

**ВИКОРИСТАННЯ ЛІНІЙ-НОСІЇВ КРОХМАЛЬ-МОДИФІКУЮЧИХ
МУТАЦІЙ В СЕЛЕКЦІЇ ЦУКРОВОЇ КУКУРУДЗИ НА
ПРОДУКТИВНІСТЬ**

О.Є. Клімова¹, С.М. Тимчук²

¹ Інститут зернового господарства УААН

² Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН

Встановлено можливості розширення корисного генетичного різноманіття цукрової кукурудзи шляхом гібридизації ліній-носіїв мутації su_1 з лініями-носіями інших крохмаль-модифікуючих мутацій. Визначено, що лінії з тотожним аallelним станом генів структури ендосперму дуже відмінні між собою за продуктивністю та елементами її структури і комбінаційною здатністю за цими ознаками. Ідентифіковано кращі джерела та донори ознак продуктивності і отримано серію практично цінних топ-кросних гібридів.

Кукурудза, ендоспермальні мутанти, лінії, топ-кроси, продуктивність, комбінаційна здатність

Сучасні гібриди цукрової кукурудзи повинні відрізнятися високою продуктивністю [1], і найбільш результативним засобом її забезпечення вважається розширення корисного різноманіття культури та створення на цій основі нових генетично цінних інбредних ліній [2].

За оцінками різних авторів, на роль вихідного матеріалу для аналітичної селекції цукрової кукурудзи традиційного типу можуть претендувати не тільки сорти, гібриди та синтетичні популяції-носії мутації su_1 [3, 4], але й гібриди та популяції, що створені шляхом гібридизації джерел мутантного гену su_1 з кращими лініями або екзотичними популяціями звичайного типу [5, 6].

Поряд з цим, перспективним джерелом вихідного матеріалу для селекції цукрової кукурудзи можна визнати гібриди від схрещувань ліній-носіїв мутації su_1 з лініями-носіями інших крохмаль-модифікуючих мутацій. Вони надають можливості створення в процесі одного циклу аналітичної селекції не тільки ліній на основі мутантного гену

su₁, але й ліній-носіїв його комбінацій з іншими мутантними генами структури ендосперму, які в ряді випадків відрізняються високою якістю вуглеводів і мають самостійну практичну цінність [7-9].

Однак, оцінки результативності використання гібридів такого типу в аналітичній селекції цукрової кукурудзи потребують встановлення їх продуктивних властивостей і визначення комбінаційної здатності ліній-джерел крохмаль-модифікуючих мутацій при схрещуваннях з лініями-носіями мутації su₁. Саме це і склало задачі наших експериментальних досліджень.

Для проведення досліджень було використано 3 неспоріднені за походженням лінії-носії мутації su₂, яка викликає підвищення вмісту амілози в крохмалі [10], 2 неспоріднені лінії-носії мутації wx, яка викликає утворення крохмалів амілопектинового типу [11], 3 лінії-носії мутації sh₂, яка викликає депресію утворення крохмалю без змінення його фракційного складу [12] і три лінії-носії мутації su₁.

Зазначені лінії було включено в топ-кросну систему регулярних схрещувань, в якій тестерами послужили лінії-носії мутації su₁. Окрім того, в досліджах було отримано всі можливі гібридні комбінації між лініями-носіями мутантних генів su₁ та sh₂.

Лінії та отримані на їх основі гібриди вивчалися на Синельниківській селекційно-дослідній станції Інституту зернового господарства УААН в 2006-2007 рр. Погодні умови вегетації кукурудзи протягом цих років характеризувалися значними відмінностями. Вегетаційний період 2006 року за сумою активних температур та кількістю опадів був сприятливим для вирощування кукурудзи (гідротермічний коефіцієнт=1,06). Навпаки, вегетаційний період 2007 р. відзначався високою сумою активних температур та недостатнім вологозабезпеченням (гідротермічний коефіцієнт=0,65). Польові дослідження виконувалися згідно загальноприйнятої методики польового експерименту [13] на фоні монокультури кукурудзи з урахуванням зональних особливостей її вирощування. Густану формували в фазі 4-5 листків з розрахунку 40 тис. рослин/га. Облікова площа ділянок становила 4,9 м², повторність польових дослідів- триразова. В якості стандартів було використано гібрид цукрової кукурудзи Сюрприз та зернової Дніпровський 181СВ.

