

СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНА ОЦІНКА ГЕНОТИПІВ КУКУРУДЗИ В НАПРЯМКУ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТНОЇ ЗДАТНОСТІ РОСЛИН В ЗАГУЩЕНИХ АГРОЦЕНОЗАХ

Г. Л. Філінов, доктор біологічних наук;

В. Ю. Черчель, кандидат сільськогосподарських наук;

Л. О. Максимова, кандидат біологічних наук

ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України

Обґрунтовані шляхи підвищення врожайності зерна кукурудзи в посушливих умовах на основі впровадження нових селекційно-фізіологічних напрацювань. Розроблено і модифіковано метод добору селекційного матеріалу на стійкість до загущення посіву. Запропоновано в подальших селекційних дослідженнях оцінку та добір генотипів здійснити за їх здатністю до симбіотичних зв'язків з корисними ґрунтовими бактеріями.

Ключові слова: *кукурудза, селекція, фізіологія, метод, конкурентоспроможність, бактеріальні препарати.*

Головними параметрами агроценозу, які визначають реалізацію генетичного потенціалу гібрида, є оптимальна густина стояння рослин і залежить даний показник від схеми посіву. Оптимізація параметрів щільності насадження рослин кукурудзи визначає подальше зростання врожайності цієї культури за рахунок збільшення листкового індексу або фотосинтетичного потенціалу (ФП) посіву [1–4].

Свого часу збільшити ФП агроценозу намагались різними шляхами. Спочатку перспективним було використання повною мірою агрокліматичного потенціалу регіону за рахунок вирощування більш пізніх зразків кукурудзи. Такі гібриди дійсно формували більшу площу листя і тривалість його функціонування була значнішою, як результат – в сприятливі роки вони формували високу врожайність. Однак пізньостиглі гібриди досягали дуже пізно, а зерно було надто вологим, що призводило до додаткових витрат на його доробку – до 30 % від загальних виробничих.

У зв'язку з цим нами була запропонована на перспективу інша агрофізіологічна модель для вирощування посухостійких гібридів кукурудзи в умовах Степу, яка передбачала, як здавалося, несумісне – не зріджувати посіви, а, навпаки, загущувати їх за рахунок використання більш скоростиглих форм [3]. Зменшення листкової поверхні однієї рослини в даному випадку з надлишком компенсується збільшенням на площі кількості рослин скоростиглих форм з менш тривалим вегетаційним періодом, що уможливило заощадити дефіцитну вологу в аридних зонах. Даний напрямок підвищення посухостійкості агроценозу кукурудзи в Степу є перспективним і в подальшому. Так, якщо зараз середньоранні гібриди витісняються середньостиглими, то з часом середньорання група буде поступатися місцем ранньостиглим формам і вирощуватимуть їх зі значнішою густиною. Такий шлях еволюційно обґрунтований у селекції на підвищення врожайності зерна, оскільки скорочення онтогенезу можливо за рахунок збільшення генеративного періоду [5]. Відповідно до системи землеробства Дніпропетровської області у вісімдесяти роки минулого століття зернові сівозміни насичували переважно середньостиглими гібридами (55–60 %) і лише частково середньоранніми (25–30 %). Ранньостиглу групу в умовах цієї зони того часу не рекомендували вирощувати взагалі [6]. На початку двадцять першого століття пріоритети змінились і системою ведення сільського господарства Дніпропетровської області за 2005 р. рекомендоване наступне співвідношення гібридів кукурудзи: ранньостиглі – 10–15 %, середньоранні – 30–35 %, середньостиглі – 45–50 % і середньопізні – 5–10 % [7]. Значне збільшення обсягів виробництва зерна кукурудзи в Україні припадає на 2008 р. у зв'язку з введенням до гібридного складу скоростиглих генотипів [8]. На сьогодні для північного Степу рекомендоване таке співвідношення біотипів кукурудзи: ранньостиглі – 30 %; середньоранні – 30 %; середньостиглі й середньопізні – по 20 %. Поновлення раніше рекомендованого структурного складу гібридів кукурудзи зумовлене не тільки економічними чинниками, зокрема низькою

вологістю зерна при збиранні, але й науковими напрацюваннями в селекції посухостійких ранньостиглих та середньоранніх форм і можливістю скоростиглих генотипів частково уникати стресової дії погодно-кліматичних умов за рахунок прискороного розвитку і більш раннього накопичення сухої речовини.

