

Я. А. Мельник, аспірант,
М. О. Корнєєва,
кандидат біологічних наук
Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН

УДК 633.63:631.52

Оцінка технологічної якості гібридів буряку цукрового (*Beta vulgaris* L.) за вмістом α -амінного азоту

Наведено результати визначення генетичної цінності запилювачів, які походять з популяцій урожайного і цукристого напрямів уладівської селекції, для рекурентного їх покращення і формування комбінаційних компонентів гібридизації при створенні синтетиків і ЧС-гібридів цукрових буряків зі зниженим вмістом α -амінного азоту.

Ключові слова:

буряк цукровий, топкросні схрещування, генотипи запилювачів У752 урожайного та У1948 цукристого напрямів, формування синтетиків і створення ЧС гібридів.

Вступ. Найефективнішим методом селекції на покращення технологічної якості коренеплодів цукрових буряків є метод рекурентного добору компонентів схрещування [1]. При цьому селекцію на покращення якості слід розглядати не ізольовано, а у зв'язку з усіма селекційними показниками, тобто з урахуванням цукристості і врожайності; до того ж необхідним є зниження частки тих розчинних нецукрів у коренеплодах, які не можна вилучити у процесі виробництва цукру і які накопичуються в мелясі. Критеріями добору тут мають бути не лише вміст цукрози, але й лужні іони калію, натрію та α -амінного азоту, сумарна кількість яких відображає загальний вміст нецукрів у буряках. Ці нецукри значною мірою впливають на доброякісність соку, і як наслідок – на вихід білого цукру у виробництві, тому одним із завдань селекції є максимальне зниження втрат цукру у мелясі за рахунок впливу на хімічний склад буряка [2].

За даними В. Олтмана, М. Бурби та Г. Больца кореляційного зв'язку між цукристістю і вмістом α -амінного азоту не існує [3]. Нами відмічено, що у вихідних багатонасінних популяцій, залучених до рекурентного покращення технологічної якості коренеплодів, коефіцієнт кореляції був достовірно низьким,

але від'ємним і становив для високоврожайної популяції У752 – 0,24, а для високоцукристої У1948 – 0,26. З урахуванням взаємодії елементів технологічної якості α -амінний азот мав більш негативний вплив на вихід цукру саме у високоцукристих форм порівняно із високоврожайними [4]. Проте незалежне успадкування вищезазначених ознак вказує також і на те, що кореляції між урожайністю і вмістом компонентів, які визначають якість, не є абсолютними, і за відповідного добору можна очікувати на успіх.

На вміст α -амінного азоту впливають не лише генотипні чинники, а й середовищні чинники: кількість внесених мінеральних добрив, густина рослин, погодні умови року. Вміст іонів калію і натрію суттєво залежить від терміну збирання коренеплодів, тоді як вміст α -амінного азоту змінюється мало. Термін збирання коренеплодів суттєво впливає на вміст іонів калію і натрію, проте вміст α -амінного азоту змінює мало [3]. Проте генотипна зумовленість цього елемента технологічної якості є очевидною, оскільки сорти і селекційні матеріали буряку цукрового достовірно різняться між собою. Успадкованість умісту α -амінного азоту доведена у факторіальних дослідах, у яких випробовувались ЧС-гібриди за топкросними схемами,

що дало можливість виділити генетично цінні за зниженим вмістом елементів технологічної якості складових компонентів гібридизації [4, 5, 6]. При використанні індивідуальних доборів у популяціях, коли коефіцієнт успадкування для α -амінного азоту дорівнював 0,48, вдалося знизити цей показник на 34% [3]. За даними В. В. Редька, в загальній мінливості вмісту іонів α -амінного азоту у наборі гібридів істотним був тільки вплив батьківських компонентів, зокрема вплив материнської форми залежав не тільки від ядерних, але й від цитоплазматичних генів; неадитивні гени, на відміну від адитивних, сприяли збільшенню цього показника у гібридах [7]. Саме тому селекція на зниження вмісту α -амінного азоту при застосуванні адекватних методів селекції на гетерозис може бути ефективним засобом, який матиме позитивний вплив на кінцевий результат – вихід цукру.