Аналіз продуктивності та елементів її структури у ліній та тест-гібридів кукурудзи здійснювався за методикою Національного центру генетичних ресурсів рослин України [14].

Визначення вмісту основних фракцій вуглеводів в технічно стиглому зерні гібридів цукрової кукурудзи, отриманих внаслідок гібридизації ліній-носіїв мутації su₁ між собою та з лініями-носіями інших крохмаль-модифікуючих мутацій проводили в 2004-2005 рр. згідно

методики А.Р. Кизеля [15].

Статистичну обробку експериментальних результатів проводили за методикою П.П. Літуна та М.В. Проскурніна [16].

Результати показали, що гібриди цукрової кукурудзи, отримані внаслідок гібридизації ліній-носіїв мутації su_1 з лініями-носіями мутацій wx , su_2 та sh_2 за вуглеводним складом зерна технічної стиглості практично не відрізняються від гібридів, отриманих при гібридизації ліній-носіїв мутації su_1 між собою (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст основних фракцій вуглеводів в технічно стиглому зерні гібридів цукрової кукурудзи, отриманих внаслідок гібридизації ліній-носіїв мутації su_1 між собою та з лініями-носіями інших крохмаль-модифікуючих мутацій, середнє за 2004-2005 рр.

Типи гібридів	Вміст в зерні, % до абсолютно сухої речовини			
	моносахаридів	дисахаридів	декстринів	крохмалю
лінії su_1 / лінії su_1	4,1	15,6	24,2	28,1
лінії su_1 / лінії wx	3,9	14,9	23,4	28,7
лінії su_1 / лінії su_2	4,4	16,2	25,1	27,8
лінії su_1 / лінії sh_2	4,7	16,5	23,7	27,3
НІР _{0,05}	0,8	1,1	1,6	2,1

Результати дисперсійного аналізу свідчать про наявність суттєвих відмінностей між лініями та гібридами експериментального комплексу за продуктивністю та елементами її структури. Основними джерелами дисперсії за цими ознаками були ефекти генотипу, погодні умови вирощування і взаємодія генотип-погодні умови.

В більшості випадків дисперсії, викликані реакціями ліній та гібридів на погодні умови вирощування, переважали дисперсії, що були викликані генотиповими відмінностями. Поряд з цим, ефекти генотипу за кількістю рядів зерен на качані у гібридів та довжиною качана, висотою його прикріплення до стебла і довжиною зерна у ліній були більш суттєвими, ніж ефекти погодних умов вирощування.

Отримані результати показали, що лінії з тотожним аallelним станом кожного гену структури ендосперму дуже відмінні між собою за продуктивністю та елементами її структури, і в межах кожної групи ліній вдалося виділити кращі джерела цих ознак (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика інбредних ліній кукурудзи в фазі технічної стиглості,
2006-2007 рр.

Лінії	Генотип	Маса качана, г	Довжина качана, см	Рядів зерен, шт.	Зерен в качані, шт.	Діаметр качана, см	Довжина зерна, мм	Висота, см	
								рослин	прикріплення качана
КС209	su ₁	113,3	14,0	14,8	363	4,0	7,3	138	25
МС58	su ₁	126,4	13,4	13,0	328	4,3	8,5	121	25
КЦ7-1	su ₁	98,7	11,2	12,8	212	3,7	5,8	108	22
ВК37	wx	112,9	19,9	13,0	401	3,9	6,2	119	34
ВК69	wx	126,9	18,2	16,9	457	4,7	8,0	110	34
АС64	su ₂	112,2	17,7	16,6	455	4,1	8,0	118	36
АС28	su ₂	121,2	15,6	15,7	413	4,4	8,2	106	38
АС11	su ₂	101,0	15,6	12,6	386	3,9	7,0	135	54
ІЛS1-1	sh ₂	98,4	14,3	13,6	352	3,7	6,4	99	31
ІЛS3	sh ₂	104,4	14,8	13,2	282	4,3	8,9	129	38
ІЛS5-1	sh ₂	91,5	12,7	11,6	329	4,1	7,6	133	31
Середнє	-	109,7	15,2	13,9	362	4,1	7,4	120	33
НІР _{0,05}	-	5,2	1,5	2,2	39	0,2	0,8	4,9	2,9

