

ОЦІНКА МОРФОБІОЛОГІЧНИХ ОЗНАК І ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ПОДВОЄНИХ ГАПЛОЇДІВ КУКУРУДЗИ ПЛАЗМИ ЛАНКАСТЕР

В. Ю. Черчель, кандидат сільськогосподарських наук;

Е. М. Рябченко, О. П. Рябченко

Інститут сільського господарства степової зони НААН України

Розглянуті перспективи використання подвоєних гаплоїдів кукурудзи в селекційній практиці. Виявлено, що за врожайністю зерна та іншими морфобіологічними ознаками подвоєні гаплоїди не поступаються вихідним лініям. Для подальшої роботи запропоновані зразки Дга 6016, Дга 6014, Дга 6025, Дга 6021.

Ключові слова: кукурудза, селекція, подвоєні гаплоїди, врожайність зерна, адаптивна здатність.

Селекція на гетерозис передбачає створення однорідних, вирівняних за всіма ознаками ліній, які отримують після 6–7 генерацій самозапилення рослин гетерогенних популяцій. Синтез нових інбредних генотипів завжди пов'язаний з необхідністю підвищення толерантності матеріалу до самозапилення та поступовим еволюційним нівелюванням індухт-депресії, яка особливо на початку практичного використання ефекту гетерозису часто викликала летальні мутації [1]. Щоб зменшити негативний вплив самозапилення, селекціонери використовували багато методів для зниження депресії (перезапилення сібсів, повільний інбридинг та ін.), але внаслідок цього подовжувався період створення ліній. До того ж тривалий інбридинг не забезпечує абсолютної гомозиготності матеріалу; дослідники не завжди цього досягали, вважаючи, що незначна частка гетерогенності в лінійній популяції забезпечує кращу адаптивну здатність та підвищує врожайність інбредних ліній [2]. Ефективне впровадження в селекційну практику методу гаплоїдії шляхом генетичного маркірування, дає можливість отримувати форми з 100%-ною гомозиготністю, тобто синтезувати практично новий селекційний об'єкт – подвоєні гаплоїди. Ймовірно, без попередніх багаторічних досліджень з інбридингу кукурудзи перспективи створення селекційно-цінних подвоєних гаплоїдів були б незначними. В зв'язку з впровадженням таких форм в гетерозисну селекцію кукурудзи важливо визначити як абсолютна гомозиготність впливає на врожайність зерна та адаптивну стійкість ліній, оскільки в майбутньому ці зразки будуть використані як батьківські компоненти гібридів в промисловому насінництві.

З метою вивчення впливу генотипу подвоєних гаплоїдів на врожайність зерна та її стабільність були проведені дослідження за цією ознакою і порівняння з вихідними формами в 2009–2011 рр. на базі дослідного господарства «Дніпро» Інституту сільського господарства степової зони. У дослідженнях використані лінії плазми Ланкастер: 4 вихідні зразки-стандарти (ДК267, ДК633/266, ДК296, ДК633), створені стандартним методом селекції, та 27 подвоєних гаплоїдів. Дослід був закладений по типу контрольного розсадника з площею ділянок 5 м² в триразовій повторності. Густота стояння 60 тис. рослин/га. Збирання врожаю проводили в першій декаді жовтня спеціальним селекційним комбайном «Неге», з прямим обмолотом та одночасним зважуванням. Вологість зерна визначали за допомогою вологоміра. Протягом вегетації здійснювали фенологічні спостереження та біометричні вимірювання, визначали стійкість рослин до шкідників і хвороб. Статистичну обробку даних проводили згідно з методикою [3]. Параметри адаптивності визначали за методикою оцінки адаптивної здатності Кільчевського і Хотильової [4].