Метою нашої роботи було диференціювати лінії-запилювачі, створені на основі популяцій урожайного і цукристого напрямів добору уладівської селекції, за комбінаційною здатністю, відібрати топкросні ЧС-гібриди зі зниженим вмістом α -амінного азоту як елемента технологічної якості коренеплодів та визначити переважаючий тип дії генів у генетичному контролі ознаки.

Таблиця 1. Добір кращих генотипів і діапазон варіювання вмісту α -амінного азоту у топкросних ЧС-гібридів, 2009–2010 рр.

Вихідна популяція	Напрямок добору вихідної популяції	Кількість оцінених гібридів на двох ЧС тестерах, шт.	Кількість відібраних генотипів		Діапазон варіювання вмісту α -N, мг-екв./100 г, алію, мг-екв./100 г
			шт.	%	
У 752	урожайний	62	20	32,3	1,59–7,08
У1948	цукристий	71	10	14,1	1,82–7,56

Вихідні матеріали і методика проведення досліджень. Крім дослідів, проведених у 2008–2011 рр. на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції Інституту цукрових буряків (нині Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН), після поляризаційних доборів коренеплодів двох багатонасінних запилювачів урожайного (У 752) і цукристого (У1948) напрямів проводили схрещування кожного генотипу на тлі двох пилкостерильних тестерів ЧС1 (лінія ЧС1223) і ЧС2 (лінія ЧС 1659), визнаних Л. В. Фалатюк як кращі [8]. Станційне сортовипробування гібридного насіння, зібраного з ЧС-тестерів, проводилося за рендомізованого розміщення ділянок (13,5 кв.м) у триразовій повторності. Обсяг вибірки гібридизації становив – по 100 гібридних комбінацій – кожної з популяцій і кожного з тестерів (всього 400 гібридів). Вивчали комбінаційну здатність за вмістом α -амінного азоту тільки тих генотипів запилювачів, з якими отримано гібриди на тлі двох ЧС-тестерів одночасно: для популяції У752 – 62 генотипи, для популяції У1948 – 71 генотип. Кількість зольних елементів у коренеплодах визначали за допомогою кондуктометра ОК-102 шляхом ви-

мірювання електропровідності досліджуваного розчину [9]. Добори за вмістом α -амінного азоту кращих генотипів проводили за від'ємними показниками загальної і специфічної комбінаційної здатності (ЗКЗ і СКЗ), оскільки селекційною метою було значення зниження ознаки. Відібрані генотипи перезапильовали «у чистоті» для формування синтетичної популяції з покращеною ознакою за цим показником технологічної якості коренеплодів. Експериментальні дані обробляли методом дисперсійного аналізу. Дослід двофакторний: фактором А були материнські форми (ЧС-7лінії), фактором Б – багатонасінні запилювачі. Комбінаційну здатність за вмістом α -амінного азоту визначали із застосуванням методики В. К. Савченка [10].

Результати та їх обговорення. Відбирали лише ті генотипи, які мали достовірно знижений вміст α -амінного азоту на фоні двох тестерів одночасно, або ж ті, один з яких на фоні одного ЧС-тестера показав істотно низький його вміст, а на фоні іншого був на рівні стандарту. З популяції урожайного напрямку У752 виділено 20 кращих генотипів, що становило 32,3% від всіх оцінених за двотестерним методом. З