Найбільшою масою качана відрізнялися лінії МС-58su₁, ВК-69wx та АС-28su₂, довжиною качана- ВК-37wx та ВК-69wx, кількістю рядів зерен і кількістю зерен в качані- ВК-69wx та АС-64su₂, діаметром качана- ВК-69wx та АС-28su₂, довжиною зерна- ІЛS3sh₂, висотою рослини- КС-209su₁, АС-11su₂ та ІЛS5-1sh₂, а висотою прикріплення головного качана- АС-11su₂.

Результати аналізу топ-кросних гібридів свідчать про суттєві відмінності ліній на основі тотожних мутацій за ефектами загальної (ЗКЗ) та специфічної (СКЗ) комбінаційної здатності відносно урожайності кондиційних качанів технічної стиглості (Табл.3)

Серед ліній на основі мутації su₁ найкращою комбінаційною здатністю відрізнялася лінія КС-209, серед ліній на основі мутації wx- ВК-37, а серед ліній на основі мутації su₂- АС-28. Загальна комбінаційна здатність ліній-носіїв мутації sh₂ дуже залежала від погодних умов вирощування, і надійних донорів підвищеної продуктивності у ліній цієї групи ідентифікувати не вдалося. Поряд з цим лінія ІЛS1-1

за обидва роки досліджень проявила високі ефекти специфічної комбінаційної здатності за продуктивністю.

Таблиця 3

Комбінаційна здатність ліній кукурудзи на основі різних ендоспермальних мутацій за врожайністю очищених качанів (т/га), 2006-2007 рр.

Тестери та лінії	Ефекти ЗКЗ (g_i)		Ефекти СКЗ ($\sigma^2 s_i$)	
	2006 р.	2007 р.	2006 р.	2007 р.
Тестери				
КС209	1,03	0,55	3,04	0,46
МС58	-0,23	0,17	1,34	0,18
КЦ7-1	-0,80	0,39	1,84	0,67
НІР _{0,05}	0,23	0,19	0,45	0,20
Лінії				
ВК37	1,25	0,73	1,22	0,27
ВК69	0,25	0,30	5,71	0,09
АС64	-1,26	0,07	0,03	0,53
АС11	0,03	0,50	4,13	0,17
АС28	0,92	1,25	3,54	0,32
ІІS1-1	-0,76	-1,17	2,49	2,59
ІІS3	0,63	-1,07	1,83	0,06
ІІS5-1	-1,06	0,60	2,64	0,61
НІР _{0,05}	0,44	0,37	0,72	0,56

Топ-кросні гібриди за участю ліній-носіїв мутації su_1 формували найнижчу по досліді середню врожайність (7,57 т/га), але і вони на 12,4% переважали середню врожайність стандарту – гібрида Сюрприз. Більш високу врожайність формували тест-гібриди ліній-носіїв мутації sh_2 – в середньому 8,19 т/га, що на 1,46 т/га вище від стандарту (Табл.4).

Серед топ-кросних гібридів від схрещувань ліній-носіїв мутацій su_1 та sh_2 виділилися комбінації за участю лінії ІІS3. Їх середня врожайність становила 8,50 т/га, що на 0,22 та 0,93 т/га перевищувало врожайність експериментальних гібридів цукрової кукурудзи і на 1,15-1,77 т/га рівень стандарту – гібрида Сюрприз.

Найбільш високу врожайність в досліді мали тест-гібриди за участю ліній ВК-69wx і ВК-37wx – 8,97 та 9,75 т/га, а також АС28 su_2 і АС11 su_2 – 9,41 та 9,42 т/га, що на 18,4-30,1% та на 24,3% відповідно вище від гібридів цукрової кукурудзи.

Таблиця 4

Врожайність качанів технічної стиглості (т/га)
 топ-кросних гібридів кукурудзи від схрещувань ліній-носіїв мутації
 su_1 між собою та з лініями на основі інших крохмаль-модифікуючих
 мутацій, 2006-2007 рр.

