

М.О. Корнєєва,
кандидат біологічних наук,
Л.В. Фалатюк, кандидат
сільськогосподарських наук
Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН

УДК 633.63:631.52

Аналіз комбінаційної здатності ліній буряку цукрового упродовж двох циклів рекурентного добору

На основі генетичного аналізу урожайності та цукристості гібридів, створених за участю ліній-запилювачів першого і другого інбредних поколінь упродовж двох циклів рекурентного добору встановлено закономірності прояву комбінаційної здатності компонентів схрещування і зміну у співвідношенні типів генних взаємодій. Виявлено відсутність зв'язку між характеристикою родоначальників, відібраних з груп з контрастним поєднанням елементів продуктивності та комбінаційною здатністю ліній, отриманими на їх основі. Це дає підставу для корекції технології селекційного процесу створення ЧС гібридів через вилучення індивідуальної поляризації як методу добору за фенотипом і заміни її визначенням генетичної цінності компонентів в топкросних схрещуваннях. Визначена генетична цінність ліній-запилювачів першого інбредного покоління I1 за елементами продуктивності, що походять із багатонасінних популяцій уладівської селекції. З популяції У752 виділено 7 генетично-цінних ліній за врожайністю і 17 – за цукристістю, а з популяції КМ2 – відповідно 6 і 10 ліній. На їх основі створено синтетиків з поліпшеними параметрами врожайності та цукристості відповідно на 9,4 і 2,4% (вихідна популяція У752) і на 4,4 і 8,3% (вихідна популяція КМ2) порівняно з груповим стандартом. Проаналізована структура генотипної мінливості елементів продуктивності ЧС гібридів, створених за участю запилювачів першого і другого інбредного покоління I2. В генотипній варіації ознак гібридів, створених на основі запилювачів I1 першого циклу рекурентного добору, переважаючими були адитивні ефекти обох батьківських форм, а у гібридів, сформованих за участю запилювачів I2 другого циклу рекурентного добору – неадитивні ефекти взаємодії компонентів. У другому циклі рекурентного добору виділено 7 комбінаційно-цінних ліній I2 з високою ЗКЗ за врожайністю і 8 – за цукристістю. Виділено 5 ліній: У752/5/7, У752/84/3, КМ2/33/4, КМ2/34/7, КМ2/75/4, які поєднували високу ЗКЗ за урожайністю та цукристістю одночасно. Гетерозисний ефект гібридних комбінацій залежав від сумарного поєднання позитивних адитивних і неадитивних ефектів генів, що контролюють кількісні ознаки продуктивності. Урожайність кращих гібридів за участю ліній-запилювачів I2, виділених з багатонасінних популяцій У752 та КМ2, становила 104...117,3%, цукристість – 102,4...106,0%, а поліпшених синтетиків – відповідно 113,4 та 103,6% (У752) і 106,7 та 109,3% (КМ2) до групового стандарту.

Ключові слова:

гібриди, лінії, рекурентний добір, синтетик, урожайність, цукристість, цукрові буряки, типи генних взаємодій.

Вступ. Покращення господарсько-цінних ознак найефективніше можна досягти на основі застосування рекурентного добору, який спрямований на концентрацію добросприятливих генетичних факторів у новостворених синтетиків [1]. Вивчаючи зміну генотипної варіанси елементів продуктивності упродовж 4 циклів реципрокного періодичного добору, встановлено, що змінюється як середня характеристика досліджуваних ознак, так і їх

генетична варіабельність [2, 3]. Тому метою нашого дослідження було проаналізувати співвідношення варіанс компонентів урожайності і цукристості у гібридів за участю ліній 1 і 2 циклів рекурентного добору уладівського походження та відібрати комбінаційно-цінні лінії для формування високогетерозисних гібридних комбінацій і синтетиків цукрових буряків.

Матеріал і методика проведення досліджень. Дослідження про-

водили на Уладово-Люлинецькій ДСС упродовж 2006–2011 рр. на двох групах топкросних гібридів, одержаних від схрещування ліній-запилювачів 1 і 2 циклів рекурентного добору, що походять із двох популяцій У752 і КМ 2 уладівської селекції, з двома пилкостерильними тестерами. Вихідна популяція У752 – урожайного напрямку добору, а популяція КМ2 – цукристого напрямку добору. Лінії закладено на родоначальниках трьох

Таблиця 1

Ефекти ЗКЗ за врожайністю та цукристістю у кращих запилювачів, 1 цикл рекурентного добору, 2006–2008 рр.

