

## МОРФОБІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ ЗМІШАНОЇ ПЛАЗМИ В УМОВАХ СТЕПУ УКРАЇНИ

**В. Ю Черчель**, кандидат сільськогосподарських наук;

**О. Л. Гайдаш**

*ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України;*

**М. М. Таганцова**

*Український інститут експертизи сортів рослин*

*За основними селекційними ознаками наведена оцінка 11 ліній кукурудзи, включених до програм зі створення нового матеріалу методом інбридингу. Виявлено, що всі вони добре збалансовані за морфобіологічними показниками і цілком придатні для проведення наступних циклів періодичного добору. Всебічний аналіз даного матеріалу уможливив виявити лінії-стандарту при доборі на скоростиглість – ДК281 та комбінаційну здатність за врожайністю зерна – ДК285.*

**Ключові слова:** кукурудза, селекція, самозапилена лінія, тесткрос, морфобіологічні ознаки, комбінаційна здатність, періодичний добір.

Важливим джерелом нового вихідного матеріалу при гетерозисній селекції кукурудзи є комерційні гібриди, особливо інтродуковані з країн із високим рівнем селекційних робіт [1]. Інтрогресія генетичної плазми цих гібридів у селекційний матеріал досить активно використовувалась багатьма селекційними установами у 80–90-ті роки минулого століття [2]. Особливо це стосується компанії «Піонер» [3]. Зокрема, у 1999 р. в США серед зареєстрованих інбредних ліній кукурудзи 8,3 % з них отримані при самозапиленні комерційних гібридів саме цієї компанії [4]. Найпопулярнішим з поміж них виявився гібрид Р3737 [3]. Однак за використання для інбридингу таких зразків має місце низка обмежень, пов'язаних з тим, що кращі гібриди в основному базуються на генетично спорідненому матеріалі, а це створює певні труднощі при подальшому доборі альтернативних батьківських компонентів для гібридних комбінацій.

В Інституті сільського господарства степової зони наприкінці минулого століття досліджено значну кількість інтродукованих гібридів з різних країн світу (США, Франція, Німеччина, Румунія, Китай та ін.) [5]. Практично кожен з них розглядався як джерело для створення нового вихідного матеріалу. До того ж була сформована колекція ліній, які стали основою для селекційної програми з гетерозисної селекції, а також визначені нові гетерозисні моделі гібридів. За рахунок цих напрацювань вдалося значно розширити генофонд самозапилених ліній для гібридизації. Проте вихідний матеріал, селекція якого започаткована в інших природо-кліматичних умовах, як правило, сприятливих для вирощування кукурудзи, був недостатньо адаптований до умов зони ризикованого землеробства в Україні. Незважаючи на високі потенційні можливості таких гібридів, вони, як правило, погано переносять стресові умови в зоні Степу та Лісостепу, що в основному зумовлено їхньою низькою посухо- та жаростійкістю, а це в свою чергу призводить до значних коливань врожайності зерна, низької рентабельності насінництва і обмежує широке впровадження гібридів у виробництво.

З метою підвищення адаптивного потенціалу самозапилених ліній, синтезованих на базі гібридів закордонної селекції, ми відібрали 11 зразків (ДК209, ДК219, ДК221, ДК233, ДК265, ДК265-5, ДК281, ДК285, ДК314, ДК412, ДК951) для використання в програмах періодичного добору наступних циклів. Вказаний набір ліній за попередніми оцінками в основному належить до змішаної плазми (Айодент х BSSS) і добре комбінується зі зразками генетичної плазми Ланкастер та кременистими формами європейського походження. Як тести при оцінці комбінаційної здатності ліній використано сестринські гібриди Крос 267С та Крос 290С і материнські компоненти гібридів Подільський 274 СВ (ФАО 290) та Солонянський 298 СВ (ФАО 310), а також лінію ДК247МВ чоловічу форму гібрида Оржиця 237 МВ (ФАО 240). Ці гібриди слугували у досліді стандартами.

