

Оцінка та добір селекційного матеріалу кукурудзи на адаптивну стійкість до жару та посухи

О.М. Гаркава, кандидат сільськогосподарських наук

Проведено оцінку та добір селекційного матеріалу кукурудзи на жаро- та посухостійкість. Показано ефективність використання фізіологічних методів оцінки та добору генотипів кукурудзи на адаптивну стійкість. Дається порівняльна характеристика різних фізіологічних методів, їх переваги і недоліки в масовій оцінці зразків кукурудзи на стійкість до екстремальних умов навколишнього середовища.

Останнім часом, у зв'язку з глобальним потеплінням, особливо важливого значення набуває проблема жаростійкості рослин. Загибель рослин або різке зниження врожайності за високої температури відбувається через "отруєння" їх продуктами протеолізу та інших глибинних порушень обміну речовин. За високої відносної вологості повітря відбувається дуже швидкий відтік продуктів протеолізу з листків до репродуктивних органів і коріння та включення їх у білковий синтез, що дещо послаблює негативну дію високої температури. Проте в умовах Степу України висока температура у фазі цвітіння качанів і наливу зерна в поєднанні з низькою відотною вологістю повітря негативно впливає на формування продукційного процесу кукурудзи.

Успішна селекція гібридів для умов недостатнього зволоження залежить від наявності вихідного матеріалу з високими показниками ряду цінних морфологічних ознак, у тому числі жаро- та посухостійкості. Створення таких ліній і гібридів вимагає вдосконалення існуючих та розробки нових методів оцінки й добору цінного вихідного матеріалу кукурудзи. Нині значно поліпшені методи діагностики селекційного матеріалу сільськогосподарських культур. Їх використання дозволить значно прискорити селекційний процес та синтезувати гібриди з високим адаптивним потенціалом, які здатні формувати високі й стабільні за роками врожаї зерна кукурудзи.

Дослідження жаро- та посухостійкості рослин проводяться як у нашій країні, так і за кордоном. Учені різнобічно вивчили багато фізіолого-біохімічних процесів, що відбуваються в рослинах, адаптивна стійкість сільськогосподарських культур до екстремальних умов вирощування на рівні клітини, тканини, цілої рослини і ценозу [1, 2].

Розроблено достатньо багато фізіологічних методів оцінки селекційного матеріалу на стійкість до підвищених температур, у тому числі і по кукурудзі [3–5]. В основному дослідження проводилися для з'ясування внутрішнього механізму обмінних процесів, їх ролі в адаптивному потенціалі генотипу, що важливо для вивчення реакції рослин на екстремальні умови середовища.

Проте в науковій літературі дуже мало розробок, спрямованих на використання фізіологічних ознак для практичної селекції сільськогосподарських культур. Дослідження селекції ліній і гібридів кукурудзи ведуться в основному за морфологічними і господарсько-цінними ознаками: висота прикріплення качанів, вихід зерна з качана, маса 1000 зерен, число зерен у качані, висота рослин, технологічність збирання, швидкість висихання зерна в качані та іншими.

Важливим моментом для оцінки є те, що стійкість будь-якого рослинного організму в онтогенезі кількісно змінюється, і з огляду на це, оцінку стійкості генотипу необхідно проводити на матеріалі однакового віку. Зазначимо, що потрібно використовувати не один фізіологічний метод, а декілька, проводячи діагностику рослин на жаро- та посухостійкість на різних етапах органогенезу, тобто від насіння до насіння.

Метою роботи було провести оцінку та добір за жаро- та посухостійкістю вихідного матеріалу кукурудзи з використанням вдосконалених та розроблених фізіологічних методів для створення високопродуктивних гібридів, які б забезпечували підвищення рівня і стабільності врожайності в Степу України. Для досягнення мети:

- визначили ефективність різних фізіологічних методів оцінки жаро- та посухостійкості вихідного матеріалу;

- розробили нові прямі лабораторні та лабораторно-польові, удосконалили існуючі методи оцінки та добору генотипів кукурудзи, адаптованих до екстремальних умов вирощування;

- виділили лінії кукурудзи з високими показниками термостійкості;

- оцінили за ознакою холодостійкості виділені жаро- та посухостійкі лінії;

- встановили кореляційні взаємозв'язки жаро- та посухостійкості з морфо-біологічними ознаками ліній кукурудзи.