НУВЦ			ВУНЦ			SE-Ped		
Номер лінії	Урожайність	Цукристість	Номер лінії	Урожайність	Цукристість	Номер лінії	Урожайність	Цукристість
Лінії з популяції У 752								
У 752/5	1,67*	1,1*	У 752/34	0,81	1,1*	У 752/61	-0,33	3,1*
У 752/16	-0,33	1,2*	У 752/42	4,81*	-0,2	У 752/67	1,7*	0,7*
У 752/17	1,67*	0,1	У 752/55	-1,69	1,3*	У 752/69	0,81	0,8*
У 752/18	-0,83	0,9*	У 752/56	-1,61	1,2*	У 752/74	0,69	1,2*
У 752/29	-1,83	1,7*	У 752/57	-1,80	1,7*	У 752/83	-0,24	1,2*
У 752/31	-0,34	1,2*	У 752/58	2,80*	1,1*	У 752/84	2,70*	-1,0
КМ 2/2	-1,09	1,5*	У 752/59	0,31	1,1*	У 752/87	4,70*	-0,5
Лінії з популяції КМ 2								
КМ 2/4	-1,07	1,3*	КМ 2/31	-0,40	1,6*	КМ 2/64	-0,53	1,0*
КМ 2/8	-1,13	2,7*	КМ 2/33	0,83	0,2	КМ 2/66	-0,49	1,0*
КМ 2/9	2,93*	-0,4	КМ 2/34	-1,20	1,3*	КМ 2/68	-0,57	3,5*
КМ 2/10	3,93*	-0,2	КМ 2/36	1,7*	-0,5	КМ 2/75	0,46	1,0*
КМ 2/12	3,43*	-1,2	КМ 2/38	1,8*	-0,1	КМ 2/71	-0,52	0,7*
КМ 2/13	-0,59	1,3*	КМ 2/47	0,64	-0,5	КМ 2/80	1,97*	0,2

Примітка *) істотно високі значення дають ЗКЗ на 5% рівні значущості

груп добору з різним поєднанням господарсько-цінних ознак (НУВЦ – низька урожайність – висока цукристість, ВУНЦ – висока урожайність – низька цукристість та група педігрі SE-Ped з високими значеннями обох ознак). Випробовували гібриди у станційному сортовинобуванні, ділянки – 13,5 кв. м, повторність – чотирикратна [4]. Комбінаційну здатність батьківських форм, а також їхню взаємодію обраховували із застосуванням двофакторного дисперсійного аналізу, де фактором А і Б були адитивні ефекти генів материнського і батьківського компонентів гібридів, а взаємодія факторів А × Б відображала неадитивні ефекти генів [5].

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз ефектів ЗКЗ за урожайністю і цукристістю ліній з популяції У752 показав, що у групі НУВЦ лінія У752/5 характеризувалася істотно високими ефектами ЗКЗ за двома ознаками одночасно: за урожайністю $\hat{g}_j = 1,67$, за цукристістю $\hat{g}_j = 1,1$ (табл. 1). 5 ліній групи НУВЦ були комбінаційно-здатними за цукристістю, проте володіли від'ємним ефектом за врожайністю. За ознакою цукристості виділилися лінії У752/16 та У752/18, проте їх урожайність у ЧС гібридах істотно не відрізнялася від середньо популяційного значення. У цій же групі ліній, виділених із популяції КМ2, кращими були зразки КМ2/9 та КМ2/10, а також КМ2/12 з достовірно високими ефектами за урожайністю (відповідно +2,93, +3,43 та +3,93).

У групі ВУНЦ генетично цінних за цукристістю ліній виділено втричі більше у популяції У752 порівняно з популяцією КМ2. Три лінії з популяції урожайного напрямку У752/55, У752/56, У752/57, а також дві лінії – цукристого напрямку доборів КМ2/31 та КМ2/34, маючи високі достовірні ефекти ЗКЗ за цукристістю, були некомбінаційно-здатними за урожайністю, понижуючи значення

ознаки у гібридах, а лінії У752/34 та КМ2/31 за посередньої врожайності відрізнялися істотно високими ефектами ЗКЗ за цукристістю.