Польові дослідження проводились протягом 2011–2014 рр. у спеціальних селекційних сівозмінах в дослідному господарстві «Дніпро» Інституту сільського господарства степової зони. Фенологічні та біометричні дослідження здійснювали у контрольному та селекційному розсадниках. Облікова площа ділянок 5 м<sup>2</sup>, повторність триразова. Густота стояння – 60 тис. рослин/га. Агротехніка в досліді відповідала рекомендаціям, викладеним в «Методиці польових досліджень з кукурудзою» [6], «Методиці державного сорто випробування сільськогосподарських культур» [7]. Статистичну обробку польових даних проводили за методикою Г. Ф. Лакіна (1990), а оцінку загальної та специфічної комбінаційної здатності – в системі неповних тесткросів відповідно до методики Г. К. Дремлюка, В. Ф. Герасименко [8].

Метеорологічні умови в роки досліджень різко відрізнялися за вологозабезпеченістю та температурними показниками. Зокрема, 2012 р. характеризувався екстремальними посушливими умовами та вищою за норму на 4–5 °С температурою повітря протягом всього періоду вегетації кукурудзи. У 2013 р. кількість опадів переважала норму, а середні показники температури повітря коливались у межах багаторічних даних, з невеликими перевищеннями їх у 2–3-й декаді червня та 1-й декаді липня. Проте наприкінці вегетації через рясні, тривалі дощі та надмірно зволожений верхній шар ґрунту склалися малосприятливі умови для своєчасного збирання врожаю. В 2014 р. перша половина вегетації відзначалась сприятливими умовами для росту і розвитку кукурудзи, що зумовило формування значної вегетативної маси у рослин, а в другій її половині посушливі явища негативно вплинули на формування врожаю. Найбільш сприятливі погодні умови мали місце в 2011 р., що уможливило отримати досить високу врожайність зерна та максимально реалізувати морфологічні ознаки рослин. Загалом погодні умови в роки досліджень значно різнилися, тому оцінка дослідних зразків за різними морфобіологічними ознаками і продуктивністю була досить коректною.

Відповідно до класифікації УПОВ [9] всі дослідні лінії за показником висота рослин можна віднести до високих, оскільки в середньому за роки випробування їхня висота коливалась від 155,6 до 189,5 см. За період спостережень середнє максимальнє значення показника висота рослин становило 190,5 см у 2014 р., а мінімальнє – 156,9 см – в 2013 р. (табл. 1). Однак середні значення прояву цієї ознаки були в роки з більш диференційованими умовами, про що свідчать коефіцієнти варіювання – 8,39 % у 2011 р. та 8,47 % у 2012 р.

### 1. Висота рослин і висота прикріплення качана у лінії змішаної плазми, см

Лінія	Висота рослин, см				Висота прикріплення качана, см			
	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.
ДК209	147,0	166,0	142,0	167,5	40,0	56,5	32,0	58,5
ДК219	167,5	176,0	159,0	192,0	57,5	73,0	54,5	77,0
ДК221	158,0	136,5	149,0	185,5	50,5	58,0	47,5	66,5
ДК233	163,5	154,5	150,0	199,5	37,5	55,5	41,0	64,0
ДК265	197,0	192,0	161,5	207,5	68,0	83,0	58,5	78,0
ДК265-5	157,5	160,5	157,5	187,0	56,9	66,5	53,0	78,5
ДК281	176,0	171,5	165,5	201,5	52,5	59,0	50,0	70,0
ДК285	159,0	153,0	168,0	207,0	40,5	62,5	59,5	76,5
ДК314	155,9	161,5	158,0	185,5	37,5	47,5	31,0	51,5
ДК412	185,5	163,5	156,5	180,5	54,5	59,0	49,5	68,0
ДК951	160,0	152,5	159,0	181,5	50,0	57,5	50,5	56,5
Середнє	166,1	162,5	156,9	190,5	49,6	61,6	47,9	67,7
Коефіцієнт варіювання, %	8,39	8,47	4,55	6,21	18,79	14,82	19,05	13,2
Помилка*	9,37	9,25	4,8	7,95	6,27	6,14	6,14	6,01

\*Дані за помилкою середнього арифметичного представлені у вигляді  $mt_{0,05}$ , де  $m$  – помилка середнього арифметичного,  $t_{0,05}$  – коефіцієнт Ст'юдента за рівня значущості 0,05.