Уперше проведено масову оцінку і добір вихідного матеріалу генетичних плазм Ланкастер і Айодент на жаро- та посухостійкість із застосуванням удосконалених класичних і розроблених методів діагностики термостійкості.

Методика досліджень. Існує багато методів визначення жаростійкості рослин. На нашу думку, більш надійні прямі методи оцінки – польові та вегетаційні досліди, які ґрунтовані на порівнянні врожайності генотипу за екстремальних і оптимальних умов вирощування. Проте польові методи оцінки жаростійкості рослин дуже витратні та часто через обмежену кількість насіння вихідного матеріалу кукурудзи нездійсненні. Тому розроблена низка лабораторних методів оцінки рослин за жаро- та посухостійкістю, які використані на різних органах (насінні, проростках, листках, волотях, пилку та ін.), і різних фізіологічних ознак, при зміні яких під впливом температур оцінюють толерантність рослин.

У дослідженнях користувалися розробленим у лабораторії фізіології кукурудзи Інституту зернового господарства УААН прямим лабораторним методом оцінки та добору селекційного матеріалу кукурудзи на

жаростійкість [6, 7]. В його основу покладено пророщування насіння самоzapилених сімей за позитивних порогових температур. На першому етапі оцінки та добору вихідного матеріалу насіння пророщували при температурі 39–40 °С, на другому – 41–42 °С і на третьому (завершальному) +43 °С. Пророщування насіння проводили в термостаті протягом трьох діб. Ступінь жаростійкості оцінювали за відсотком схожого насіння та за довжиною зародкового корінця. Цей метод дозволяє масово ідентифікувати більш жаростійкі форми.

Оцінку сортозразків кукурудзи на холодостійкість проводили за допомогою “Способа отбора исходного материала кукурузы на холодостойкость” [8]. Методом визначені порогові температури пророщування насіння кукурудзи: на першому етапі створення ліній насіння пророщують при температурі 8 °С, на другому – 7 °С, і на третьому (завершальному) 6 °С. ранговий індекс визначали по відсотку пророслого насіння і довжині зародкового корінця в балах.

Нами був використаний також лабораторний метод, запропонований П.А. Генкелем, К.А. Бадановой, В.В. Левиной [9], в основу якого покладено гідроліз статолітного крохмалю в клітинах кореневого чохла лінії або гібрида кукурудзи під впливом зневоднення та перегріву.

Одночасно з лабораторною діагностикою жаростійкості кукурудзи, яку проводили на проростках, використовували методи оцінки та добору генотипів на вегетуючих рослинах; метод діагностики зразків рослин на жаростійкість Ф.Ф. Мацкова [10], придатний для масової ідентифікації рослин за ознакою, що вивчається.

Під час досліджень нами був розроблений метод оцінки та добору генотипів кукурудзи на жаростійкість за здатністю пилку проростати в разі порогових підвищених температур [11]. Метод знижує трудомісткість і матеріальні витрати, прискорює і підвищує ефективність добору ліній кукурудзи на жаростійкість на початкових етапах створення ліній.

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті проведеної оцінки лабораторними методами виділено родини з поєднаною стійкістю до жару, посухи та холоду: СЛФ 5-9, СЛФ 9, СКФ 55, СКФ 116, ДЖК 16, ДЖК 35, ДЖК 40 та ін. (табл. 1).