Лінії	Тестери						Середнє
	КС 209		МС 58		КЦ 7-1		
	2006 р.	2007 р.	2006 р.	2007 р.	2006 р.	2007 р.	
ВК37	11,40	8,40	10,40	7,83	13,83	6,65	9,75
ВК69	7,94	7,45	10,81	7,17	14,00	6,47	8,97
АС64	8,33	8,20	9,50	6,21	10,36	6,36	7,99
АС28	12,00	7,62	11,00	7,09	11,32	7,45	9,41
АС11	10,95	8,28	8,51	8,62	12,65	7,55	9,42
ІЛS1-1	7,31	4,95	10,95	5,10	11,30	7,13	7,79
ІЛS3	9,53	6,68	12,57	5,42	11,33	5,44	8,50
ІЛS5-1	11,47	7,46	9,35	6,39	8,33	5,03	8,01
КС-209	-	-	8,93	6,88	7,43	6,92	7,54
МС-58	-	-	-	-	8,81	6,43	7,62
Сюрприз (стандарт)	2006 рік - 7,45, 2007 рік - 6,00						6,73
Дніпровський 181 СВ (стандарт)	2006 рік-12,35, 2007 рік - 9,74						11,05
НІР _{0,05}	0,97						0,47

Найнижчу середню врожайність в досліді проявили тест-гібриди за участю лінії ІЛS 1-1 sh_2 , але навіть вони на 5,5 та 2,9% перевищували рівень ознаки у гібридів від схрещувань ліній-носіїв мутації su_1 і на 18,7 та 15,8% рівень цукрового стандарту.

Жодний з експериментальних тест-гібридів в середньому не перевершив рівня врожайності зернового стандарту – гібрида Дніпровський 181 СВ. В той же час в сприятливих погодних умовах 2006 року гібриди МС58хІЛS3, КЦ7-1хВК37, КЦ7-1хВК69 та КЦ7-1хАС11 переважали за врожайністю зерновий стандарт.

В більшості випадків гібридизація ліній з високою та середньою комбінаційною здатністю приводила до отримання більш врожайних гібридів, і за цією ознакою гібриди від схрещувань ліній-носіїв мутації su_1 з лініями-носіями мутацій wx , su_2 та sh_2 перевищували гібриди між лініями-носіями мутації su_1 . При цьому тест-гібриди за участю ліній

восковидної кукурудзи характеризувались більш високими рівнями врожайності, ніж тест-гібриди за участю ліній-носіїв мутацій su_2 та sh_2 .

В ході виконання дослідів було також проаналізовано ефекти гібридизації ліній-носіїв мутації su_1 з лініями-носіями інших крохмаль-модифікуючих мутацій за основними елементами структури продуктивності.

Найбільшою кількістю качанів на рослині відрізнялися гібриди, батьківськими компонентами яких були лінії-носії мутації su_1 (Табл.5).

Більше одного качана формували також тест-гібриди за участю лінії ВК37wx. До рівня стабільної однокачанності наближались також тест-гібриди ліній АС64wx та ІЛS3sh₂, в той час як у більшості проаналізованих гібридів було сформовано лише 0,91-0,97 качанів на рослині.

За масою качана виділились топ-кросні гібриди ліній ВК37wx, АС28su₂ та ІЛS3sh₂, у яких вона складала 181,6-188,3 г, що на 37,4-39,6% більше, ніж у стандарту Сюрприз та на 6,8% більше, ніж у кращих гібридів цукрової кукурудзи. Досить високий рівень ознаки проявили і тест-гібриди ліній ВК69wx, АС64su₂, АС11su₂ та ІЛS5-1sh₂.

Високу здатність до формування довгокачанності проявили лінії ВК37wx, ВК69wx, АС64su₂, АС11su₂, ІЛS1-1sh₂, ІЛS3sh₂, ІЛS5-1sh₂, причому лінії на основі мутацій wx та su_2 відрізнялися і добрими донорськими властивостями за цією ознакою. У ліній sh_2 не було виявлено довгокачанних форм, але їх комбінування з лініями-носіями мутації su_1 забезпечувало високий рівень довжини качана у гібридів. Тест-гібриди ліній на основі мутацій wx, su_2 та sh_2 за довжиною качана перевищували не тільки гібриди цукрової кукурудзи, але й зерновий стандарт.