У цілому лінії значно різнилися між собою за висотою рослин, але незалежно від ро-

ків випробування характеризувались допустимими значеннями даного показника щодо впровадження їх у виробництво. В середньому найбільшою висотою вирізнялись лінії ДК265 (189,5 см) та ДК281 (178,6 см), а мінімальною – ДК209 (155,6 см) та ДК221 (157,3 см). Найбільш варіабельним в різних умовах вивчення цей показник був у ліній ДК285 ( $V = 12,25\%$ ) та ДК233 ( $V = 11,66\%$ ).

Висота прикріплення качана значною мірою визначає придатність ліній до механізованого збирання та стійкість рослин до вилягання, до того ж цей показник тісно пов'язаний з висотою рослин. За різними даними нижня межа оптимальної висоти прикріплення качана варіює від 30 до 50 см [10, 11, 12, 13, 14]. Більш низьке закладення качана призводить не тільки до втрат врожаю при збиранні, але й до затримки дозрівання та висихання зерна, посилення ураження його хворобами і пошкодження шкідниками. Деякі автори вважають [14], що в сучасній селекції значення цього показника втратило актуальність, оскільки складно уявити гібрид з кріпленням качана менше 40 см від поверхні ґрунту, але для ліній відповідна проблема існує і може проявлятися як втрата врожайних якостей при використанні їх у насінництві простих гібридів.

За даними наших досліджень, у середньому висота прикріплення качана у ліній становила  $56,7 \pm 5,6$  см з коливаннями за роками від 47,9 до 67,7 см. Отже, проблеми, пов'язані з висотою прикріплення качана, були відсутні, але у ліній ДК314, ДК233 та ДК209 в окремі роки цей показник набував значень менших за 40 см. Слід відмітити, що варіабельність ознаки «висота прикріплення качана» значніша, ніж ознаки «висота рослини». Серед ліній найбільшими коливаннями цього показника за роками характеризувались саме ці зразки – коефіцієнт варіювання у них становив 19,3; 21,7 та 23,8 % відповідно.

Отже, біометричні показники ліній в основному відповідають вимогам виробництва, що вказує на можливість їх використання як батьківських компонентів скоростиглих гібридів.

Для визначення скоростиглості зразків було проаналізовано тривалість періоду «сходи – цвітіння 50% качанів», адже з цим показником тісно пов'язана тривалість вегетації рослин. Так, у ліній виявлено незначні розбіжності за цим показником. У середньому тривалість періоду «сходи – цвітіння 50% качанів» у них становила  $56,1 \pm 1,36$  доби при коливанні за роками 53,4–57,1 доби (табл. 2). Мінімальні значення варіювання ознаки у ліній відмічено в 2011 та 2012 рр. (3,5 та 4,0 доби), а максимальні у 2013 та 2014 рр. – (9,0 і 12,0 доби) відповідно. При розгляді конкретних ліній виявлено зразки з мінімальними середніми значеннями тривалості періоду «сходи – цвітіння 50 % качанів»: ДК281 (53,8 доби); ДК314 (54,4 доби) і ДК233 (54,5 доби). Максимальні значення цей показник мав у ліній: ДК285 і ДК412 – відповідно 60,0 та 60,1 доби. Слід зазначити, що лінія ДК285 виявилась найбільш стабільною за тривалістю першої половини вегетації, на що вказує коефіцієнт варіювання за роками ( $V = 1,17\%$ ), тимчасом як у найбільш скоростиглої лінії ДК281 він був на рівні 5,32 %.

