

ГУСТОТА СТОЯННЯ РОСЛИН ЯК ФАКТОР ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПЛАСТИЧНОСТІ ТА АДАПТИВНОЇ ЗДАТНОСТІ РАННЬОСТИГЛИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

*Є. І. Беліков, Т. Г. Купріченкова, кандидати сільськогосподарських наук
Інститут сільського господарства степової зони НААН України;*

О. С. Гуманенко

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Наведені результати вивчення оптимальної густоти стояння рослин ранньостиглих гібридів кукурудзи в зоні північного Степу України. Встановлено, що в середньому за 3 роки для всіх гібридів кукурудзи оптимальною була густина 55 тис. рослин/га. Густина стояння рослин як фактор екологічного градієнта дала можливість виявити потенціал врожайності гібридів та їхню реакцію на зміну умов вирощування. Високопластичними, але нестабільними були гібриди Жайвір 198 МВ та Ельф 197 МВ, стабільним – гібрид Дніпровський 181 СВ, а гібрид Діана 180 СВ – пластичним і стабільним водночас. Аналіз середовища показав, що в даному досліді були 2 типи фону: аналізуючий і стабілізуючий. Перший мав місце як за сприятливих погодних умов, так і за стресових, а інший – в середні за умовами роки. У сприятливі за погодними умовами роки найкраще розкрився генетичний потенціал гібридів кукурудзи при густоті 55 тис. рослин/га, а на фоні стресових погодних умов за густоти стояння 65 тис. рослин/га вдалося виявити жаро- і посухостійкі гібриди.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, густина стояння, пластичність, стабільність, адаптивна здатність, урожайність зерна.

Головним завданням селекційної науки на сучасному етапі розвитку є поєднання високої продуктивності рослин зі стійкістю їх до абіотичних та біотичних стресів. Недостатній адаптивний потенціал гібридів кукурудзи є не лише чинником зниження врожайності зерна, але й значної її варіабельності, особливо в несприятливих умовах [1].

У комплексі агротехнічних заходів вирощування кукурудзи, від яких залежить урожай та його якість, важливе місце посідає густина стояння рослин. Вагомий урожай можливо отримати за рахунок високої індивідуальної продуктивності та гранично допустимої щільності стеблостою в конкретній зоні вирощування [2].

Кукурудза характеризується уповільненим ростом, слабо розвиненою кореневою системою і низьким коефіцієнтом водоспоживання на початку вегетації. Саме в цей період вона майже не реагує на загущення посівів. У подальшому густина стеблостою суттєво впливає на ріст, розвиток і продуктивність рослин кукурудзи [3].

Густина рослин – один із головних факторів, який визначає ефективність використання родючості, температурного та водного режиму ґрунту, сонячної енергії та інших складових життєдіяльності агроценозу [4]. В той же час єдиної думки відносно оптимальної густоти стояння рослин немає. Залежить цей показник як від кліматичних умов, так і від генотипу гібрида і в умовах Степу України коливається від 40 до 70 тис. рослин/га [2, 5, 6].

Густина стояння рослин значно впливає на структуру врожаю гібридів як певний фактор визначення адаптивної здатності.

На думку А. Б. Кільчевського, Л. В. Хотильової, головними особливостями адаптивної селекції, на відміну від традиційних методів, є регіональний характер і екологічна спрямованість, орієнтація не на потенційну, а на реальну продуктивність. Мова йде про створення сортів для певних регіонів з врахуванням варіювання середовища та дії лімітуючих факторів [7].

Найбільш перспективним напрямком адаптивної селекції є добір на загальну адаптивну здатність (ЗАЗ) до різних кліматичних умов з урахуванням стабільності. Його ефективність великою мірою визначається певним селекційним критерієм, що дає можливість виявляти генотипи, які поєднують в собі високу продуктивність та стабільність [8].

Метою наших досліджень було визначення оптимальної густоти стояння рослин ран-

ньостиглих гібридів кукурудзи в умовах зони північного Степу України, вивчення параметрів їхньої адаптивної здатності та екологічної пластичності.

