.

Як показали дослідження, топкросні ЧС-гібриди істотно різнилися за врожайністю. Дисперсійний аналіз даних засвідчив, що $F_{\text{факт}} = 136,9 > F_{\text{теор}} = 1,92$, тобто, вони зумовлені генотипом схрещуваних форм, що є необхідною умовою аналізу ліній за генетичною цінністю.

Середні значення гібридних комбінацій, де материнською формою слугували чотири пилкостерильні тестери, а батьківською – досліджувані багатонасінні тетраплоїдні запилювачі, представлено у табл. 2.

Аналіз даних табл. 2 виявив, що найвищі значення врожайності в середньому по гібридах отримано на основі запилювача 1007 (41,8 т/га) з коливан-

нями по комбінаціях у межах 39,8...44,1 т/га. У середньому ця ознака була найвищою у тестерних гібридів за участю пилкостерильної лінії уладівського походження ЧС 1367 – 41,6 т/га, спостерігалася і зміна її рівня залежно від генотипу батьківської форми-запилювача (38,8...45,1 т/га). Розбіжності врожайності гібридів стало наслідком впливу компонентів схрещування і їхньої взаємодії, що виражається через значення ефектів комбінаційної здатності. Загальна комбінаційна здатність (ЗКЗ) тетраплоїдних запилювачів зображена на рис. 1.

Як видно з рис. 1, достовірно найвищою ЗКЗ за врожайністю характеризувалася лінія 1007, найнижчою – 1012, їхні ефекти ЗКЗ становили 0,77 і -0,73. Цікаво, що обидві лінії на 100% склалися з тетраплоїдних форм (табл. 1), тобто, власне плоідність не вплинула на здатність цих ліній формувати високоврожайні гібриди. Ефекти двох інших запилювачів 1009 і 1013 залишалися на рівні середньопопуляційного

Комбінаційна здатність тетраплоїдних ліній запилювачів буряку цукрового (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell) за елементами продуктивності

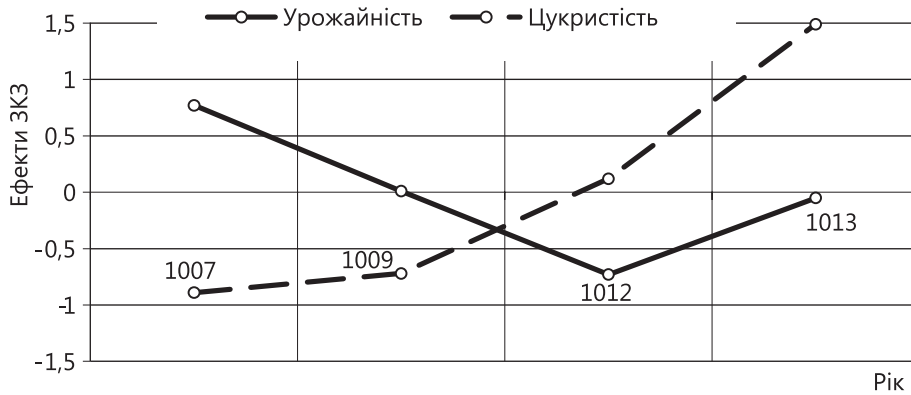


Рис.1. Ефекти ЗКЗ тетраплоїдних ліній запилювачів за врожайністю та цукристістю, 2011–2013 рр.

Таблиця 3

Специфічна комбінаційна здатність за врожайністю тетраплоїдних запилювачів і тестерів цукрових буряків, 2011–2013 рр.

Тетраплоїдні лінії запилювачів	Специфічна комбінаційна здатність (СКЗ), ефекти			
	ЧС1354	ЧС1367	ЧС 1382	ЧС1383
1007	-0,52*	-260*	2,31*	0,81*
1009	-1,61*	3,48*	-0,44*	-1,44
1012	-0,37*	1,90*	-1,47*	-0,05
1013	2,50*	-2,78*	-0,40*	0,68*
ЗКЗ тестерів	0,13	0,61	0,0	-0,75*

* – достовірний ефект на 5% рівні значущості.