Отже, лінії значно відрізняються за скоростиглістю, але в окремі роки, особливо при стрімкому підвищенні температури повітря та посушливих явищах на початку вегетації, ця різниця дещо нівелювалася. Серед ліній були 3 зразки, які занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні. Лінія ДК281 (ДК281СВ зареєстрована у 2014 р під № 10004158.) є батьківським компонентом гібридів: ДН Гарант (ФАО 200) та ДН Патріот (ФАО 190). Лінія ДК233 (ДК233зМ СВ зареєстрована у 2009 р. під № 09004246) є батьківським компонентом гібрида Оржиця 237 МВ (ФАО 230), а її аналог – відновлювачем стерильності ДК233МВСВ (№ 10004159) – батьківська форма гібрида ДН Злата (ФАО 230). Лінія ДК285 (ДК2853МСВ зареєстрована у 2014 р. під № 10004165) є материнською формою гібридів ДН Гетера (ФАО 420) і ДН Славиця (ФАО 270). Практичне використання цих зразків показує коректність їхньої оцінки у досліді. Лінія ДК281 використовується переважно для створення ранньостиглих гібридів ФАО 180–200, хоча сама занесена до середньоранніх генотипів ФАО 210. Лінія ДК233 (ФАО 230) включена до програми селекції середньоранніх гібридів ФАО 230–260, а лінія ДК285 (ФАО 400) широко використовується при створенні гібридів у межах ФАО від 270 до 420. Виходячи з наведеного аналізу, доцільно

лінії ДК281 та ДК285 в подальшому використовувати як стандарти при оцінці скоростиглості та залучати до роботи при виконанні програм з періодичної селекції.

## 2. Тривалість періоду «сходи – цвітіння 50 % качанів» у ліній змішаної плазми, діб

Лінія	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	Середнє
ДК209	57	57	58	50	55,4
ДК219	57	57	58	53	56,3
ДК221	57	57	55	51	54,9
ДК233	57	57	53	51	54,5
ДК265	56	56	59	55	56,4
ДК265-5	56	56	57	53	55,5
ДК281	56	56	54	49	53,8
ДК285	60	59	61	60	60,0
ДК314	56	56	55	51	54,4
ДК412	59	59	62	61	60,1
ДК951	57	57	56	53	55,8
Середнє	57,1	56,8	57,1	53,4	56,1
Коефіцієнт варіювання, %	2,17	1,89	4,75	6,98	3,61
Помилка*	0,83	0,72	1,82	2,5	1,36

\*Дані за помилкою середнього арифметичного представлені у вигляді  $mt_{0,05}$ , де  $m$  – помилка середнього арифметичного,  $t_{0,05}$  – коефіцієнт Ст'юдента за рівня значущості 0,05.

Основною оцінкою самозапилених ліній кукурудзи при гетерозисній селекції є визначення їхньої комбінаційної здатності. Для цього у наших дослідженнях лінії схрещували з 3-ма вищевказаними тестерами. Отримані тесткриси вивчались протягом 2012–2014 р. (табл. 3).

## 3. Параметри варіювання врожайності зерна тесткросів, створених на базі ліній змішаної плазми, т/га

Параметр	2012 р.	2013 р.	2014 р.
Середнє	1,96 ± 0,15	8,13 ± 0,32	5,04 ± 0,37
Коефіцієнт варіювання, %	20,1	10,8	19,5
Ліміти	1,15 ÷ 2,67	5,96 ÷ 9,47	3,01 ÷ 6,73
Оржиця 237 МВ	1,88	7,31	4,46
Подільський 274 СВ	1,70	6,80	5,65
Солонянський 298 СВ	1,54	8,97	4,59

Погодні умови в роки досліджень були надзвичайно неоднорідними, що відобразилось на рівні продуктивності тесткросів. У стресовому 2012 р. середньопопуляційна врожайність становила лише 1,96 ± 0,15 т/га, а у відносно сприятливому 2013 р. – 8,13 ± 0,32 т/га. В 2014 р. також мали місце посушливі явища, особливо в другій половині вегетації, що призвело до загального зниження врожайності зерна (5,04 ± 0,37 т/га). Проте за диференційною здатністю кращими виявились саме стресові роки. Зокрема, у 2012 р. та 2014 р. коефіцієнт варіювання врожайності становив 20,1 та 19,5 % відповідно, а в сприятливому 2013 р. практично був в 2 рази меншим – 10,8 %. Тобто такі різноманітні умови добре сприяють повноцінній оцінці ліній і уможливають виявити різні типи їхньої стійкості до стресових умов.