У групі добору SE-Ped популяції КМ2 лише одна лінія визнана як комбінаційно-цінна за урожайністю (КМ2/80), проте 5 ліній за цукристістю успадкували її високі значення у топкросних гібридах, створених за їх участю. Ефекти ЗКЗ у цих ліній були істотно високими і коливалися у межах 0,2–3,5%. З цієї ж групи SE-Ped з популяції урожайного напрямку У752 було виділено також п'ять генетично цінних за цукристістю ліній. З популяції КМ2 комбінаційно-здатною за урожайністю була лише одна лінія КМ2/80 ($\hat{g}_j = 1,97$). В цілому з популяції У752 урожайного напрямку добору виділено 7 кращих ліній за цією ж ознакою і 17 кращих ліній за цукристістю, які підвищують значення ознаки у гібридах. У популяції КМ2, яка тривалий час піддавалася доборам на підвищення абсолютних значень цукристості, комбінаційно-здатних за врожайністю виділено 6 ліній і комбінаційно-здатних за цукрис-

тістю – 10. Тобто, незважаючи на напрям добору, з обох популяцій сумарно більше виділено ліній генетично цінних за цукристістю, ніж за урожайністю (27 проти 13). Це свідчить про те, що добір генотипів з вихідних популяцій за високими абсолютними значеннями господарсько-цінних ознак з комбінаційною цінністю за цими ознаками не пов'язаний. Це добре узгоджується з даними інших авторів [6], що вивчали ці залежності на селекційних матеріалах цукрових буряків верхняцького походження. Ці лінії було залучено в схеми подальшого селекційного опрацювання для створення високопродуктивних експериментальних гібридів з високим гетерозисним ефектом, а також для формування поліпшеного синтетика-запилювача.

Із дев'яти кращих комбінаційно-здатних ліній-запилювачів І1, виділених із популяції У752 та КМ2 за ЗКЗ – по три із кожної з досліджуваних груп (НУВЦ, ВУНЦ та SE-Ped), самозапиленням одержали лінії другого інбредного покоління, які схрестили з двома ЧС

Таблиця 2
Оцінки ефектів ЗКЗ ліній-запилювачів другого інбридного покоління, 2 цикл періодичного добору, 2009–2011 рр.

Лінії-запилювачі І2	Групи добору	Ефекти ЗКЗ, \hat{g}_j	
		За врожайністю	За цукристістю
У752/5/7	НУВЦ	5,11*	0,22*
У752/17/4	НУВЦ	-3,43	-0,07
У752/24/9	НУВЦ	-4,89	0,17*
У752/42/8	ВУНЦ	-2,98	-0,13
У752/51/7	ВУНЦ	-0,63	-0,21
У752/58/3	ВУНЦ	1,19*	-0,23
У752/67/7	SE-Ped	0,61	-0,27
У752/84/3	SE-Ped	2,15*	0,42*
У752/87/1	SE-Ped	0,41	0,36*
КМ2/4/6	НУВЦ	-2,15*	-0,53
КМ2/4/9	НУВЦ	-0,56	-0,68
КМ2/8/12	НУВЦ	-2,79	-0,36
КМ2/31/2	ВУНЦ	-1,41	0,13*
КМ233/4	ВУНЦ	0,80*	0,19*
КМ234/7	ВУНЦ	4,44*	0,24*
КМ2/64/9	SE-Ped	2,60*	0,08
КМ2/68/1	SE-Ped	-1,14	0,02
КМ2/75/4	SE-Ped	2,65*	0,66*

тестерами по типу топкрос. Усього у досліді другого циклу рекурентного добору брало участь 9 ліній з контрастним поєднанням ознак і 18 гібридів (на фоні кожного із двох тестерів). Ефекти ЗКЗ за урожайністю і цукристістю наведено у табл. 2. Так, за урожайністю найбільший ефект ЗКЗ ($\hat{g}_j=5,11^*$), який був істотним, характеризувалася лінія У752/5/7 І2 з групи НУВЦ.

З популяції КМ2 (група ВУНЦ) виділена також комбінаційно-цінна лінія за врожайністю КМ2/34/7 І2 ($\hat{g}_j = 4,44$). З групи ВУНЦ у популяції У752 виділилась одна лі-

нія У752/58/3 - $\hat{g}_j = 1,19$, проте з популяції КМ2 цієї ж групи 2 лінії були з істотно високим ефектом ЗКЗ за врожайністю (КМ2/33/4 та КМ2/34/7). У групі педігрі за врожайністю кращою була лінія У752/84/3 ($\hat{g}_j = 2,15$), за цукристістю – виділилися 2 лінії – У752/84/3 та У752/87/1. Лінія КМ2/75/4 з найвищим ефектом ЗКЗ (+0,66*) за цукристістю належала групі педігрі SE-Ped. У другому циклі добору генетично цінними за урожайністю визнано 7, а за цукристістю – 8 ліній-запилювачів.