високоцукристої популяції було відібрано 10 кращих генотипів, тобто відсоток добору був значно нижчим і становив 14%. Зібране насіння з кращих рослин було першим поколінням від самозапилення (лінія I_1), оскільки в індивідуальному ізоляторі з однією фертильною рослиною схрещували дві стерильні (за пилком), одночасно одержавши лінії I_1 і два топкросні гібриди для оцінки. Ці лінії послужили основою для створення нової синтетичної популяції зі зниженим вмістом α -амінного азоту як елемента технологічної якості. Варіабельність гібридів була високою: у гібридів на основі популяції У752 вона становила 1,59–7,08, у гібридів) одержаних за участю генотипів високоцукристої популяції, діапазон варіювання був більшим (5,74 проти 5,49 мг-екв./100 г) з коливанням у межах 1,82–7,56 мг-екв./100 г (табл. 1).

Двофакторний дисперсійний аналіз одержаних даних показав, що між топкросними ЧС-гібридами обох популяцій за вмістом α -амінного азоту були істотні відмінності: у популяції У752 $F_{\text{факт}} = 943,81 > F_{\text{теор}} = 1,00$, у популяції У1948 $F_{\text{факт}} = 161,98 > F_{\text{теор}} = 1,00$ (табл. 2, 3). Відмінності між гібридами були обумовлені генотипно, оскільки фактичний критерій Фішера для загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) ліній, виділених із популяцій У752 і У1948 за вмістом α -амінного азоту, був вищим, ніж теоретичний, і становив відповідно 1676,60 і 258,82 проти 1,32 ($F_{\text{теор}}$). Виявлена достовірна різниця міжтесте-

Таблиця 2. Дисперсійний аналіз комбінаційної здатності ліній-запилювачів з популяції У 752 за вмістом α -амінного азоту

Джерела дисперсії	Сума квадратів	Ступені волі	Середній квадрат	F - критерій Фішера	
				фактичний	теоретичний
Гібриди	1469.605	123	11.948*	943.81	1.00
Повторності	0.002	2	0.001	0.08	3.00
ЗКС ліній	1294.701	61	21.225*	1676.60	1.32
ЗКЗтестерів	9.517	1	9.517*	751.76	3.84
СКЗ	165.388	61	2.711*	214.17	1.32
Помилка	3.114	246	0.013		
Загальна	1472.721	371			

* - достовірні відмінності за 5%-ого рівня значущості

Таблиця 3. Дисперсійний аналіз комбінаційної здатності ліній-запилювачів з популяції У 1948 за вмістом α -амінного азоту

Джерела дисперсії	Сума квадратів	Ступені волі	Середній квадрат	F - критерій Фішера	
				фактичний	теоретичний
Гібриди	722.414	141	5.124*	161.98	1.00
Повторності	0.246	2	0.123*	3.89	3.00
ЗКС ліній	573.301	70	8.190*	258.92	1.32
ЗКЗтестерів	0.269	1	0.269*	8.50	3.84
СКЗ	148.844	70	2.126*	67.22	1.32
Помилка	8.920	282	0.032		
Загальна	731.580	425			

* - достовірні відмінності за 5%-ого рівня значущості

Таблиця 4. Вміст α -амінного азоту у ЧС-гібридів і комбінаційна здатність кращих генотипів-запилювачів, виділених із багатонасінних популяцій уладівської селекції, 2009–2010 рр.