Погодні умови вегетаційних періодів 2009–2011 рр. характеризувались значними відхиленнями від середньобагаторічних показників в літні місяці та посушливими явищами. Так, у 2009 р. температура повітря у червні та липні була вищою за норму на 3,04 та 2,63°C відповідно, а в 2010 р. перевищення норми в літній сезон становило 3; 3,47; 5,37°C за місяцями, до того ж, цього року в деякі дні було перевищення історичного максимуму. В 2011 р. найбільш жарким був липень (2,5°C більше від норми). Опади за роки досліджень розподі-

лялись нерівномірно, у травні і вересні 2009 р. вони були вищими за середньобагаторічні показники, а в червні і серпні – менші майже в 3 рази, що й призвело до формування низького врожаю. У 2010 р. опади розподілялись більш рівномірно, проте у серпні спека і дефіцит опадів в цілому зумовили зниження врожаю зерна кукурудзи. За впливом стресових умов, наслідком яких було значне варіювання врожаю зерна ліній кукурудзи, роки можна розподілити на сприятливий – 2011 р., середній – 2010 р. та стресовий 2009 р.

1. Морфобіологічні ознаки вихідних ліній та параметри їх варіювання у подвоєних гаплоїдів (2009–2011 рр.)

Вихідні лінії (середнє подвоєних гаплоїдів)	Період сходи – цвітіння качанів, дів	Висота рослин, см	Висота прикріплення качана, см
ДК267	53	168,6	49,7
ДК633/266	55,3	167,7	55,5
ДК296	51,6	133,5	45,5
ДК633	60	174,1	60,6
Середнє	54,0 ± 0,47	145,4 ± 2,34	46,8 ± 1,13
Ліміти	49–58	124–168,4	34,8–59,8
Коефіцієнт варіювання, %	4,45	8,5	12,6

Отже, різноманітність погодних умов у роки досліджень дала можливість достатньо повно визначити реакцію подвоєних гаплоїдів за основними господарсько-цінними ознаками.

Попередніми дослідженнями виявлено, що найбільш зручні в роботі з генетичного маркування – форми споріднені з плазмою Ланкастер [5], тому найшвидше в Інституті сільськогосподарства степової зони була сформована колекція подвоєних гаплоїдів з участю генотипів цієї групи. Гібридні популяції, залучені до генетичного маркування, були створені на базі елітних середньоранніх ліній ДК 267, ДК 296 та середньостиглої ДК 633/266. Дві останні лінії походять від середньопізньої лінії ДК 633.

2. Врожайність і вологість зерна вихідних ліній і подвоєних гаплоїдів

Лінія	2009 р.		2010 р.		2011 р.		середнє		
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	Ранг
ДК267	1,40	15,7	2,35	15,9	4,05	14,2	2,60	15,3	15
ДК633/266	2,46	20,8	2,57	15,1	2,33	16,4	2,45	17,4	18
ДК296	2,36	17,8	3,6	15,6	4,62	14,8	3,52	16,1	5
ДК633	0,80	26,1	1,76	15,9	3,19	19,3	1,92	20,4	23
Дга 6001	2,21	18,5	2,74	16	3,81	15,4	2,92	16,6	12
Дга 6002	0,95	28,6	2,49	15,4	3,76	16,4	2,40	20,1	19
Дга 6003	2,21	18,4	3,36	14,9	4,08	17,0	3,22	16,8	9
Дга 6004	0,35	23,9	1,37	15,9	0,90	16,3	0,87	18,7	31
Дга 6005	2,86	16,1	1,52	14,9	3,16	15,0	2,52	15,3	17
Дга 6006	0,41	24,9	1,38	14,4	2,49	19,7	1,43	19,7	30
Дга 6007	1,61	17,1	2,78	14,5	3,72	14,3	2,70	15,3	14
Дга 6008	2,24	18,9	3,33	14,2	3,33	15,3	2,97	16,1	11
Дга 6009	0,64	17,5	2,39	14,4	4,65	14,3	2,56	15,4	16
Дга 6010	1,73	17,4	3,1	15	4,57	14,5	3,13	15,7	10
Дга 6011	2,06	19,6	1,9	15,6	1,99	17,1	1,98	17,5	21
Дга 6012	1,21	15,2	1,49	16,3	2,46	14,4	1,72	15,3	28
Дга 6013	1,94	19,3	2,93	16,1	4,99	14,8	3,29	16,7	7
Дга 6014	2,29	17,8	3,73	15,6	5,44	14,5	3,82	16,0	2
Дга 6015	0,68	19,8	1,04	15,9	2,68	14,7	1,47	16,8	29
Дга 6016	3,43	16,4	4,02	15	4,54	15,1	4,00	15,5	1
Дга 6017	0,73	20,9	2,16	15,2	2,86	20,8	1,92	19,0	24