Найвищої врожайності скоростиглих гібридів можливо досягти при загущенні посіву до 70–80 тис. рослин/га, але вирішення цього питання потребує генотипів з проявом оптимальної архітектоники для забезпечення доброї вентиляції ценозу, кращої його освітленості, більш повного використання рослинами обмежених запасів вологи в ґрунті та поживних речовин. Але при загущенні посівів виникає давня проблема, яка загострюється при вирощуванні скоростиглих гібридів. За широкорядної схеми посіву площа живлення зменшується зі зростанням кількості рослин на один погонний метр порівняно з квадратно-гніздовим способом сівби. При цьому рослини формують стислу, практично прямокутну проекцію кореневої маси, але за такої форми використання факторів живлення менш ефективно. Тому реалізація переваги загущених посівів краща при звуженні міжрядь, переважно до 45–60 см. Крім того, поверхня ґрунту в таких посівах менше перегрівається, послаблюється непродуктивно випаровування вологи внаслідок більш раннього змикання рядків, зростає конкурентоспроможність рослин культури порівняно з бур'янами, а збільшена листкова поверхня повніше використовує сонячну радіацію.

Однак поряд з перевагами такий спосіб сівби (міжряддя 45–60 см) має деякі недоліки. У технічному плані він не відповідає прийнятій системі машин (сівалок, культиваторів, комбайнів), які розраховані на міжряддя 70 см, що утруднює догляд за посівами і особливо збирання врожаю.

Селекція зернових культур на підвищення врожайності раніше супроводжувалась добром форм на високу індивідуальну продуктивність, які частіше були висококонкурентними генотипами. Якщо раніше при помірній густоті насадження (25–30 тис. рослин/га) і достатній площі живлення для кожної рослини не виникало питання, якою буде відібрана селекційна форма (висококонкурентною в ценозі чи толерантною до взаємодії стресів (стрес-толерантною)), то зараз у зв'язку зі зростанням у виробництві щільності посівів та збільшенням у структурі гібридного складу скоростиглих форм треба однозначно надавати першість стрес-толерантним зразкам. Так, останніми роками удосконалення генотипу кукурудзи було спрямоване на формування у рослин адаптивності до обмеженої площі живлення, ощадливого використання вологи і запасів поживних речовин, здатності до симбіозу з корисними ґрунтовими бактеріями.

Для успішного введення до технології вирощування кукурудзи такого агротехнічного заходу, як збільшення густоти стояння рослин, потрібно мати стійкий до загущення вихідний матеріал, а передумовою цього є відповідне методичне забезпечення. У результаті пошукових досліджень в лабораторії біотехнології, фізіології та методів селекції ДУ Інститут сільськогосподарства степової зони був розроблений, а потім удосконалений метод добору стрес-толерантних селекційних форм, які зберегли природну, властиву диким прародичам здатність до існування в багатоконпонентному загущеному біоценозі [9, 10].

Для нівелювання конкуренції у верхньому прошарку ґрунту між коренями сусідніх рослин у рядку були використані пластикові циліндри (10,5 × 12,9 см) для обмеження поширення бокових зародкових та вузлових коренів. Кожну насінину вихідної селекційної форми висівали ізольовано в такі циліндри з метою створення провокаційного фону і виявлення цінних у конкурентному відношенні генотипів (див. рис. 1). Дослідження включали 3 варіанти: 1. Контроль – зразок, висіяний безпосередньо в ґрунт; 2. Стрес-толерант – зразок, висіяний у пластикові циліндри; 3. Стрес-толерант + бактерії – зразок, висіяний у пластикові циліндри та оброблений біопрепаратами діазофіт, фосфоентерин та біополіцид. Обліки проводили на 20 рослинах кожного варіанта.