Селекційний номер запилювача	Вміст α -амінного азоту		Комбінаційна здатність за вмістом α -амінного азоту, ефекти	
	за двома ЧС тестерами, мг-екв./100 г	в % до стандарту	загальна	специфічна
Популяція У 752				
83/37	2,31	63,5	-1,90*	-0,26**(1)
88/38	1,74	46,2	-2,54*	-0,40*(1)
90/39	1,90	45,1	-2,31*	-0,06(1)
95/41	2,12	58,7	-2,10*	-0,13*(1)
103/45	2,19	60,4	-2,02*	-0,19*(1)
105/46	2,20	60,6	-2,01*	-0,18*(1)
106/47	2,70	73,7	-1,54*	-0,75*(2)
114/49	2,34	64,5	-1,87*	-0,20*(1)
115/50	2,12	58,4	-2,09*	-0,49*(1)
116/51	1,62	44,6	-2,59*	-0,12(2)
117/52	1,59	43,7	-2,63*	-0,01(2)
118/53	1,58	43,5	-2,63*	-0,03(1)
119/54	1,39	38,2	-2,82*	-0,11(2)
121/55	2,24	61,8	-1,97*	-0,60*(2)
122/56	1,61	44,4	-2,60*	-0,27*(1)
126/57	2,90	81,4	-1,26*	-0,30*(1)
128/58	1,49	40,9	-2,73*	-0,14*(1)
133/59	1,75	48,2	-2,46*	-0,69*(1)
144/61	1,63	45,0	-2,58*	-0,06(2)
145/62	1,60	44,0	-2,61*	-0,03(1)
M _{заг. популяційна} 4,21				
НІР ₀₅ 0,046				
Константи СКЗ 0,445				
Популяція У 1948				
3/1	3,51	96,9	-1,01*	-0,24*(2)
5/3	2,99	78,4	-1,55*	-0,39*(1)
7/4	3,33	91,8	-1,19*	-0,24*(2)
10/6	3,52	97,0	-1,01*	-0,17*(1)
82/40	2,21	61,0	-2,32*	-0,26*(1)
92/45	3,01	82,8	-1,52*	-0,39*(1)
93/46	3,03	81,9	-1,50*	-0,10(1)
133/62	1,87	83,6	-2,66*	-0,27*(2)
135/63	1,83	51,4	-2,70*	-0,26*(2)
142/66	2,28	50,4	-2,25*	-0,07(1)
M _{заг. популяційна} 4,53				
НІР ₀₅ 0,145				
Константи СКЗ 0,349				

Примітки: * – статистично достовірно за 5%-ого рівня значущості, ** (1), (2) – специфічна комбінація з ЧС-тестером 1 або 2.

рами, які були залучені до диференціації ліній-запилювачів, оскільки для популяції У752 – $F_{\text{факт}} = 751,76 > F_{\text{теор}} = 3,84$, для популяції У1948 $F_{\text{факт}} = 8,50 > F_{\text{теор}} = 3,84$, тобто за цією ознакою вони істотно відрізнялися між собою. Показники взаємодії між батьківськими формами були високодостовірними для ЧС гібридів на основі запилювачів обох вихідних популяцій: У752 – $F_{\text{факт}} = 214,17 > F_{\text{теор}} = 1,32$, для популяції У1948 $F_{\text{факт}} = 67,22 > F_{\text{теор}} = 1,32$, тоб-

то гени неадитивної дії суттєво впливали на цю ознаку. Отже, селекція на знижений вміст α -амінного азоту як елемента технологічної якості є доцільною при визначенні стратегії селекційного опрацювання ліній на основі знання переважного впливу генів, що мають адитивну або неадитивну дію.

Добори кращих топкросних ЧС-гібридів на основі середньої оцінки за двома тестерами показали, що кращі комбінації характеризувалися

значно нижчим вмістом α -амінного азоту проти середнього популяційного значення, яке становило у високоврожайної популяції У752 – 4,21, а у високоцукристої популяції У1948 – 4,53 мг-екв./100 г. Значення вмісту цих іонів у першій популяції коливання в межах 1,39–2,90 з амплітудою 1,51 мг-екв./100 г, у другій 1,83–3,52 з більшою амплітудою, яка дорівнювала 1,69 мг-екв./100 г (табл. 4).