Із табл. 2 видно, що серед ліній-запилювачів І2 поєднували істотно високі значення ефектів ЗКЗ за двома ознаками одночасно 5 ліній І2. Це такі лінії: У752/5/7, У752/84/3, КМ2/3/34, КМ2/34/7 та КМ2/75/4.

Закономірності прояву СКЗ залежно від груп добору родоначальників, на яких було створено лінії, також не виявлено. Грунтуючись на теорії генетичного балансу М.В. Турбіна про те, що гетерозисний ефект гібридних комбінацій залежить від сумарного поєднання позитивних адитивних і неадитивних ефектів генів, контролюючих кількісні ознаки [7], ми простежили залежність елементів продуктивності ЧС гібридів від достовірно високих ефектів ЗКЗ та СКЗ, які інтерпретують ці дії і взаємодії генів (табл. 3).

Компоненти гібридів, наведені в табл. 3, поєднували достовірно високі значення за обома елементами продуктивності одночасно. Гібриди, створені за їх участю, перевищували груповий стандарт за

врожайністю на 4,0–17,3%, а цукристість – на 2,4...6,0%, що свідчить про ефективний прогноз гетерозису гібридів на основі оцінок комбінаційної здатності компонентів схрещування.

Синтетик, створений на основі кращих ліній І2, виділених з популяції У752, за врожайністю перевищував груповий стандарт на 13,4%, за цукристістю – на 3,6%, а з популяції КМ2 – відповідно на 6,7 та 9,3%. Ефект періодичного добору від вихідних популяцій до другого циклу періодичного добору за врожайністю для популяції У752 урожайного напрямку становив 8,1, а за цукристістю – для популяції КМ2 цукристого напрямку добору – 6,1% (рис. 1 і 2).

Відомо, що в генетичній структурі мінливості ознаки ($\sigma^2 = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_j$) σ^2_A визначає компонент, обумовлений аельною адитивною дією генів, σ^2_D – компонент домінування, σ^2_j – компонент неалельної взаємодії [8]. Дисперсійний аналіз експериментальних даних продуктивності гібридів, одержаних за участю запилювачів

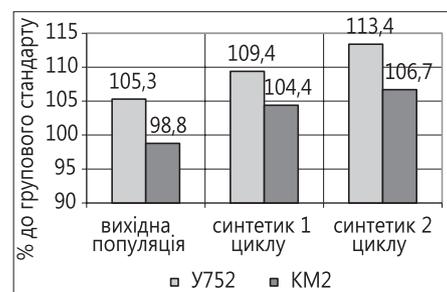


Рис. 1. Ефективність селекції синтетиків за врожайністю порівняно з вихідною популяцією, 2006–2011 рр.



Рис. 2. Ефективність селекції синтетиків за цукристістю порівняно з вихідною популяцією, 2006–2011 рр.

Таблиця 3
Урожайність і цукристість кращих гібридних комбінацій залежно від ефектів ЗКЗ (\hat{g}_j) і СКЗ (s_{ij}) запилювачів І2

Гібридна комбінація	Урожайність			Цукристість		
	% до групового стандарту	\hat{g}_j	s_{ij}	% до групового стандарту	\hat{g}_j	s_{ij}
ЧС1/У752/5/7	116,5	5,11	3,87	102,4	0,22	0,18
ЧС2/У752/84/3	115,9	2,15	2,28	103,9	0,42	0,63
ЧС1/КМ2/33/4	107,1	0,80	1,31	103,2	0,19	0,21
ЧС2/КМ2/34/7	117,3	4,44	4,94	102,4	0,24	0,26
ЧС2/КМ2/75/4	104,0	2,65	3,04	106,0	0,68	0,34

Таблиця 4

Частка різних типів генних взаємодій у генетичному контролі елементів продуктивності гібридів, створених на основі ліній 1 і 2 циклів рекурентного добору, %

Типи генних взаємодій	3 популяції У 752		3 популяції КМ 2	
	урожайність	цукристість	урожайність	цукристість
Перший цикл рекурентного добору				
Аддитивна дія генів (фактор А + Б)	51	63	56	53
Неадитивна дія (фактор А x Б)	49	37	44	47
Другий цикл рекурентного добору				
Аддитивна дія генів (фактор А + Б)	31	42	47	31
Неадитивна дія (фактор А x Б)	69	58	63	69

у двох циклах рекурентного добору, показав істотність відмінностей між генотипами. Він дозволив розкласти генотипну варіансу на компоненти варіації, пов'язані з дією і взаємодією генів, що контролюють полігенні ознаки і встановити частки різних типів генних взаємодій по відношенню до загальної генотипової варіанси.