Досліди проводилися на Синельниківській селекційно-дослідній станції Інституту сільського господарства степової зони протягом 2010–2012 рр. Вихідним матеріалом для досліджень були ранньостигли гібриди кукурудзи: Дніпровський 181 СВ, Діана 180 СВ, Гардемарин 185 СВ, Жайвір 198 МВ та Ельф 197 МВ. Дослідні ділянки закладалися в 3-разовій повторності з густотою стояння 45, 55 та 65 тис. рослин/га. Площа ділянки становила 9,8 м². Насіння висівали селекційною сівалкою, густоту стояння рослин формували в фазі 5-ти листків у культури вручну. Збирали врожай комбайном «Hege-140». Агротехнічні прийоми – відповідали загальноприйнятим рекомендаціям, викладеним у методиці польового дослідю. Статистичну достовірність експериментальних даних визначали за методикою Л. В. Доспехова [9], а параметри адаптивної здатності – за А. В. Кільчевським та Л. В. Хотильовою [7].

Погодні умови на Синельниківській селекційно-дослідній станції в роки досліджень значно різнилися між собою. Найбільш стресові умови були в 2010 р., коли середньодобова температура повітря протягом всіх місяців вегетації перевищувала середньобагаторічну на 1,1–5,2 °С. Дощі випадали нерівномірно, а за відсутності опадів досить часто виникала як атмосферна, так і ґрунтова посуха. Найбільш жарким виявився серпень. У першій половині цього місяця майже щодня середньодобова температура повітря перевищувала 30 °С, а денна досягала 36,0–39,8 °С при повній відсутності опадів. Такі погодні умови негативно вплинули на ріст і розвиток кукурудзи.

На відміну від попереднього року 2011 р. був теплим і вологим. Сума опадів за період вегетації становила 309,6 мм, що на 33,6 мм більше від середньобагаторічних даних, при цьому більша частина (199,4 мм) їх випала в період інтенсивної вегетації рослин (червень – липень). Температурні показники незначно перевищували норму (на 0,9–2,7 °С).

Не зовсім сприятливим для вирощування кукурудзи був 2012 р. Недивлячись на те, що сума опадів за період вегетації становила 138 % від норми, в період цвітіння кукурудзи утримувалась жарка і посушлива погода. Середньодобова температура повітря в літні місяці перевищувала середньобагаторічну на 2,4–3,7 °С, а опади були у вигляді зливових дощів, що призвело до значної ґрунтової ерозії.

Отже, з 3 років досліджень 2010 р. був несприятливим, 2011 р. – сприятливим, 2012 р. – відносно сприятливим для росту і розвитку кукурудзи.

У результаті проведених досліджень з'ясували існування достовірних відмінностей за врожайністю залежно від гібрида та густоти стояння. В 2010 р. врожайність зерна гібридів кукурудзи варіювала від 3,49 до 5,07 т/га, набуваючи найвищих значень при густоті 45 тис. рослин/га, що суттєво більше, ніж при загущенні посівів (табл. 1). В той же час відмінності за густотою 55 і 65 тис. рослин/га були суттєвими лише у гібридів Гардемарин 185 СВ та Ельф 197 СВ. Порівнюючи гібриди між собою, можна зробити висновок, що кращим серед них був гібрид Діана 180 СВ, найвищу врожайність зерна він показав при густоті 45 тис. рослин/га – 5,07 т/га.

Зовсім інші результати одержані в сприятливому за погодними умовами 2011 р. Суттєво вищу врожайність зерна майже всі гібриди кукурудзи сформували за густоти 65 тис. рослин/га. При цьому зі зменшенням густоти достовірно знижувалася і врожайність. Різниця між мінімальним і максимальним значенням врожайності визначалася генотипом гібрида: найменші (0,68 т/га) її значення були у гібрида Гардемарин 185 СВ, а найбільші (1,87 т/га) – у гібрида Діана 180 СВ. Кращі результати цього року показали гібриди Діана 180 СВ та Жайвір 198 СВ, які за густоти 65 тис. рослин/га забезпечили врожайність 7,64 т/га.