У кращих гібридних комбінацій на основі генотипів запилювачів, які походять з високоврожайної популяції У752, спостерігалось більш значне зниження вмісту α -амінного азоту у коренеплодах (40,9–81,4% до групового стандарту) ніж у високоцукристої популяції (У1948 – відповідно 50,4–97,0%), що пов'язано з комбінаційною здатністю компонентів, тобто впливом і взаємодією генів у гібридних генотипах. Як видно з даних табл. 4, всі кращі, судячи по зниженому вмісту α -амінного азоту, топкросні гібриди, мають високу адитивну активність батьківської форми генотипів-запилювачів, залучених до формування на основі системних схрещувань, оскільки всі значення СКЗ були від'ємними й істотно високими. Вони коливалися в межах від мінус 1,26 до мінус 2,89 (популяція У752) та від мінус 1,01 до мінус 2,66 (популяція У1948). Показники СКЗ були також від'ємними, хоча не у всіх комбінацій істотними, що сприяло успішному проведенню селекційних доборів на пониження значення селектованої ознаки.

Необхідно зазначити, що з генотипами на основі високоврожайної вихідної форми краще комбінується тестер 1, тобто ЧС-лінія 1223, оскільки у переважаючій більшості генотипів-запилювачів спостерігались достовірні прояви специфічної взаємодії з ЧС-формою. Чотири генотипи, які походять з високоцукристої популяції, добре комбінувалися з ЧС-лінією 1223, і стільки ж – з лінією 1669, оскільки показники СКЗ у таких пар були від'ємними і достовірними.

У комбінації 119/54У752 х ЧС2 (лі-

нія 1669) низький вміст α -амінного азоту (38,2% від стандартного показника) був обумовлений виключно адитивною дією генотипу – запилювача (ЗКЗ -2,82*), оскільки ефект СКЗ був, хоча і від'ємним, та все ж недостовірним і становив мінус 0,11. У другій за ранжуванням комбінації, де батьківська форма – генотип 128/58У752, а материнська – ЧС лінія 1223, низький вміст α -амінного азоту (40,9% від стандартного показника) залежав як від значущої адитивної дії запилювача (ефект ЗКЗ -2,73*), так і від взаємодії його з материнським компонентом (СКЗ -0,14*), який був також суттєвим. Генетична детермінація низького вмісту (50,4% від стандарту) α -амінного азоту топкросного гібрида на основі запилювача з високоцукристої популяції 142/66 залежала виключно від високої адитивної дії генів (ЗКЗ була -2,25*), тоді як на основі запилювача 135/63, у гібриді якого вміст α -амінного азоту становив 51,4% від стандартного показника, крім високої і достовірної ЗКЗ (-2,70*) було відмічено й істотну СКЗ (-0,26*) з ЧС-лінією 1669 (ЧС-тестер).

Переважаючий адитивний вплив генотипів запилювачів добре видно на рис. 1 і рис. 2; він становить 57,9% внеску у загальну варіацію вмісту

α -амінного азоту (популяція У752) і 78,4% (популяція У1948). Більший внесок неадитивної взаємодії генів у генотиповій мінливості ознаки – вмісту α -амінного азоту був характерний для запилювачів з високоцукристої популяції У1948 порівняно з популяцією високоврожайного напрямку У752 (відповідно 20,3 проти 11,2%). Це свідчить про можливість ефективного селекційного покращення батьківського компоненту як на основі індивідуально-родинних доборів, так і на основі методу гібридизації.

Висновки. На основі результатів топкросних схрещувань проведено оцінювання генотипів запилювачів урожайного У752 та цукристого У1948 напрямів доборів уладівської селекції за комбінаційною здатністю – вмістом α -амінного азоту. Виділено генотипи з достовірно високими показниками ЗКЗ і СКЗ, на основі яких створено генетично цінні лінії для формування синтетиків зі зниженим вмістом цього елемента технологічної якості. Встановлено переважаючий вплив адитивної дії генів запилювачів на формування ознаки – вмісту α -амінного азоту в топкросних ЧС-гібридів. Кращим ЧС-тестером для популяції У752 виявилась ЧС лінія 1223 (тестер ЧС1), а для популяції

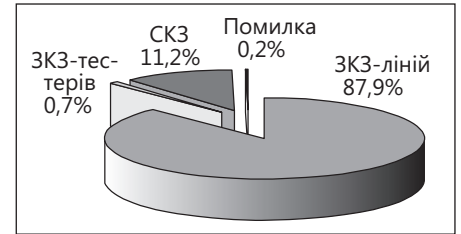


Рис. 1. Структура генотипової мінливості топкросних ЧС-гібридів на основі запилювачів У752 за вмістом α -амінного азоту.