Відповідно до схеми досліджень впродовж 2011–2013 рр. проведено оцінку вихідного матеріалу різного за генетичним походженням таких альтернативних зародкових плазм: Айодент, Кремениста європейська та Ланкастер. У період досліджень склались контрастні погод-

ні умови для успішного виявлення реакції генотипів на стресові умови, особливо на штучно створених фонах. За рівнем вологозабезпеченості роки розподілялись на сприятливий для вегетації кукурудзи – 2011 р., середній – 2013 р. та вкрай стресовий – 2012 р.



Рис. 1. Рослина кукурудзи вирощена в циліндрі.

За результатами спостережень у зразків виявлено різну конкурентну здатність за генетичним походженням (табл. 1). При порівнянні умов двох років з найбільш сприятливим 2011 р. встановлено, що в цілому за дослідом у генотипів групи Айодент зменшення продуктивності в 2012 р. становило 49,5 %, а в 2013 р. – 36,6 %. Прояв індивідуальної продуктивності зразків альтернативної плазми Ланкастер відрізнявся від загальних тенденцій за дослідом, що зумовлено формуванням найвищих показників продуктивності у 2013 р. – на 34,9 % більше порівняно з 2011 р. Найменшою абсолютною продуктивністю за роками та значнішою депресією через стресові умови відзначались зразки кременистої плазми. Так, в 2012 р. продуктивність зменшилась на 54,6 %, а в 2013 р. – на 45,3 % від загального рівня.

1. Зернова продуктивність 1 рослини кукурудзи різного генетичного походження, г

Популяція	Варіант досліду	Роки досліджень			Середнє
		2011	2012	2013	
Айодент	Контроль	114,5 ± 9,8*	57,8 ± 3,2	76,3 ± 4,5	82,9
	Стрес-толерант	93,3 ± 7,4	45,4 ± 2,4	55,0 ± 3,2	64,6
	Стрес-толерант + бактерії	95,7 ± 6,9	50,0 ± 4,1	61,0 ± 3,3	68,9
Кремениста європейська	Контроль	33,8 ± 2,1	16,8 ± 1,4	28,2 ± 2,2	26,3
	Стрес-толерант	29,0 ± 1,8	12,7 ± 1,0	10,6 ± 1,4	17,4
	Стрес-толерант + бактерії	34,5 ± 1,9	14,7 ± 1,2	14,4 ± 1,5	21,2
Ланкастер	Контроль	86,2 ± 3,0	51,0 ± 3,5	125,2 ± 11,2	87,4
	Стрес-толерант	81,1 ± 4,1	49,2 ± 3,2	95,6 ± 9,3	75,3
	Стрес-толерант + бактерії	82,6 ± 2,9	55,0 ± 4,1	116,2 ± 10,5	91,3

*Дані представлені у вигляді $x \pm mt_{0,05}$, де x – середнє, m – помилка середнього арифметичного, $t_{0,05}$ – критерій Ст'юдента при рівні значущості 0,05.

Аналіз за варіантами досліду індивідуальної зернової продуктивності зразків, висіяних у пластикові циліндри, показав зменшення її показників залежно від походження селекційного матеріалу. Зразки плазми Ланкастер виявились більш стійкими до штучних стресових умов, тому зменшення продуктивності у них становило 5,9; 3,5 та 23,6 % відповідно рокам вивчення. Найбільш чутливими до стресу при обмеженні площі живлення були форми кременистої плазми, в яких у 2012 та 2013 рр. зниження продуктивності було найбільшим – 24,4 та 62,4 % відповідно. Така негативна реакція кременистих зразків на штучно створений стрес не відповідає їхнім біометричним характеристикам, це проявилось у зменшенні висоти рослин, їх облистяності, об'єму кореневої системи та її розгалуженості. Чутливість кременистих форм до стресових умов в першу чергу пов'язана з недостатньою селекційною проробкою у напрямку підвищення їх стійкості до посухи та жару, а слабкий розвиток кореневої системи і незначна її розгалуженість зумовлюють пригнічення ростових процесів у рослин в умовах обмеженого ґрунтового середовища. Такі форми, як правило, негативно реагують на збільшення щільності посівів та зменшення площі живлення. Зразки зародкової плазми Айодент посідали проміжне місце серед дослідних форм за реакцією на вирощування у пластикових циліндрах, але за рівнем пригнічення продуктивності впродовж років досліджень рослини характеризувались кращою стійкістю. Така особливість існує у зв'язку з загальним рівнем толерантності форм зародкової плазми Айодент до різних умов стресу, що й зумовлює формування пластичних напівінтенсивних генотипів.