Дга 6018	2,31	17,2	2,68	15,5	5,41	14,6	3,47	15,8	6
Дга 6019	1,86	20,2	2,7	14,9	4,02	17,6	2,86	17,6	13
Дга 6020	1,32	19,4	2,67	15,9	1,49	16,1	1,83	17,1	26
Дга 6021	1,60	18	3,24	14,7	6,01	14,8	3,62	15,8	4
Дга 6022	1,39	18,5	1,78	14,7	2,33	13,6	1,83	15,6	25
Дга 6023	1,59	17,9	1,91	15,3	1,93	15,3	1,81	16,2	27
Дга 6024	0,65	16,3	2,94	15,7	3,21	13,8	2,27	15,3	20
Дга 6025	2,36	17,6	3,56	15,1	5,01	13,8	3,64	15,5	3
Дга 6026	2,52	16,5	2,18	14,8	5,02	13,6	3,24	15,0	8
Дга 6027	1,15	17,5	2,41	16,3	2,25	14,1	1,94	16,0	22
Середнє***	1,64	18,9	2,51	15,3	3,56	15,4	2,57	16,5	-

* Врожайність зерна, т/га. ** Вологість зерна, %. *** Середнє по подвоєних гаплоїдах.

Аналіз тривалості періоду сходи – цвітіння качанів виявив, що розмах варіювання в подвоєних гаплоїдів був достатньо широкий і коливався від 49 до 58 діб, тобто вибірка представлена формами від ранньостиглої групи стиглості до практично середньопізньої (див. табл. 1). Порівняно з лінією ДК 296 (51,6 діб) три генотипи: Дга 6005, Дга 6009, Дга 6010 (49,6–50,0 діб) цвіли раніше на чотири доби, а Дга 6008, Дга 6018, Дга 6019 і Дга 6021 (51,6–52,0 доби) були на рівні стандарту. Найбільш тривалим цей період був у Дга 6002, Дга 6006, Дга 6016 (57,6–58,3 діб), але меншим, ніж у середньопізнього стандарту ДК 633 (60 діб). Щодо вологості зерна при збиранні, то найвищі показники були у Дга 6002, Дга 6006, Дга 6004, Дга 6017 (19,0–20,1 %), але вони поступалися значенням лінії ДК633 (20,4%) (див. табл. 2). Отже, робоча колекція подвоєних гаплоїдів плазми Ланкастер представлена різноманітними генотипами за тривалістю вегетаційного періоду. Крім цього, зберігалася висока концентрація скоростиглих форм за рахунок попередніх циклів селекції цього матеріалу стандартним методом. Слід відмітити, що коефіцієнти кореляції між врожайністю зерна подвоєних гаплоїдів і тривалістю періоду сходи – цвітіння качанів та вологістю зерна при збиранні мали середнє від’ємне значення (відповідно -0,347 та -0,466).