1. Ідентифікація вихідного селекційного матеріалу кукурудзи на адаптивну стійкість до жару, посухи та холоду після 3-х циклів добору*

Родина	Жара			Посуха		Холод		
	пророслого насіння, %	довжина зародкового корінця, мм	ранговий підсумовуючий індекс	зниження до контролю, %	ступінь стійкості, бал	пророслого насіння, %	довжина зародкового корінця, мм	ранговий підсумовуючий індекс
СЛФ 2-2	85	7,2	3	37,5	4	79	6,2	5
СЛФ 5-1	93	10,8	4	48,3	3	65	6,5	4
СЛФ 5-9	95	9,8	5	28,3	5	63	6,7	4
СЛФ 9	100	10,3	5	32,6	5	70	3,3	4
СКФ 32	85	7,0	3	29,0	5	65	5,7	4

СКФ 50-1	95	10,2	5	52,5	3	72	7,2	5
СКФ 55	100	9,6	5	45,3	4	68	6,1	4
СКФ 87	75	5,7	3	41,2	4	75	4,1	4
СКФ 116	96	10,3	5	34,2	5	64	6,6	4
СКФ 119	95	98	5	31,1	5	75	4,1	4
СКФ 133	87	6,0	3	21,5	5	67	6,4	4
СКФ 148-1	96	9,5	5	57,4	3	65	9,0	5
ДЖК 16	95	10,0	5	42,0	4	65	6,5	4
ДЖК 35	97	10,8	5	29,5	5	76	8,9	5
ДЖК 40	95	10,5	5	41,5	4	78	6,2	5
ДЖК 124	53	4,0	1	39,8	4	64	7,2	4
ДЖК 140	94	10,2	5	43,5	4	80	4,4	4
Md*	1,8	0,2	-	1,6	-	1,8	2,2	-
P, %	2,0	1,3	-	1,8	-	1,6	1,12	-
* Тут і далі розрахунки зроблені за методикою А.В. Соколова; 5 балів – стійкі; 4 бали – середньостійкі; 3 бали і менше – нестійкі до даної ознаки.								

Родини СЛФ 2-2, СКФ 133, ДЖК 124 мали низькі показники жаростійкості на фоні підвищених показників посухо- та холодостійкості. Деякі генотипи (СКФ 50-1, СКФ 148-1) відзначалися високою жаро- та холодостійкістю.

Комплексна діагностика селекційного матеріалу на адаптивну стійкість різними методами дозволяє всебічно оцінити та виділити генотипи з високим адаптивним потенціалом до стресових умов вирощування.

До важливих завдань наших досліджень належала розробка нового методу оцінки та добору генотипів кукурудзи на жаростійкість за здатністю пилку зберігати життєздатність після негативної дії підвищених порогових температур.

Основним завданням запропонованого методу було спрощення методики оцінки, зниження трудомісткості та матеріальних витрат, прискорення і підвищення ефективності селекції ліній і гібридів кукурудзи на жаростійкість. Це досягається шляхом нанесення пилку на приймочки маточок качана після прогрівання зрізаної волоті з пилком у термостаті за температури 40–41 °С з експозицією 30 хв. Оцінку і добір жаростійких форм проводили за кількістю насінин, що сформувалися на качані в порівнянні з контролем. Контролем слугували качани, запилені волоттю, що витримана за кімнатної температури (табл. 2). Як бачимо, експериментальні дані наочно демонструють ефективність добору новостворених ліній за ознакою, що вивчалася. Практично в усіх родинях при пізніших циклах добору кількість зерен на качані була більшою, стійкість рослин до жару підвищувалася. Найбільш жаростійкими були зразки СЛФ 5-9, СЛФ 9, СЛФ 17-2, СКФ 55, СКФ 86, СКФ 116, ДЖК 16, ДЖК 35, ДЖК 40, у яких відсоток озернення качанів збільшувався до 98,6 % при температурі прогрівання пилку 40 °С та до 93,3 % при температурі – 41 °С.