Рис. 2. Розгалуженість кореневої системи рослин при загущенні та інокуляції насіння мікробіологічними препаратами.

Третій варіант схеми досліджень включав висів у пластикові циліндри насіння, завчасно обробленого бактеріальними препаратами: діазофіт, фосфоентерин і біополіцид. Перший з них створений на основі азотфіксуючих бактерій *Rhizobium radiobacter* 204, другий – фосфатмобілізуючих бактерій штаму *Enterobacter nimipressuralis*, третій – штаму *Paenibacillus polytuxa*. Всі вказані бактеріальні препарати отримані вітчизняними мікробіологами на базі Південного філіалу Інституту сільського господарства мікробіології (зараз Інститут сільського господарства Криму). Основна мета включення третього варіанта досліду в схему – це пошук шляхів активізації кореневої системи у рослин кукурудзи та вивчення можливості зменшення негативної дії обмеженої площі живлення на них. За результатами випробування виявлено, що в усіх варіантах з інокуляцією насіння бактеріальними препаратами спостерігалось деяке нівелювання негативної дії обмеженого ґрунтового середовища при вирощуванні рослин в пластикових циліндрах. Так, у зразків зародкової плазми Айодент залежно від року значення прояву його дії коливалися від 2,1 до 8,0 %, а в Ланкастер – від 1,2 до 16,5 %. Зразки плазми Кремениста європейська характеризувались найбільшим позитивним стабільним відгуком на обробку мікробіологічними препаратами, що в середньому за три роки становило 13,9 %.

На підставі аналізу кореневої системи зразків, відібраних впродовж декількох генерацій самозапилення на різних фонах, виявлено, що довжина і маса коренів у рослин дослідних геноплазм при обмеженні площі живлення зростала порівняно з аналогом (див. рис. 2).

Підвищена розгалуженість і значніша довжина коріння при вирощуванні рослин у пластикових циліндрах зумовлені здатністю певних генотипів орієнтувати точку росту первинних та вузлових коренів під більшим кутом до поверхні ґрунту, що відкриває можливості для виявлення форм з чітким позитивним геотропізмом. Мичкувата коренева система, яка характерна для злакових культур, рідко має вертикальне спрямування і частіше розвивається за декількома векторами, переважно у горизонтальній площині і залежно від наявності поживних речовин. За такого розташування її у ґрунті при дефіциті вологи послаблюється стійкість рослин до стресових факторів навколишнього середовища, тобто добір зразків з характерним поширенням коренів підвищує стійкість їх до посухи. Слід зазначити, що варіант з інокуляцією насіння бактеріальними препаратами вирізнявся найкращими показниками щодо формування кореневої системи.

Відібрані за трирічний період на штучно сформованих фонах кращі форми були вивчені за рівнем продуктивності у 2014 р. Випробування проводили у триразовій повторності. Площа посівної ділянки 10 м², густина насадження 70 тис. рослин/га, що на 27 % більше від рекомендованої для даної зони вирощування. Відповідно до схеми досліду були використані відібрані на кожному фоні зразки.