Неоднозначними виявилися результати 2012 р. Якщо всі гібриди найвищу врожайність зерна сформували при густоті 55 тис. рослин/га, то найнижчу – за іншої густоти. Так, для гібридів Дніпровський 181 СВ, Гардемарин 185 СВ та Діана 180 СВ такою була густота 45 тис. рослин/га, а для гібридів Жайвір 198 МВ та Ельф 197 МВ – 65 тис. рослин/га. Найвища врожайність (6,14 т/га) була у гібрида Жайвір 198 СВ при густоті 55 тис. рослин/га.

В середньому за 3 роки для всіх ранньостиглих гібридів кукурудзи кращою виявилася густота 55 тис. рослин/га. Підвищення густоти стеблостою до 65 тис. рослин/га не компенсувало втрати врожаю від зниження індивідуальної продуктивності рослин, особливо в посушливий рік. У той же час при густоті 45 тис. рослин/га спостерігався недобір врожаю внаслідок зменшення загальної кількості рослин. Найвищу середню врожайність зерна в досліді сформував гібрид Діана 180 СВ за густоти стояння 55 тис. рослин/га – 6,04 т/га.

1. Урожайність зерна (т/га) ранньостиглих гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин (2010–2012 рр.)

Гібрид	Густота стояння, тис. рослин/га	2010 р.	2011 р.	2012 р.	Середнє	
Дніпровський 181 СВ	45	4,46	5,66	4,43	4,85	
	55	4,16	6,21	5,98	5,45	
	65	4,26	6,61	5,08	5,31	
Гардемарин 185 СВ	45	4,47	5,80	4,39	4,89	
	55	4,11	6,31	5,41	5,28	
	65	3,49	6,48	4,85	4,94	
Діана 180 СВ	45	5,07	5,77	4,59	5,14	
	55	4,67	7,36	6,09	6,04	
	65	4,58	7,64	5,20	5,81	
Жайвір 198 МВ	45	4,38	6,23	4,84	5,15	
	55	3,87	7,62	6,14	5,88	
	65	3,90	7,64	4,60	5,38	
Ельф 197 МВ	45	4,39	6,35	4,60	5,11	
	55	3,63	6,81	5,84	5,42	
	65	3,79	7,20	4,46	5,15	
НІР ₀₅ для: гібридів	-	0,14	0,13	0,12	-	
	густоти	-	0,11	0,10	0,09	-
	взаємодії	-	0,11	0,10	0,09	-

Наступним етапом роботи було визначення параметрів екологічної пластичності та адаптивної здатності ранньостиглих гібридів кукурудзи і встановлення залежності «генотип-середовище». При цьому «генотип» гібрида сприймався як фіксований фактор, а «середовищем» слугувала густота стояння рослин в різні роки.

Дисперсійний аналіз отриманих даних виявив високу достовірність досліджених ознак. При формуванні врожаю зерна ранньостиглих гібридів кукурудзи визначальним фактором був екологічний градієнт. Його частка впливу становила 89,8 %, тимчасом як для гібридів цей показник дорівнював лише 3,5 %. Спільна взаємодія генотипу і середовища на формування врожайності також була незначною – 5,7 %.

Густота стояння рослин як екологічний градієнт дала можливість виявити потенціал врожайності гібридів та вивчити реакцію даних генотипів на зміну умов вирощування.

Екологічна стабільність – здатність генотипу в результаті дії регуляторних механізмів підтримувати певний фенотип в різних умовах середовища, а пластичність – реакція генотипу на зміну умов середовища, яка проявляється в фенотиповій мінливості. Стабільність і пластичність – це дві протилежні сторони модифікаційної мінливості [6].

Показник екологічної стабільності b_i являє собою коефіцієнт регресії врожайності кожного i -того зразка на рівень напруженості екологічних факторів кожного j -того середовища. Якщо $b_i > 1$, то сорт має підвищену чутливість до зміни умов середовища, якщо b_i близьке до 1, то сорт буде середньостабільним, а якщо $b_i < 1$, то стабільність вище середньої. Інший показник стабільності S_{di}^2 – це середнє квадратичне відхилення від лінії регресії і його величина обернена рівню стабільності.