3. Параметри стабільності врожайності зерна у вихідних ліній і подвоєних гаплоїдів, т/га

Лінія	Врожай зерна	Ефекти ЗАЗ	Варіанса САЗ	Відносна стабільність	bi	СЦГ	Ранг
ДК267	2,60	0,02	1,80	51,52	1,40	0,98	15
ДК633/266	2,45	-0,13	0,01	3,10	0,07	2,36	18
ДК296	3,52	0,95	1,28	32,05	1,18	2,16	5
ДК633	1,92	-0,66	1,43	62,40	1,26	0,47	23
Дга 6001	2,92	0,34	0,65	27,70	0,85	1,94	12
Дга 6002	2,40	-0,18	1,97	58,46	1,47	0,71	19
Дга 6003	3,22	0,64	0,89	29,28	0,98	2,08	9
Дга 6004	0,87	-1,71	0,25	56,97	0,26	0,27	31
Дга 6005	2,52	-0,06	0,76	34,59	0,21	1,47	17
Дга 6006	1,43	-1,15	1,07	72,60	1,09	0,18	30
Дга 6007	2,70	0,13	1,12	39,08	1,11	1,43	14
Дга 6008	2,97	0,39	0,38	20,88	0,55	2,22	11
Дга 6009	2,56	-0,02	4,03	78,45	2,11	0,14	16
Дга 6010	3,13	0,56	2,01	45,27	1,49	1,42	10
Дга 6011	1,98	-0,59	0,00	0,00	0,03	1,98	21
Дга 6012	1,72	-0,86	0,42	37,57	0,66	0,94	28
Дга 6013	3,29	0,71	2,41	47,23	1,62	1,41	7
Дга 6014	3,82	1,24	2,47	41,12	1,65	1,92	2
Дга 6015	1,47	-1,11	1,12	72,10	1,07	0,19	29
Дга 6016	4,00	1,42	0,30	13,62	0,58	3,34	1
Дга 6017	1,92	-0,66	1,17	56,29	1,10	0,61	24
Дга 6018	3,47	0,89	2,85	48,64	1,66	1,43	6

Дга 6019	2,86	0,28	1,18	37,91	1,14	1,55	13
Дга 6020	1,83	-0,75	0,53	39,92	0,05	0,95	26
Дга 6021	3,62	1,04	4,97	61,64	2,33	0,93	4
Дга 6022	1,83	-0,74	0,21	25,23	0,50	1,28	25
Дга 6023	1,81	-0,77	0,03	9,23	0,18	1,61	27
Дга 6024	2,27	-0,31	1,97	61,92	1,31	0,57	20
Дга 6025	3,64	1,07	1,75	36,33	1,39	2,05	3
Дга 6026	3,24	0,66	2,40	47,79	1,36	1,37	8
Дга 6027	1,94	-0,64	0,46	35,05	0,55	1,12	22

НІР_{0,05}

0,13

0,16

0,19

Рослини вихідних ліній в основному були вищі від рослин подвоєних гаплоїдів, крім лінії ДК 296 (133,5 см), яка мала нижчі показники за середньопопуляційні (145,4 см). Найбільший прояв ознаки «висота рослин» у генотипів Дга 6009 (168,4 см) і Дга 6010 (167,3 см), а мінімальний – у Дга 6023 (124,0 см), Дга 6022 (126,0 см) і Дга 6007 (127,3 см). Тенденція до зниження висоти рослин подвоєних гаплоїдів може проявлятися в зв'язку з абсолютною гомозиготністю, проте цей показник не впливав на рівень врожайності зерна, про що свідчить коефіцієнт кореляції -0,132. Висота прикріплення качана у подвоєних гаплоїдів в основному переважала 40 см і тільки у Дга 6008 дорівнювала мінімальному значенню – 34,8 см. Максимальна висота прикріплення качана відмічена у Дга 6003 – 59,8 см. Слід зазначити, що показник «співвідношення висоти прикріплення верхнього качана до висоти рослини» у форм, що підлягали дослідженню, мав дуже низькі значення і коливався в межах 0,25–0,38 см, що одночасно вказує на стійкість рослин до вилягання.