2. Ефективність добору родин кукурудзи на жаростійкість за збереженням життєздатності пилку при перегріві

Родина	1-й цикл добору			3-й цикл добору		
	контроль	40 °С	41 °С	контроль	40 °С	41 °С

	зерен на качані, шт.	зерен на качані, шт.	озерненість качана, % до контролю	зерен на качані, шт.	озерненість качана, % до контролю	зерен на качані, шт.	зерен на качані, шт.	озерненість качана, % до контролю	зерен на качані, шт.	озерненість качана, % до контролю
СЛФ 5-9	252	157	61,4	94	57,2	260	238	91,7	215	90,6
СЛФ 6	264	180	68,3	96	45,3	278	208	75,1	195	70,5
СЛФ 9	254	199	78,3	97	57,1	298	272	91,3	268	90,0
СЛФ 10-2	234	146	62,4	100	55,8	289	234	81,2	160	80,0
СЛФ 17-2	264	217	82,3	103	72,4	296	268	90,5	260	88,0
СКФ 55	246	157	63,7	86	40,5	268	248	92,7	232	86,7
СКФ 86	286	236	82,4	216	75,6	296	277	93,5	273	92,4
СКФ 116	258	169	65,6	158	61,5	294	278	94,8	266	90,6
ДЖК 16	298	217	73,0	190	65,8	316	301	95,4	278	92,6
ДЖК 35	302	218	72,4	206	68,4	325	320	98,6	299	93,3
ДЖК 40	302	268	88,8	104	70,0	321	316	98,5	162	92,8
Md*	2,1	1,8	1,7	1,9	1,5	2,2	1,8	1,6	1,9	1,7
P, %	1,7	1,6	1,6	1,8	1,4	1,9	1,7	1,4	1,8	1,5

За три генерації самозапилення і добору ідентифіковано 40 жаростійких родин. Решта віднесена до груп слабо- і нежаростійких.

Оцінка та добір вихідного матеріалу кукурудзи на жаро- та посухостійкість дозволив значно підвищити ці ознаки у досліджуваних генотипів кукурудзи. Застосовуючи в практичній селекції кукурудзи комплекс фізіологічних методів оцінки, встановили, що значних відмінностей між ними не спостерігалось (табл. 3).

3. Кореляційна залежність між результатами оцінок методів дослідження

Діагностика стійкості	Діагностика стійкості					
	на проростках			на вегетуючих органах рослин		
	пророщування насіння	гідроліз статолітного крохмалю	метод Ф.Ф. Мацкова	збереження життєздатності пилку	зміна електричного опору тканини листка	
	жаростійкість	посухостійкість	жаростійкість	посухостійкість	жаростійкість	посухостійкість
Кореляційна залежність (r)						
На проростках:						
- пророщування насіння (жаростійкість)	1					
- гідроліз статолітного крохмалю (жаростійкість)	0,607*	1				
- гідроліз статолітного крохмалю (посухостійкість)	0,411	0,431	1			
На вегетуючих органах :						
- метод Ф.Ф. Мацкова (жаростійкість)	0,516*	0,477	0,473	1		
- збереження життєздатності пилку (жаростійкість)	0,815**	0,784**	0,494	0,698**	1	
- зміна електричного опору тканини листка (посухостійкість)	0,486	0,462	0,589*	0,582*	0,645*	1

*суттєво при $P_{0,95}$, ** суттєво при $P_{0,99}$.

Кореляційний аналіз дозволяє зробити висновок: найбільш тісна кореляційна залежність існує між оцінками, отриманими лабораторним методом пророщування насіння при порогових температурах та оцінками

жаростійкості, визначенням за збереженням життєздатності пилку при перегріві ($r = 0,815$).

Середню кореляційну залежність виявлено між оцінками, отриманими лабораторним методом визначення посухостійкості за ступенем гідролізу статолітного крохмалю в клітинах кореневого чохлаку при зневодненні, та оцінками методів визначення жаростійкості на вегетуючих органах рослин ($r = 0,473$ і $0,494$).