значення. Кращим тестером за урожайності була лінія ЧС 1367 (ЗКЗ=+0,61).

За ознакою цукристості цінні адитивні комплекси генів успадковувалися від тетраплоїдної лінії 1013, ефект ЗКЗ якої стано-

вив +1,49, був найвищим і найдостовірнішим у даному наборі селекційних матеріалів. Значно нижчим, але позитивним та істотним значенням характеризувалася лінія 1012. Дві інші – 1007 та 1009 – володіли низькими

ефектами ЗКЗ за цукристістю, тобто, вони вносили негативний вклад у формування цукристості ЧС-гібридів. З рис. 1 також видно, що лінії даного набору високу ЗКЗ за врожайністю характеризували низьким значенням ЗКЗ за цукристістю, що свідчить про негативну залежність не тільки абсолютних значень даних ознак, а й комбінаційної здатності за ними. Це добре узгоджується з даними інших авторів, одержаними в результаті експериментів, проведеними на запилювачах різного ступеня гетерозиготності диплоїдного рівня [8].

Лінії запилювачів по-різному проявили себе за ознакою врожайності у специфічних комбінаціях, що свідчить про вагомий вплив ефектів взаємодії компонентів, а отже, і неадитивної дії генів (табл. 3).

Як показав аналіз даних табл. 3, тетраплоїдна лінія 1013 добре комбінувалася з лінією ЧС 1354, ефект СКЗ був достовірно високим і становив +2,50. На врожайність цієї комбінації, що становила 43,6 т/га (табл. 2) й на 14% перевищувала груповий стандарт (рис. 2), в основному впливали неадитивні ефекти генів компонентів схрещування, оскільки адитивні ефекти були незначними.

Батьківські форми гібридних комбінацій ЧС 1367/1009 та ЧС 1367/1012 характеризувалися суттєво високими позитивними ефектами СКЗ, які становили відповідно +3,48 та 1,90, засвідчуючи, що неадитивна взаємодія генів була ключовою у формуванні врожайності гібридів, адже ЗКЗ даних запилювачів була або ж на рівні середньопуляційної, або ж нижчою. Перевищення врожайності щодо групового стандарту становило у них відповідно 20 і 13% (рис. 2).