Найбільш високим рівнем багаторядності відрізнялися тест-гібриди ліній АС64su₂ та АС28su₂, а найбільш висока озерненість качанів була властивою тест-кросам ліній ВК37wx, ВК69wx, АС64su₂, АС28su₂, ІЛS1-1sh₂ та ІЛS3sh₂. В більшості випадків експериментальні гібриди за цими ознаками перевищували цукровий стандарт, а кращі тест-гібриди і зерновий. Найбільший діаметр качана виявлено у тест-гібридів ліній ВК-69wx та АС-64su₂, а тест-гібриди лінії АС64su₂ відрізнялися ще й найбільшою довжиною зернівки.

В зоні недостатнього вологозабезпечення найбільшу висоту рослини проявили гібриди за участю ліній ВК37wx, АС64su₂, АС11su₂ та ІЛS5-1sh₂, а найбільшою висотою прикріплення головного качана відрізнялися тест-гібриди ліній ВК37wx та АС11su₂.

Таким чином, внаслідок проведених досліджень встановлено результативність використання гібридів від схрещувань ліній-носіїв мутації su_1 з лініями-носіями інших крохмаль-модифікуючих мутацій в селекції цукрової кукурудзи на продуктивність.

Таблиця 5

Морфо-біологічні ознаки тест-гібридів кукурудзи, одержаних від схрещування ліній-носіїв мутації su_1 з лініями на основі інших крохмаль-модифікуючих мутацій, середнє за 2006-2007 рр.

Тест-гібриди	Кількість качанів на рослині, шт	Маса качана, г	Довжина качана, см	Рядів зерен, шт	Зерен з качана, шт	Діаметр качана, см	Довжина зерна, мм	Висота, см	
								рослин	прикріплення качанів
за участю лінії ВК37	1,01	184,3	20,7	14,3	519	4,6	7,9	170	51
за участю лінії ВК69	0,93	177,3	19,7	15,5	563	4,8	8,3	154	44
за участю лінії АС64	0,99	173,4	19,6	17,1	588	4,8	9,2	163	44
за участю лінії АС28	0,96	188,3	18,9	16,3	568	4,7	8,6	144	40
за участю лінії АС11	0,95	168,1	19,3	13,6	488	4,3	7,8	174	53
за участю лінії ІІІS1-1	0,95	155,6	19,6	15,4	544	4,6	8,4	151	43
за участю лінії ІІІS3	0,99	181,6	19,2	15,1	535	4,3	7,6	156	40
за участю лінії ІІІS5-1	0,97	169,9	19,5	14,5	483	4,3	7,7	163	45
КС209хМС58	1,05	167,7	17,9	15,7	468	4,8	9,2	147	33
КС209хКЦ7-1	1,03	142,0	17,2	14,2	453	4,0	7,2	145	32
МС58хКЦ7-1	1,03	166,3	16,7	13,5	448	4,3	7,9	150	37
ІІІS1-1хІІІS3	0,92	179,4	17,9	13,9	461	4,3	9,0	154	38
ІІІS1-1хІІІS5-1	0,96	156,0	18,6	12,8	457	4,3	8,5	152	40
ІІІS3хІІІS5-1	0,91	150,4	17,1	12,9	411	4,2	6,8	150	41
Сюрприз (стандарт)	0,90	134,8	16,0	13,7	371	4,1	7,6	136	32
Дніпровський 181 СВ (стандарт)	1,12	184,6	17,8	15,3	551	4,4	7,6	184	52
НІР _{0,05}	0,03	10,0	0,5	0,4	10,9	0,1	0,5	5,1	3,5

Визначено, що лінії з тотожним аallelним станом генів структури ендосперму дуже відмінні між собою за продуктивністю та елементами її структури і комбінаційною здатністю за цими ознаками.

Ідентифіковано кращі джерела та донори ознак продуктивності і отримано серію практично цінних топ-кросних гібридів, які використовуються в селекційних програмах Інституту зернового господарства УААН та Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН.