Застосовуючи різні фізіологічні методи оцінки та добору селекційного матеріалу кукурудзи за ознаками, що вивчалися, ми дійшли висновку, що одним із кращих є спосіб визначення жаростійкості за збереженням життєздатності пилку після його теплової обробки. Він дозволяє проводити добір зразків на вегетуючих рослинах. Перевага його полягає ще й у тому, що виділення вихідного селекційного матеріалу можна розпочинати на початкових етапах створення ліній. Інші існуючі методи не дозволяють використовувати досліджуваний матеріал після проведення оцінки, до того ж вони високовитратні за матеріальними цінностями та тривалі в часі.

Висновки

У результаті проведеної нами оцінки термостійкості селекційного матеріалу кукурудзи виділено 89 родин, здатних переносити високі температури та протистояти жарі, посуці з найменшим зниженням рівня врожайності. Насамперед це – СЛФ 5-9, СЛФ 9, СЛФ 17-2, СКФ 55, СКФ 86, СКФ 116, ДЖК 16, ДЖК 35, ДЖК 40 та ін. Виділено 14 родин з комплексною стійкістю до жару, посухи та холоду, 20 – були посухо- та холодостійкими, 16 – жаро- та холодостійкими, 39 ліній не мали поєднаної стійкості.

Більш ефективними методами масової оцінки та добору генотипів кукурудзи на жаростійкість є метод пророщування насіння за підвищених порогових температур з подальшим дорощуванням цих проростків і самозапиленням рослин протягом трьох циклів; методика оцінки та добору ліній кукурудзи за збереженням життєздатності пилку після його теплової обробки.

Бібліографія

1. Удовенко Г.В. Общие требования к методам и принципам диагностики устойчивости растений к стрессовым воздействиям. – Л.: ВИР, 1988. – С. 5–10.
2. Hardacre A., Eagles H.A. Comparative temperature reroutes of corn belt deut and corn welt deut pool 5 maize hybrids // Field Crops/ Res. – 1986. – Vol. 26, № 5. – P. 1009–1012.
3. Шматько И.Г., Григорюк И.А., Шведова О.С. Устойчивость растений к водному и температурному стрессам. – К.: Наукова думка, 1999. – 221 с.
4. Генкель П.А., Баданова К.А., Левина В.А. Использование физиологических методов диагностики засухоустойчивости в селекции

растений // Физиология растений в помощь селекции. – М.: Наука, 1974. – С. 5–19.

5. *Удовенко Г.В., Гончарова Э.А.* Принципы и приёмы диагностики устойчивости растений к экстремальным условиям среды // Сельскохозяйственная биология. – 1989. – №1. – С. 18–24.

6. *Черчель В.Ю., Вишневский Н.В., Максимова Л.А.* Оценка и отбор исходного материала кукурузы на жароустойчивость по физиологическим признакам // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. Юбилейный выпуск, посв. 100-летию со дня рождения М.И. Хаджинова. – Краснодар, 1999. – С. 136–139.

7. Диагностика и отбор инбредных линий кукурузы на термоустойчивость по физиологическим признакам / *Г.Л. Филиппов, Н.В. Вишневский, А.Н. Ивахненко, В.А. Губенко* // Сельскохозяйственная биология. – 1987. – № 5. – С. 61–64.

8. Способ отбора исходного материала кукурузы на холодостойкость: А.с. № 1717015 / *Г.Л. Филиппов, Н.В. Вишневский, В.А. Губенко, Г.М. Журба.* Опубл. 07.03.01992., Бюл. – № 9.

9. *Генкель П.А., Баданова К.А., Левина В.В.* Применение прямого лабораторного метода диагностики жаро- и засухоустойчивости растений для селекции путём гидролиза статолитного крахмала. – М: Колос, 1972. – 24 с.

10. *Мацков Ф.Ф.* К вопросу о физиологической характеристике сортов яровой пшеницы // Советская ботаника. – 1936. – № 1. – С. 98–105.