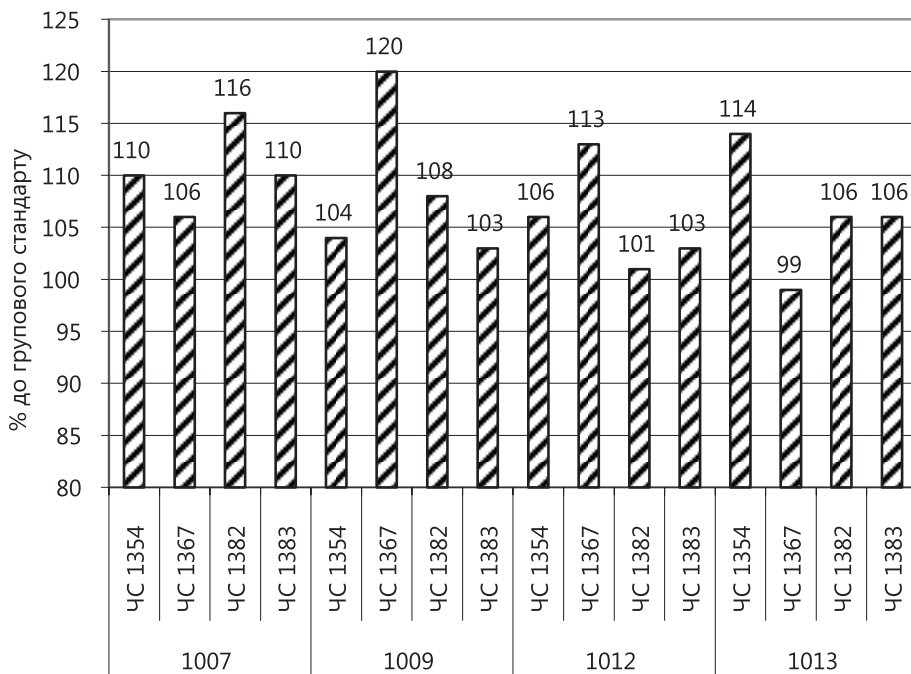


Рис. 2. Урожайність триплоїдних ЧС-гібридів за участю тетраплоїдних ліній запилювачів білоцерківської селекції.

СКЗ тетраплоїдної лінії 1007 з лінією ЧС 1382 становила +2,31, що разом з високим ефектом ЗКЗ цієї лінії (рис. 1) позитивно вплинуло на фенотипічний прояв урожайності, яка у гібридів на 16% перевищувала стандарт (рис. 2).

Запилювач 1007, маючи високі адитивні ефекти і високий ефект СКЗ з ЧС тестером ЧС 1383 (+0,81), у гібрида показав високе значення врожайності (110% до групового стандарту).

Високою СКЗ за урожайністю із ЧС-лінією 1383 характеризувався тетраплоїдний запилювач 1383 (+0,68), що вплинуло на урожайність гібрида (106% до групового стандарту).

Сама пилкостерильна лінія ЧС 1383 як тестер мала також найвищий ефект ЗКЗ (+0,56). Перевищення досягло невелике, оскільки у даній комбінації адитивний вплив генів батьківської форми був невисоким.

Цукристість топкросних гібридів даного набору варіювала у широких межах абсолютного значення від 14,40 до 17,65% (табл. 4).

Така варіабельність гібридів цукристістю була наслідком впливу генотипу батьківських форм.

Тетраплоїдний запилювач 1007 добре комбінувався із ЧС-лініями (ЧС 1354 та ЧС 1367) – ефекти СКЗ були відповідно +0,25 і 0,24 (табл. 5). Проте фенотипічний прояв цукристості гібридів був таким, що перевищував стандарт (105 і 102%), однак перевищення було не надто високим через низькі адитивні ефекти генів запилювача (рис. 3).

Генетична зумовленість цукристості гібридної комбінації ЧС 1382/1009, що перевищувала стандарт на 6%, пояснювалася аналогічно високим ефектом неадитивної дії генів і низьким

Таблиця 4

Цукристість топкросних гібридів, створених за участю тетраплоїдних запилювачів буряку цукрового, % (абс. знач.)

Тетраплоїдні лінії запилювачі	Тестери-пилкостерильні форми				Середнє за лініями
	ЧС1354	ЧС1367	ЧС 1382	ЧС1383	
1007	14,90	14,60	14,40	14,80	14,68
1009	14,63	14,38	15,13	15,28	14,85
1012	15,00	15,33	15,30	17,13	15,69
1013	17,65	16,70	16,60	17,30	17,06
Середнє за тестерами	15,54	15,25	15,36	16,13	15,57

Таблиця 5

Специфічна комбінаційна здатність за цукристістю тетраплоїдних запилювачів і тестерів буряку цукрового

Тетраплоїдні лінії запилювачів	Специфічна комбінаційна здатність, ефекти			
	ЧС1354	ЧС1367	ЧС 1382	ЧС1383
1007	0,25*	0,24*	-0,06	-0,43*
1009	-0,20*	-0,16*	0,49*	-0,13
1012	-0,66	-0,04	-0,18	0,88*
1013	0,61	-0,04	-0,25*	-0,32*
ЗКЗ тестерів	-0,03	-0,32*	-0,21*	0,56*

* – достовірний ефект на 5% рівні значущості.