Показником ефективності добору ліній є перевага середньопопуляційної врожайності зерна їхніх тесткросів над стандартами, враховуючи, що експериментальні гібриди створювались за подібною гетерозисною моделлю. У стресовий 2012 р. середня популяційна за дослідом була вищою за стандарти, а в 2013 р. та 2014 р. такі гібриди, як Солонянський 298 СВ та Подільський 274 СВ, поперемінно переважали один одного. Отже, рівень комбінаційної

здатності дослідних зразків виявився достатньо високим.

При аналізі параметрів комбінаційної здатності лінії за рівнем прояву ефектів ЗКЗ вдалося розподілити на 3 класи. До першого класу були занесені лінії з позитивними ефектами та достовірною відмінністю від 0; відповідно до третього класу увійшли зразки із протилежними значеннями ефектів, другий клас складався з ліній, ефекти ЗКЗ яких достовірно не відрізнялись від 0.

Згідно з прийнятим розподілом не виявлено ліній, які б в усі роки досліджень були зараховані до першого класу (табл. 4). Так, лінії ДК221 та ДК951 стабільно входили до третього класу. Стабільно позитивними оцінками ефектів ЗКЗ в усі роки випробувань характеризувались лінії ДК314 та ДК412, але першу з них у надзвичайно стресовий 2012 р. зарахували до другого класу, а іншу – до цього ж класу, однак в сприятливий 2013 р.

#### 4. Оцінка ліній змішаної плазми по параметрах комбінаційної здатності за врожайністю зерна

Лінія	2012 р.			2013 р.			2014 р.		
	ЗКЗ*	клас	СКЗ**	ЗКЗ	клас	СКЗ	ЗКЗ	клас	СКЗ
ДК209	0,36	1	0,13	0,24	1	0,60	-0,69	3	0,92
ДК219	0,11	2	0,09	-0,16	2	0,07	-0,14	2	0,04
ДК221	-0,19	3	0,23	-0,47	3	2,09	-0,23	3	0,01
ДК233	0,14	2	0,06	-0,78	3	4,35	0,09	2	0,69
ДК265	-0,09	2	0,08	1,02	1	0,05	-0,06	2	2,31
ДК265-5	-0,36	3	0,00	-0,13	2	1,47	0,35	1	1,73
ДК281	0,21	1	0,19	-0,44	3	0,03	0,21	1	1,47
ДК285	-0,12	2	0,09	0,71	1	0,01	0,76	1	0,56
ДК314	0,12	2	0,30	0,34	1	0,14	0,46	1	0,17
ДК412	0,32	1	0,41	0,08	2	0,28	0,49	1	0,73
ДК951	-0,43	3	0,25	-0,65	3	0,47	-1,77	3	0,03
НІР0,05	0,16	-	-	0,16	-	-	0,18	-	-

\* Загальна комбінаційна здатність. \*\* Варіанса специфічної комбінаційної здатності. Сума ефектів ЗКЗ не дорівнює 0, оскільки розрахунки проведені в системі неповних тесткросів.

Лінія ДК265 відзначалась інтенсивним типом реакції на умови середовища. Зокрема у сприятливий 2013 р. вона посідала перше місце серед всього набору ліній з ефектом ЗКЗ 1,02 і низькою варіансою СКЗ – 0,05, але в стресові роки мала середнє значення першого показника.

#### 5. Кількість інбредних ліній, отриманих на основі ліній змішаної плазми в першому циклі періодичного добору (шт.)

Вихідна лінія	Кількість ліній S7-S8
ДК209	10
ДК219	7
ДК221	8
ДК233	17
ДК265	7
ДК265-5	11
ДК281	27
ДК285	32
ДК314	30
ДК951	4
ДК412	-

Окремо необхідно відмітити лінії ДК285 і ДК281. Високі показники ефектів ЗКЗ перша лінія проявляла у сприятливий 2013 р. та менш сприятливий 2014 р. – відповідно 0,71 та 0,76 і лише в стресовий 2012 р. вона характеризувалась середньою оцінкою (-0,12). Інша лінія виявила високе значення ефектів ЗКЗ у 2012 та 2014 рр., але низьке в сприятливий

2013 р. Можливо ці її особливості пов'язані зі скоростиглістю, оскільки вона потенційно не може конкурувати з більш пізньостиглими генотипами, і, навпаки, з пізньостиглою лінією ДК285, якій у надзвичайно посушливий рік не вистачило ресурсів для формування врожаю.