В табл. 4 наведено відсоткове співвідношення варіанс ЗКЗ (фактор А + Б) і СКЗ (А x Б) до загальної генотипної варіанси, що дозволяє з високою імовірністю встановити, яким типом генетичних ефектів обумовлено прояв елементів продуктивності.

Порівнюючи співвідношення варіанс ЗКЗ (адитивна дія генів) і СКЗ (неадитивна дія генів), можна відмітити тенденцію до зменшення частки адитивних і підвищення частки неадитивних ефектів генів від першого до другого циклу, хоча кількісне їхнє вираження у ліній від популяцій урожайного і цукристого напрямів добору було різним. Ці факти добре узгоджуються з аналізом варіанс ЗКЗ і СКЗ синтетичних популяцій 1 і 2 циклів періодичного добору, проведених на кукурудзі Л.М. Полонецькою, яка отримала аналогічні результати [9].

Таким чином, на основі одержаних експериментальних даних топкросних гібридів, можна зробити висновок про те, що у кращих гібридних комбінаціях поєднуються високі адитивні та неадитивні ефекти батьківських форм. Виділено 5 ліній І2, які характеризуються достовірно високими ефектами ЗКЗ і СКЗ за обома елементами продуктивності – врожайністю і цукристістю.

Гібридні комбінації за участю запліднювачів У752/5/7 І2 та КМ2/75/4 передано для вивчення у системі екологічного сортотипування Бетаінтеркрос на тлі 44 ЧС форм різного походження.

Висновки. За результатами аналізу експериментальних даних двох циклів рекурентного добору можна

констатувати про відсутність закономірностей прояву комбінаційної здатності залежно від груп добору родоначальників, на яких було створено лінії. У першому і другому циклах рекурентного добору виділено комбінаційно-здатних за урожайністю і цукристістю відповідно 7 та 17 і 7 та 8 ліній-запліднювачів. У генотиповій структурі мінливості продуктивності встановлено збільшення впливу неадитивної дії генів і, відповідно, зниження впливу адитивної дії генів обох батьківських форм у другому циклі рекурентного добору порівняно із першим. Кращі міжлінійні гібриди і синтетики, створені в процесі двох циклів рекурентної селекції, за продуктивністю істотно перевищували груповий стандарт.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Корнєєва, М.О. Селекційно-генетичне покращення цукрових буряків за технологічною якістю коренеплодів / М.О. Корнєєва, Я.А. Мельник, М.Б. Мацук, М.М. Ненька [та інші] // Методичні рекомендації. – К.: ПоліграфКонсалтинг, 2013. – 24 с.
2. Hallauer, A. Chance in genetic variance for seven plant and ear traits after four ceclts of reciprocal recurrent selection for yield in maize./ Hallauer A. – Iowa Sta/J/ Sci.,1971. – 45,4. – P. 23–29.
3. Волгин, В.В. Повышение комбинационной способности по сахаристости и массе корнеплодов диплоидных популяций и линий сахарной свеклы в процессе одного цикла рекурентного отбора / В.В. Волгин, И.Я. Балков, В.А. Логвинов, Л.А. Джигирис. // Сельскохозяйственная биология. – 1992. – № 3. – С. 95–100.
4. Методика исследований по сахарной свекле. – К.:ВНИС,1986. – 292 с.
5. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. – Харьков, 1980. – С. 21–30.
6. Адаменко, Д. С. Оцінка комбінаційної здатності вихідних популяцій Верхняцької ДСС / Д. С. Адаменко // Цукрові буряки. – 2004. – № 6. – С. 14–15.
7. Тарутина, Л.А. Взаимодействие генов при гетерозисе /Л.А.Тарутина, Л.В. Хотылева. – Мн.: Наука и техника, 1990. – 176 с.
8. Драгавцев, В.А. Феногенетический анализ изменчивости в растительных популяциях / В. А. Драгавцев // Вестник АН Каз. ССР, 1983. – № 10. – С. 33–42.
9. Полонецкая, Л.М. Анализ вариантов компонентов урожайности у линий 1 и 2 циклов от сортов Глория Янецкого и ВИР 1094 / Л.М. Полонецкая // Генетика продуктивности сельскохозяйственных культур. – Мн.: Наука и техника, 1978. – С.146–150.