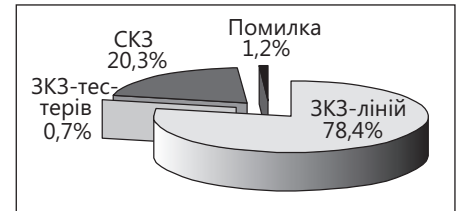


Рис. 2. Структура генотипової мінливості топкросних ЧС-гібридів на основі запилювачів У1948 за вмістом α -амінного азоту.

У1948 обидва тестери були рівнозначними. У популяції цукристого напрямку У1948 гени неадитивної дії мали більшу частку в структурі мінливості порівняно з популяцією У752 урожайного напрямку (20,3 проти 11,2%), що дає можливість цілеспрямовано підбирати пари для гібридизації при формуванні синтетиків і створювати ЧС гібриди зі зниженим вмістом альфа-амінного азоту як елемента покращеної технологічної якості коренеплодів.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

- Бугайов, В. Д. Спеціальна селекція польових культур. / В. Д. Бугайов, С. П. Васильківський, В. А. Власенко [та ін.]. Навчальний посібник за ред. М. Я. Молоцького. – Біла Церква, 2010. – 368 с.
- Вострухина, Н. П. Сахарная свекла: качество корнеплодов и выход сахара. / Н. П. Вострухина, Н. П. Вострухин. – Минск: Ураджай, 1997. – 133 с.
- Ольтманн, В. Селекция сахарной свеклы на улучшение качественных признаков. / В. Ольтманн, М. Бурба, Г. Больц. – М.: Агропромиздат, 1986. – 175 с.
- Корнєєва, М. О. Кореляційні зв'язки між елементами технологічної якості коренеплодів у вихідних форм для рекурентної селекції запилювачів цукрових буряків. / М. О. Корнєєва, Я. А. Мельник. / – К., 2010. – Цукрові буряки. – № 6. – С. 8–10.
- Редько, В. В. Особливості формування ознак продуктивності і технологічних якостей у цукрових буряків та їх селекційне значення. / В. В. Редько, М. С. Грицик, В. І. Редько. – К.: Вісник аграрної науки, 1983. – № 9. – С. 23–30.
- Корнєєва, М. О. Створення ЧС гібридів цукрового буряку з пониженим вмістом іонів K^+ і Na^+ . / М. О. Корнєєва, М. В. Власюк, І. В. Власюк. // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – К.: Алефа, 2005. – № 2. – С. 35–48.
- Berry, G. J. Expression of verbalization genes in near-isogenic wheat lines: duration of verbalization period. / G. J. Berry, P. A. Salisbury, G. M. Halloran. // Ann.Bot, 1980.– V.46. – № 2. – P. 235–241.
- Фалатюк, Л. В. Селекційно-генетична цінність компонентів ЧС гібридів уладівської селекції./ Л. В.Фалатюк, М. О.Корнєєва. //Збірник наукових праць ІЦБ УААН. – К., 2008. – Вип. 10. – С. 69–73.
- Зубенко, В.Ф. Современные методы химического анализа почв и растений. / В. Ф. Зубенко, В. П. Ковальчук, Л. Я. Бергулева [и др.]. – К.: ВНИС, 1984. – С. 820–888.
- Савченко, В. К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях /В. К.Савченко. – Минск: Наука и техника, 1984. – 223 с.