Врожайність зерна подвоєних гаплоїдів значно варіювала залежно від року: у 2009 р. вона характеризувалася мінімальними значеннями – $1,64 \pm 0,15$ т/га, а в 2011 р. – максимальними – $3,56 \pm 0,25$ т/га. Незважаючи на досить велику різницю середніх популяційних значень врожайності зерна, поліморфізм середовища був досить близьким в такі контрастні роки. Проте у стресовий 2009 р. відносна диференціююча здатність середовища (ДЗС) була більшою (46,42%), ніж у сприятливий 2011 р. (36,04%), а 2010 р. характеризувався мінімальним значенням ДЗС (30,23%). Крім того, чітко простежувався ефект компенсації/дестабілізації, оскільки ранги величини варіанси взаємодії генотип x середовище не співпадали з відносною ДЗС у 2009 і 2011 рр. – 0,30 і 0,45 відповідно, але відносна ДЗС характеризувалась достатньо високими показниками впродовж всіх років проведення дослідів, імовірно, через відсутність попереднього добору серед подвоєних гаплоїдів.

Серед досліджених зразків 4 форми в середньому за роками мали врожайність зерна вищу за краший стандарт (лінію ДК296) – це Дга 6016 (4,00 т/га), Дга 6014 (3,82 т/га), Дга 6025 (3,64 т/га), Дга 6021 (3,62 т/га), хоча відзначалися різною чутливістю до зміни умов вирощування (див. табл. 3). Так, з них 3 останні генотипи належать до інтенсивного типу (b_i – 1,65; 1,39 та 2,33 відповідно), а Дга 6016 – до гомеостатичного (b_i – 0,58). У цілому всі генотипи можливо чітко розподілити на гомеостатичні (10 зразків) та інтенсивні (11 зразків), середньопластичні були в меншій кількості (6 зразків). Вихідні лінії також характеризувались різною реакцією на середовище: ДК 633/266 належала до гомеостатичного типу (b_i – 0,07), ДК 296 – до середньопластичного (b_i – 1,18), а ДК 267 і ДК 633 – до інтенсивного типу (b_i – 1,40 і 1,26 відповідно). Слід зазначити, що середньопізня лінія ДК 633 відзначалася найнижчою врожайністю зерна серед стандартів (1,92 т/га), проте 7 подвоєних гаплоїдів поступалися їй за цим показником (0,87–1,83 т/га). Для об'єктивної оцінки подвоєних гаплоїдів за врожайністю зерна ми визначили її середнє значення у 4 вихідних ліній (2,62 т/га). При порівнянні з дослідними зразками виявлено, що 51,9 % генотипів поступалися за цим показником. Щодо ефектів загальної адаптивної здатності, 14 зразків мали негативні значення відносно середньопопуляційної.

Отже, абсолютна гомозиготність подвоєних гаплоїдів не впливає негативно на врожайність per se та їхні основні морфобіологічні ознаки. Виділено форми, які за врожайністю зерна перевищують вихідні лінії (Дга 6016, Дга 6014, Дга 6025, Дга 6021), і їх можливо

використовувати в насінництві гібридів кукурудзи. Впровадження в селекційну практику методу гаплоїдії дає можливість не тільки прискорити процес отримання гомозиготних форм у кукурудзи, а й сформувати різноманітну робочу колекцію для ведення подальшої селекційної роботи в напрямку удосконалення гетерозисних комбінацій.

Бібліографічний список

1. Югенхеймер Р. У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование / Югенхеймер Р. У. – М: Колос, 1979. – 519 с.
2. Соколов Б. П. История и методы селекции / Б. П. Соколов // Основы селекции и семеноводства гибридной кукурузы. – М: Колос, 1968. – С. 7–60.
3. Лакин Г. Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов – [4-е изд., перераб. и доп]. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
4. Кильчевский А. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотьлева // Генетика, 1985. – Т. XXI, № 9. – С. 1481–1498.
5. Дзюбецький Б. В. Прискорення отримання гомозиготних ліній кукурудзи методом генетичного маркування / Б. В. Дзюбецький, В. Ю. Черчель, Т. М. Сатарова // Таврійський наук. вісн. – Херсон, 2004. – Вип. 30. – С. 24–31.