Загальна адаптивна здатність гібридів (ЗАЗ_i) характеризує середнє значення врожайності в усіх екоградієнтах, тимчасом як специфічна адаптивна здатність (САЗ_i) є мірою

консервативності генотипу. За ознакою «врожайність зерна» $ЗАЗ_i$ коливалась від -0,29 до +0,34 т/га і найбільшою була у гібрида кукурудзи Діана 180 СВ, при цьому варіанса її специфічної адаптивної здатності мала середнє значення (табл. 2).

Аналіз отриманих даних показав, що Жайвір 198 МВ та Ельф 197 МВ є гібридами інтенсивного типу. Ці гібриди мають широку норму реакції на умови вирощування, але висока пластичність ($b_i = 1,26-1,13$) помітно знижує рівень стабільності їхньої урожайності. Вони потребують сприятливих умов для росту і розвитку та добре реагують на високий агрофон.

2. Показники адаптивної здатності та екологічної стабільності гібридів кукурудзи за ознакою «врожайність зерна» (2010–2012 рр.)

Гібрид	$ЗАЗ_i$, т/га	$\sigma_{САЗ_i}^2$, т/га	Відносна стабільність, S_{di} , %	Коефіцієнт нелінійності генотипу, L_i	Коефіцієнт регресії, b_i	Селекційна цінність генотипів
Дніпровський 181 СВ	-0,11	0,86	17,82	0,63	0,78	3,12
Гардемарин 185 СВ	-0,29	1,05	20,36	0,77	0,86	2,74
Діана 180 СВ	0,34	1,35	20,53	0,99	0,97	3,05
Жайвір 198 МВ	0,14	2,21	27,19	1,62	1,26	2,13
Ельф 197 МВ	-0,09	1,77	25,47	1,30	1,13	2,24

Середньостабільним за ознакою врожайність зерна виявився гібрид Діана 180 СВ. Коефіцієнт регресії b_i цього гібрида був близьким до 1, а відносна стабільність мала середні показники (20,53 %). У гібрида спостерігалась нелінійна відповідь на зміну умов середовища.

Стабільними в даному досліді були гібриди Дніпровський 181 СВ ($b_i = 0,78$, $S_{di} = 17,82$ %) та Гардемарин 185 СВ ($b_i = 0,86$, $S_{di} = 20,36$ %), які вирізнялися консервативністю врожайності в різних екоградієнтах.

Враховуючи оцінки ефектів $ЗАЗ_i$ та показник селекційної цінності генотипів, кращим був гібрид Діана 180 СВ, в якому поєднувався високий генетичний потенціал врожайності зі стабільністю його реалізації.

У результаті проведених досліджень вдалося не лише оцінити параметри адаптивної здатності гібридів, але й вивчити особливості середовища як фону для добору. Враховуючи середню врожайність зерна по досліді, а також середнє квадратичне відхилення, ми розподілили всі середовища на 3 групи. До першої групи ввійшли високопродуктивні середовища 5 і 6, до другої – низькопродуктивні 2 і 3, до третьої – середньопроодуктивні 1, 4, 7, 8 і 9 (табл. 3).

3. Оцінка середовища як фону для добору (2010–2012 рр.)

Середовище	Рік випробування	Густина стояння, тис. рослин/га	Середня врожайність зерна, т/га	Ефекти середовища, т/га	Диференціальна здатність середовища	Коефіцієнт кореляції	Показник прогнозованості
1	2010	45	4,56	-0,76	0,08	0,70	0,04
2		55	4,09	-1,23	0,14	0,49	0,05
3		65	4,00	-1,31	0,17	0,76	0,08
4	2011	45	5,96	0,64	0,09	0,07	0,01
5		55	6,82	1,54	0,38	0,85	0,08
6		65	7,11	1,79	0,30	0,90	0,07
7	2012	45	4,57	-0,75	0,03	0,02	0,02
8		55	5,89	0,56	0,08	0,04	0,04
9		65	4,83	-0,48	0,09	0,02	0,02

Високопродуктивні середовища мали високу диференціальну здатність (0,38; 0,30) і високі коефіцієнти кореляції (0,85; 0,90), тобто в цих середовищах був аналізуючий фон для

добору, який повною мірою розкрив генетичний потенціал гібридів кукурудзи.