адитивним ефектом запилювача. Якщо такі ефекти у гібридів перебувають одночасно високими, то і на фенотипічному рівні значення ознаки проявляються найвище. У гібридів ЧС 1354/1013 і ЧС 1383/1012 на фенотипічний прояв вплинула

сумарна дія неадитивних і адитивних ефектів генів. Цукристість таких гібридних комбінацій становила відповідно 113 і 110% до групового стандарту. У комбінації ЧС 1383/1013 (цукристість 110% до групового стандарту) істотний вплив виявила висока

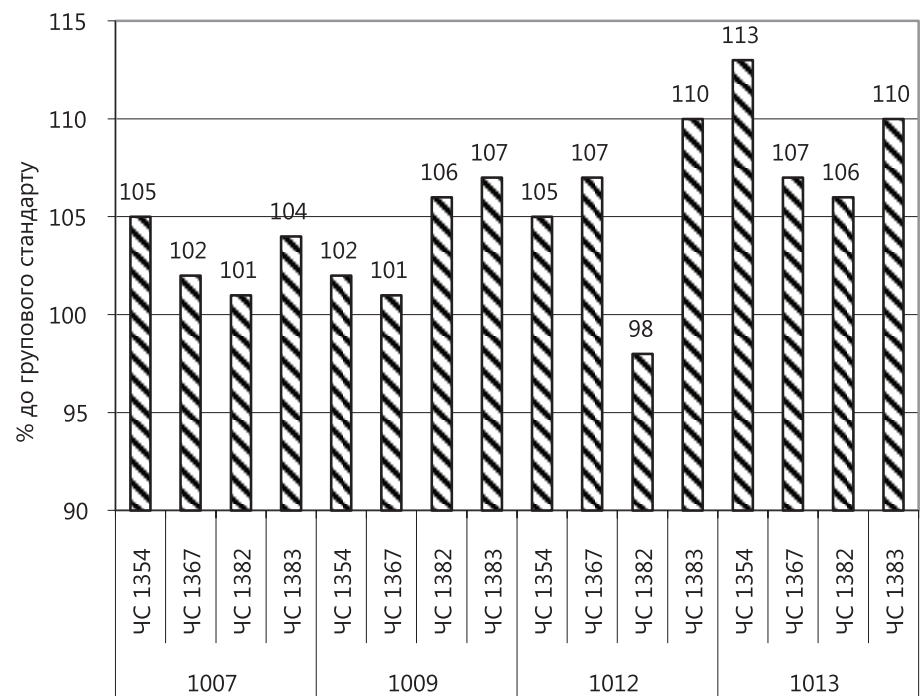


Рис. 3. Цукристість триплоїдних ЧС-гібридів за участю тетраплоїдних ліній запилювачів білоцерківської селекції.

Комбінаційна здатність тетраплоїдних ліній запилювачів буряку цукрового (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell) за елементами продуктивності

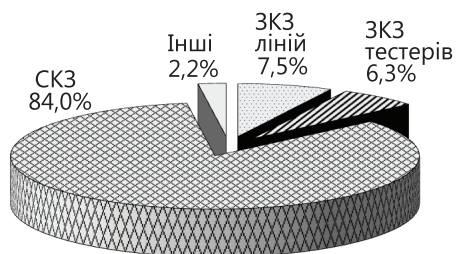


Рис. 4. Генотипна структура мінливості урожайності у топкросних ЧС-гібридів, створених на основі тетраплоїдних запилювачів і тестерів.

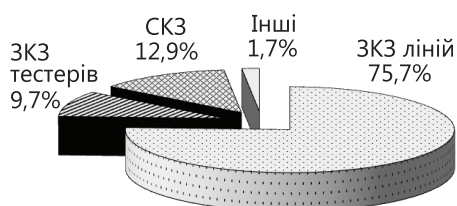


Рис. 5. Генотипна структура мінливості ознаки цукристості у топкросних ЧС-гібридів, створених на основі тетраплоїдних запилювачів і тестерів.