Список використаних джерел

1. *Dumanovic J.* Specificni tipovi kukuruza / J. Dumanovic, Z. Pajic. – Beograd- Zemun: Institut za kukuruz "Zemun Polje", 1998. – 207 s.
2. *Gerdes J. T.* Diversity of historically important sweet corn inbreds as determined by RFLPs, morphology, isozymes and pedigrees / J. T. Gerdes, W. F. Tracy // *Crop Sci.* – 1994. – V. – P. 26- 30.
3. *Revilla P.* Heterotic patterns among open- pollinated sweet corn cultivars / P. Revilla, W. F. Tracy // *J.Amer.Soc.Hort. Sci.* – 1997. – V. 122. – P. 319-324.
4. *Tracy W. F.* Sweet corn / W. F. Tracy // *Specialty Corns*; A.R. Hallauer Ed.- Boca Raton,Fl.: CRC Press, 1994. – P. 147-187.
5. *Rubino D. W.* Performance of a sweet corn x tropical maize composite to mass selection for temperature- zone adaptation / D. W.Rubino, D. W. Davies // *J.Amer.Soc.Hortic Sci.* – 1990. – V. 115. – P. 848-853.
6. *Tracy W. F.* Potential of field corn germplasm for improvement of sweet corn / W. F. Tracy // *Crop Sci.* – 1990. – V. 30. – P. 1041-1045.
7. *Creech R. G.* Carbohydrate synthesis in maize / R. G. Creech // *Advan.Agron.* – 1968. – V. 20. – P. 275-322.
8. *Holder D. G.* Interaction of shrunken-2 and sugary-1 in dosage series in corn endosperm / D. G. Holder, D. V.Glover, J. C. Shannon // *Crop Sci.* – 1974. – V. 14. – P. 647-651.
9. *Campbell M. R.* Interaction of two sugary-1 alleles (and su1st) with sugary-2 (su2) on characteristics of maize starch / M. R. Campbell, D. V. Glover // *Starch/Staerke.* – 1996. – V. 48. № 11/12. – P. 391-395.
10. *Nelson O. E.* Starch synthesis in maize endosperm / O. E.Nelson, D. Pan // *Ann.Rev. Plant Physiol.Plant Mol.Biol.* – 1995. – V. 46. – P. 475-496.
11. Characterization of starch structure of 17 maize endosperm mutant genotypes with Oh43 inbred line background / Wang Y. J., White P., Pollak L., Jane J. // *Cereal Chem.* – 1993. – V.7 0. – P. 171-179.
- 12.*Hannah L. C.* Biotechnological modification for sweet corn and maize improvement / L. C. Hannah, M. Giroux, C. D. Boye. // *Sci. Hortic.* – 1993. – V. 55. – P. 177-197.

13. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. :Агропромиздат, 1985. – 351 с.
14. Методичні рекомендації польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи ; уклад. : [Гур'єва І. А., Рябчун В. К., Козубенко Л. В. та ін.]. – Х., 1993. – 29 с.
15. *Плешков Б. П.* Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. – М. :Колос, 1976. – 255 с.
16. *Литун П. П.* Генетика количественных признаков. Генетические скрещивания и генетический анализ / П. П. Литун, Н. В. Проскурнин. – К. :УМКВО, 1992. – 96 с.

Установлена возможность расширения полезного генетического разнообразия сахарной кукурузы путем гибридизации линий- носителей мутации su_1 с линиями- носителями других крахмал- модифицирующих мутаций. Выявлено, что линии с тождественным аллельным состоянием генов структуры эндосперма очень различаются между собой по продуктивности и элементам ее структуры, а также комбинационной способности по этим признакам. Идентифицированы лучшие источники и доноры признаков продуктивности и получена серия практически ценных топ-кроссных гибридов.

The possibility of expansion of the sweet corn's useful genetic diversity by means of hybridization between inbreds- carriers of mutation su_1 and the inbreds- carriers of other starch- modifying mutations was established. It has been determined that the inbreds with the identical allelic state of endosperm structures' genes very much differ for the productivity and the elements of its structure as well as the combining ability for these traits. The best sources and donors of productivity traits were identified and the series of practically valuable top crosses was obtained.