У жаркому та посушливу 2010 р. при густоті стеблостою 55 і 65 тис. рослин/га спостерігався поліморфізм популяції, але в цьому випадку він був мірою адаптації гібридів до стресових умов вирощування.

В той же час в середньопродуктивних середовищах мав місце стабілізуючий фон для добору, який характеризувався середніми оцінками ефектів та низькою диференціальною здатністю.

За прогнозом, найвищі показники врожаю були в 2010 р. при густоті стояння 65 тис. рослин/га, а в 2011 р. – 55 тис. рослин/га.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що в зоні північного Степу України оптимальна густина стояння рослин ранньостиглих гібридів кукурудзи визначається погодними умовами і коливається від 45 тис. рослин/га (у посушливий і жаркий рік) до 65 тис. рослин/га (у теплий і вологий). В середньому за 3 роки, найвища врожайність у всіх гібридів кукурудзи була за густоти 55 тис. рослин/га.

При формуванні врожаю зерна у ранньостиглих гібридів кукурудзи визначальним був екологічний градієнт, частка впливу даного фактора становила 89,8 %. Вплив генотипу, як і взаємодії факторів «генотип х середовище», був незначним.

Серед наведених ранньостиглих гібридів кукурудзи високопластичними виявилися гібриди Жайвір 198 МВ та Ельф 197 МВ. Вирощувати їх краще за інтенсивними технологіями, оскільки вони мають високий потенціал врожайності та добре реагують на сприятливі для росту та розвитку умови. Стабільні врожаї незалежно від погодних умов можна очікувати від гібрида Дніпровський 181 СВ, який характеризується середніми значеннями адаптивної здатності та високою відносною і абсолютною стабільністю. Гібрид Діана 180 СВ є пластичним і стабільним водночас.

Аналіз середовища як фону для добору свідчить, що в даному досліді були 2 типи фону: аналізуючий і стабілізуючий. Аналізуючий фон спостерігався як за сприятливих погодних умов, так і стресових, а стабілізуючий – в середньопродуктивних середовищах. За сприятливих погодних умов при густоті стояння 55 тис. рослин/га найкраще розкрився генетичний потенціал гібридів кукурудзи, а за стресових погодних умов і густоти стеблостою 65 тис. рослин/га вдалося виявити жаро- та посухостійкі генотипи.

Бібліографічний список

1. *Беліков Є. І.* Селекційна цінність тесткросів в різних екологічних умовах / *Є. І. Беліков, А. В. Алдошин, Т. Г. Купріченкова* // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН. – 2002. – № 18–19. – С. 35–38.
2. *Циков В. С.* Кукуруза: технологія, гібриди, семена / *В. С. Циков*. – Днепропетровск: Изд-во Зоря, 2003. – 296 с.: ил.
3. *Ісаєнков В. В.* Продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин / *В. В. Ісаєнков* // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН. – 2011. – № 1. – С. 124–127.
4. *Косарський В. Ю.* Вплив густоти рослин на врожайність зерна кукурудзи / *В. Ю. Косарський, О. Л. Грицун, С. О. Патюшенко* // Агроном. – 2010. – № 3. – С. 70–72.
5. *Пащенко Ю. М.* Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи / *Ю. М. Пащенко, В. М. Борисов, О. Ю. Шишкіна*. – Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2009. – 224 с.
6. *Лихочвор В. В.* Зерновиробництво / *В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Іващук*. – Львів: НВФ Укр. технології, 2008. – 624 с.
7. *Кильчевський А. В.* Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды / *А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева* // Генетика. – 1985. – Т. 21, № 9. – С. 1481–1489.
8. *Орлянский Н. А.* Селекция кукурузы на адаптивность и загущение посевов / *Н. А. Орлянский, Н. А. Орлянская, Д. Г. Зубко* // Кукуруза и сорго. – 2005. – № 5. – С. 2–4.
9. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). – 5-е изд., доп. и перераб. / *Б. А. Доспехов*. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