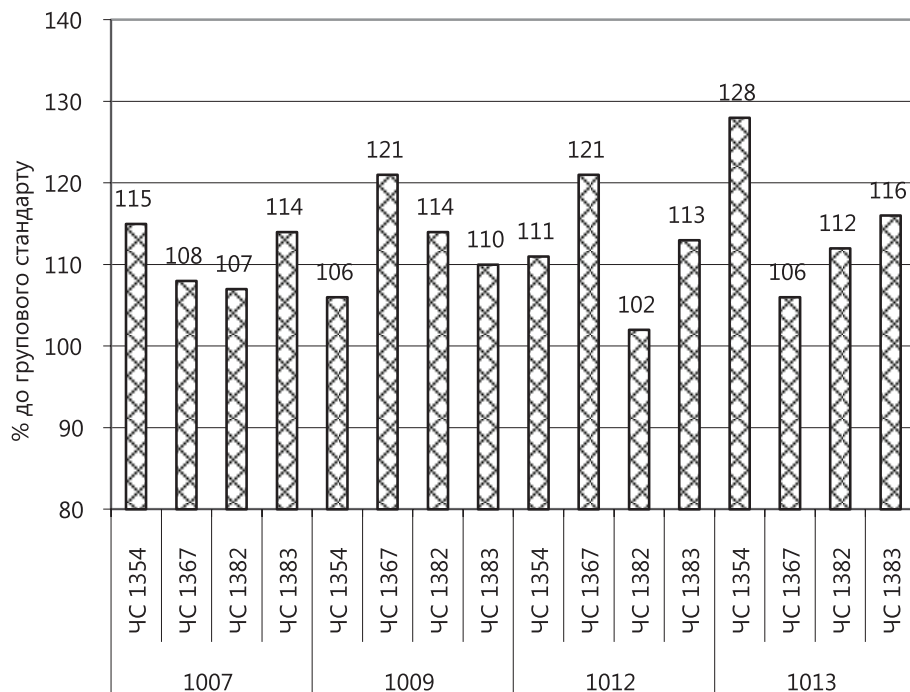


Рис. 6. Збір цукру у триплоїдних ЧС-гібридів цукрових буряків (% до групового стандарту).

ЗКЗ запилювача, що становила +1,19 (рис. 1, рис. 3).

У цілому на фенотипічний прояв урожайності та цукристості СКЗ- і ЗКЗ-ефекти впливали неоднаково. У генотипній структурі мінливості урожайності ЧС-гібридів переважаючий вплив мали ефекти взаємодії (84%), хоча адитивні ефекти батьківських форм і були вагомими на 5%-му рівні значущості, все ж порівняно з неадитивними ефектами були невисокими: для тетраплоїдних ліній вони становили 7,5%, для пилкостерильних тестерів (материнських форм) – 6,3% (рис. 4).

Підкреслено селекційне вдосконалення тетраплоїдних запилювачів за ознакою врожайності досягло «плато» і підвищення значення ознаки у гібридів можливе лише за умови специфічного підбору батьківських пар за гібридизації з пилкостерильними лініями.

У топкросних гібридів цукристість зумовлювалась переважаною адитивною дією тетраплоїдних запилювачів (75,7%), що

вказує на можливість поліпшення цієї ознаки прямим доборою на рівні фенотипу. ЗКЗ-ефекти тестерів і СКЗ-ефекти взаємодії були суттєвими, проте значно нижчими, і становили відповідно 9,7 та 12,9%. (рис. 5).

Знаючи генотипну детермінацію ознак урожайності та цукристості як елементів продуктивності, можна передбачати, яким буде збір цукру – інтегральний показник для цукрових буряків. У даному наборі гібридів збір цукру у багатьох комбінаціях значно перевищував груповий стандарт (рис. 6).