У цілому відібрані в умовах обмеженої площі живлення селекційні форми за врожайністю переважали показники контролю на 0,6–22,3 % (табл. 2), але у зразків зародкової плазми Ланкастер не виявлено достовірних відмінностей. Форми, які пройшли добір на фоні комплексу бактеріальних препаратів, показали кращі результати порівняно з контролем – 3,1–27,1 %. Виявлена реакція імовірно пов'язана з добором генотипів, коренева система яких схильна до інтенсивних симбіотичних зв'язків із комплексом ґрунтових бактерій. Якщо цей результат матиме стабільне підтвердження і надалі, то в перспективі можна рекомендувати відповідні бактеріальні фони для оптимізації інтенсивності селекційної роботи.

2. Урожай зерна кукурудзи в загущеному посіві при відборі селекційних форм за конкурентною здатністю, т/га

Варіант фону добру	Походження зразків		
	Айодент	Ланкастер	Флінт
Контроль	3,93	5,07	1,64
Стрес-толерант	4,49	5,10	2,11
Стрес-толерант + бактерії	5,00	5,23	2,25
НІР ₀₅	0,23	0,12	0,10

Отже, використання нових провокаційних аналізуючих фонів з обмеженою площею живлення, а також інокуляція насіння ґрунтовими корисними бактеріями відкривають широкі можливості для поліпшення ідентифікації генотипів з комплексною стійкістю до загушення посіву, толерантних до помірного живлення і здатних взаємодіяти з комплексом ґрунтових бактерій наявних в ризосфері.

Запропоновані нами нові методи та принципи – це один зі шляхів відновлення генетичного контролю мінерального живлення рослин, адже таким чином можливо вести спрямований відбір генотипів за високою агрохімічною ефективністю і активізувати у культурних рослин різні форми стійкості до стресів, втрачені або послаблені в процесі інтенсифікації сільського господарства, у тому числі й невибагливість до рівня ґрунтового живлення.

Бібліографічний список

1. *Ничипорович А. А.* Теория фотосинтетической продуктивности растений / *А. А. Ничипорович* // Теоретические основы повышения продуктивности растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1977. – С. 11–54.
2. *Максимова Л. А.* Особенности фотосинтетической деятельности кукурузы при оптимизации условий выращивания в Степи УССР: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. / *Л. А. Максимова*. – Днепропетровск, 1978 – 167 с.
3. *Филиппов Г. Л.* Эколого-физиологические основы повышения засухоустойчивости и продуктивности кукурузы: дис. ... доктора биол. наук: 03.00.12. / *Г. Л. Филиппов* // Днепропетровск, 1984. – 382 с.
4. *Кошкин Е. И.* Физиологические основы продукционного процесса / *Е. И. Кошкин* // Частная физиология полевых культур. – М.: Колос, 2005. – С. 5–49.
5. *Молчан И. М.* Спорные вопросы в селекции растений / *И. М. Молчан, Л. Г. Ильина, П. И. Кубарев* // Селекция и семеноводство. – 1996. – № 1–2. – С. 36–51.
6. Научно-обоснованная система земледелия Днепропетровской области. – Днепропетровск: Облполиграфиздат, 1988. – 336 с.
7. Система ведення сільського господарства Дніпропетровської області / Гол. управління с.-г. і продовольства облдержадміністрації; Центр наукового забезпечення АП Дніпропетровської обл. – Дніпропетровськ, 2005. – 432 с.
8. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / Редкол.: *М. В. Зубець* (голова) [та ін.]. – К.: Аграр. наука, 2010. – 986 с.
9. *Филиппов Г. Л.* Применение полиэтиленовой пленки / *Г. Л. Филиппов, Н. В. Вишневский, В. А. Губенко* // Кукуруза. – 1983. – № 1. – С. 20–21.
10. Методичні рекомендації з діагностики та добору селекційного матеріалу кукурудзи на адаптивну стійкість / *Б. В. Дзюбецький, А. В. Черенков, Г. Л. Філіпов* [та ін.] / Ін-т зерн. госп-ва НААН України. – Дніпропетровськ, 2011. – 21 с.