Виходячи з морфобіологічної оцінки 11 ліній, логічним є результат з використанням цих зразків при селекції нового вихідного матеріалу в першому циклі періодичної селекції (див. табл. 5). Виділено 3 вихідні лінії: ДК285, ДК314 та ДК281, на базі яких отримано найбільшу кількість нових інбредних ліній (32, 30 та 27 відповідно). Незважаючи на позитивні оцінки за комбінаційною здатністю, використання лінії ДК412 як джерела для одержання нового матеріалу виявилось проблематичним. Логічним треба вважати результат створення та добір нових біотипів на основі ліній з низькою комбінаційною здатністю – ДК221 та ДК951.

Отже, за результатами комплексної оцінки серед 11 досліджених ліній, використаних у програмі періодичного добору, слід виділити середньоранні лінії ДК281 та ДК314 як джерела високої комбінаційної здатності за врожайністю зерна та скоростиглості, а також середньопізню лінію ДК285 як джерело стабільно високої комбінаційної здатності. Для наступних циклів селекції доцільно за стандарт скоростиглості брати лінію ДК281, а комбінаційної здатності – ДК285. Різнобічна оцінка за морфобіологічними показниками вихідних ліній вказує на доцільність попереднього ретельного добору компонентів для залучення до програм зі створення нових самозапилених ліній в посушливих умовах.

### Бібліографічний список

1. Домашнев П. П. Селекция кукурузы: [монография] / П. П. Домашнев, Б. В. Дзюбецкий, В. И. Костюченко. – М.: Агропромиздат, 1992. – 208 с.
2. Mikel M. A. Genetic diversity and improvement of contemporary proprietary North American dent corn / M. A. Mikel // Crop Science. – 2008. – Vol. 48, № 4. – P. 1686–1695.
3. Mikel M. A. Genetic composition of contemporary U.S. commercial dent corn germplasm / M. A. Mikel // Crop Science. – 2011. – Vol. 51, № 2. – P. 592–599.
4. Genetik Handbook. 26<sup>th</sup> Edition. Corn. MBS, Ins, Story City, Iowa. – 1999. – 62 p.
5. Дзюбецький Б. В. Селекція кукурудзи / Б. В. Дзюбецький, В. Ю. Черчель, С. П. Антонюк // Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. – К., 2001. – С. 571–589. – (Т. 2).
6. Методические рекомендации по проведению опытов с кукурузой / ВНИИ кукурузы. – Днепропетровск, 1980. – 54 с.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1971. – 239 с.
8. Дремлюк Г. К. Приёмы анализа комбинационной способности ЭВМ-программы для нерегулярных скрещиваний / Г. К. Дремлюк, В. Ф. Герасименко. – Агропромиздат, 1991. – 1992. – 144 с.
9. Методика проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС) (зернові і круп'яні культури) / Редкол.: В. В. Волкодав (голова) [та ін.]. – К.: Держекспертсорт, 2000. – 102 с.
10. Чучмий И. П. Генетические основы и методы селекции скороспелых гибридов кукурузы / И. П. Чучмий, В. В. Моргун. – К.: Наук. думка, 1990. – 284 с.
11. Козубенко Л. В. Селекция кукурузы на раннеспелость / Л. В. Козубенко, И. А. Гурьева. – Х., 2000. – 239 с.
12. Гаврилюк В. Н. Селекция и семеноводство раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы / В. Н. Гаврилюк. – К.: Аграр. наука, 1998. – 303 с.
13. Мазур О. В. Селекційний матеріал для створення гібридів кукурудзи, придатних до механізованого обмолоту: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / О. В. Мазур. – К., 2005. – 207 с.
14. Гудзь Ю. В. Принципы и методы селекции на адаптивность к условиям орошения южной Степи Украины: автореф. дис. на соискание ученой степени доктора с.-х. наук / Ю. В. Гудзь. – Днепропетровск, 1996. – 34 с.