Кращою гетерозисною комбінацією за збором цукру виявилась комбінація ЧС 1354/1013 (128% до групового стандарту), що зумовлено високою ЗКЗ за цукристістю тетраплоїдної лінії 1013 і високими СКЗ-ефектами обох батьківських форм за елементами продуктивності. Друге місце у ранзі високої продуктивності посіли гібриди ЧС 1367/1009 і ЧС 1367/1012 – по 121% до групового стандарту. На велике значення збору цу-

кру наведених гібридів істотний вплив проявила висока ЗКЗ материнської форми і СКЗ обох компонентів за врожайністю. Такі дані свідчать про сумарний вплив різних типів взаємодій генів на прояв гетерозису (теорія генетичного балансу М.В. Турбіна) [9]. Запилювач 1013 за комплексом ознак визнано перспективним і передано до екологічного сортовипробування Бетаінтеркрос.

Висновки. На основі вивчення комбінаційної здатності тетраплоїдних запилювачів, стабілізованих за рівнем плоідності, і пилкостерильних ліній-тестерів можна стверджувати, що рівень фенотипічного прояву врожайності та цукристості залежить від сумарної дії адитивних і неадитивних ефектів генів. Джерелом цінних адитивних генів за врожайністю виявилися тетраплоїдна лінія-запилювач 1007 і тестер ЧС-лінія ЧС 1367, за цукристістю – запилювач 1013 і тестер ЧС 1383. Ключова роль у детермінації урожайності у топкросних гібридів належала неадитивним

ефектам взаємодії компонентів схрещування, а цукристості – адитивній дії генів тетраплоїдних запилювачів. Виділено три перспективні комбінації ЧС 1354/1013, ЧС 1367/1009 та ЧС 1367/1012 з високим генетично зумовленим рівнем збору цукру (121...128% до групового стандарту). Запилювач 1013 переда-
но для подальшого вивчення в екологічне сортовипробування Бетаінтеркрос з метою створення перспективних гібридних комбінацій.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Корнєєва М.О. Використання діалельних схрещувань для селекційно-генетичної оцінки урожайності запилювачів цукрових буряків / М.О. Корнєєва, О.В. Ненька // Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. пр. – К.: Логос, 2013. – т. 13. – С. 195–199.
2. Роїк М.В. Гібриди нового покоління буряку цукрового і їхня роль у процесі інтенсифікації галузі / М.В. Роїк, М.О. Корнєєва // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2006. – № 3. – С. 71–81.
3. Роїк М.В. Формування елементів продуктивності залежно від типу генних взаємодій / М.В. Роїк // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 9. – С. 53–56.
4. Тарутина Л.А. Взаимодействие генов при гетерозисе / Л.А.Тарутина, Л.В.Хотылева. – Минск: Наука и техника, 1990. – 176 с.
5. Савченко В.К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях / В.К. Савченко. – Минск: Наука и техника. – 1984. – 218 с.
6. Методика исследований по сахарной свекле. – К.: ВНИС. – 292 с.
7. Гопцій Т.І. Генетико-статистичні методи в селекції / Т.І. Гопцій, М.В. Проскурін. – Харків: ХНАУ, 2003. – С. 89–93.
8. Корнєєва М.О. Продуктивність кращих ЧС гібридів цукрових буряків, створених за участю запилювачів веселоподільської селекції / М.О. Корнєєва, М.В. Власюк, В.П. Радченко // Зб. наук. праць «Фактори експериментальної еволюції організмів. – К.: Логос, 2006. – С. 238–244.
9. Турбин Н.В. Гетерозис / Н.В. Турбин. – Минск: Наука и техника, 1982. – 244 с.



Роїку Миколі Володимировичу – 65!

Колективи державної системи охорони прав на сорти рослин та Українського інституту експертизи сортів рослин сердечно вітають відомого вченого у галузі селекції, генетики і цитології цукрових буряків академіка НААН, доктора сільськогосподарських наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки України, директора Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН М.В. Роїка з 65-річчям від Дня народження!

У цей день, шановний Миколо Володимировичу, зичимо здоров'я, дивовижних буднів і свят, благоденства і довголіття, справжніх друзів і союзників у Вашій справі, у всіх починаннях! Нехай збувається все, що задумано: Ваші плани, мрії і бажання!