

АДАПТИВНА ЗДАТНІСТЬ ТА СТАБІЛЬНІСТЬ ГЕНОТИПІВ ПРОСА ДО ПОСУХИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВМІСТУ ТРИПТОФАНУ В ЗЕРНІ

О. В. Горлачова, С. М. Горбачова, О. О. Садовой
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН

Для визначення посухостійкості генотипів проса було використано метод пророщування насіння проса в розчині цукрози. Вивчено адаптивна здатність до посухи та стабільність ознаки 50 зразків. Для селекції на посухостійкість виділено джерела проса: сорт Константинівське, зразки IR 1281 та IR 1286. Визначено ступінь кореляції між вмістом триптофану в зерні проса та схожістю насіння при пророщуванні у розчині цукрози. Вивчено адаптивна здатність та стабільність зразків проса за ознакою вміст триптофану в зерні. Виділено джерела з високим вмістом триптофану в зерні проса. Встановлено, що зразки з низьким вмістом триптофану в зерні характеризувались високим рівнем посухостійкості.

Просо, посухостійкість, адаптивна здатність, стабільність, кореляція, вміст триптофану, пророщування насіння, розчин цукрози

Вступ. Просо має широкий ареал розповсюдження в таких країнах як Індія, Африка, Китай, Росія, Україна та ін. Світові посівні площі проса займають 35,1 млн. га, а в Україні вирощується від 0,098 до 0,370 млн. га. У зв'язку з тим, що в останні роки вчені відмічають глобальне потепління клімату [1], то в селекції проса актуальним напрямом є створення сортів з високим рівнем адаптивної здатності до посушливих умов. Встановлено, що просо у кожен період розвитку чутливе до нестачі води у ґрунті та повітрі [2]. При тривалому дефіциті вологи відбувається різке зниження урожайності та якості зерна: маси зерна з золоті, маси 1000 зерен, відбувається руйнування каротиноїдів в зерні. Так як посухостійкість рослин є комплексною ознакою, то для створення сортів, пристосованих до ґрунтового дефіциту вологи, селекціонеру слід мати джерела адаптивних ознак. Існують різні підходи до оцінки загальної комбінаційної здатності та стабільності генотипів, але Кільчевський А. В. і Хотильова Л. В. запропонували метод генетичного аналізу, що базується на випробуванні генотипів в різних середовищах і дозволяє виявити загальну та специфічну адаптивну здатність та стабільність. Цінність методу полягає у можливості дослідити властивість генотипу і вести добір за адаптивною здатністю в залежності від поставлених селекційних задач [3, 4].

Існує непрямий метод визначення відносної посухостійкості – пророщування насіння в розчині цукрози [5]. Цей метод дозволяє ефективно виділяти перспективні форми проса з підвищеними адаптивними властивостями до посушливих умов. Також із літературних джерел відомо, що у регулюванні багатьох фізіолого-біохімічних процесів велику роль відіграє незамінна амінокислота триптофан. При недостатньому зволоженні ґрунту у проса знижується здатність до синтезу триптофану в листі, що призводить до зниження вмісту ауксинів, які є важливим регуляторним компонентом в системі рослини, що відповідають за поділ клітин в меристематичних тканинах [6, 7]. Таким чином, визначення вмісту триптофану в зерні є також ефективним непрямим методом виділення посухостійких форм.

Метою наших досліджень було виділення джерел проса, стійких до посушливих умов, визначення їх адаптивної та специфічної здатності. Визначення динаміки накопичення незамінної амінокислоти триптофану в зерні проса в залежності від рівня стійкості генотипів до умов посухи, а також визначення адаптивності сортозразків за цією ознакою.

Матеріал та методика досліджень. Об'єктом наших досліджень були 50 сортозразків проса. Стандарт – Харківське 57. Насіння для проведення досліджень одержали у 2007 та 2008 рр. на дослідному полі Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН в ґрунтово-кліматичних умовах, що характерні для Лісостепу України. Погодні умови 2007 р. характеризувалися достатньою кількістю опадів і помірним температурним режимом на рівні середньо багаторічних показників; 2008 р. характеризувався надмірною кількістю опадів на перших етапах онтогенезу проса. Відносну посухостійкість зразків проса визначали за методикою ВІР [5]. Пророщування насіння проводили на фільтрувальному папері. У чашках Петрі після їх стерилізації у термостаті протягом 1-2 годин при 150⁰С розміщували по 50 шт. насінин. Для дослідного варіанта використовували триразову повторність, а контрольного – дворазову. У кожну дослідну чашку наливали 5 мл 14,9 % розчину цукрози, що відповідає осмотичному тиску 13 атм., контроль – дистильована вода. Потім чашки Петрі розміщували у термостаті при температурі 24⁰С на шість діб. У дослідному варіанті пророслими вважали насіння, які мали коріння довжиною 2-5 мм.

Величину групового інтервалу розраховували за формулою:

$$K = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{R}, \text{ де:}$$

X_{\max} – максимальне значення проценту проростання;

X_{\min} – мінімальне значення проценту проростання;

R – кількість груп.

Загальний вміст триптофану в зерні визначали на амінокислотному аналізаторі "Alpha Plus-M 4154». Статистичний обробіток даних проводили в комп'ютерній програмі «Статистика». Оцінку адаптивної здатності проса

за посухостійкістю та загальним вмістом триптофану в зерні проводили шляхом обчислення, керуючись «Методом оцінки адаптивної здатності та стабільності генотипів і середовища» [3, 4].

Результати досліджень. Нами було визначено ступінь проростання насіння сортозразків проса в розчині цукрози (табл. 1). Величина групового інтервалу у 2007 р. дорівнювала 14 %, а у 2008 р. – 13 %. Таким чином, за ступенем стійкості до посухи зразки було поділено на три групи:

1. Нестійкі – 0 – 14 % насіння проросло в цукрозі ;
2. Середньостійкі – 15 – 29 % насіння проросло в цукрозі;
3. Високостійкі – 30 – 45 % насіння проросло в цукрозі.

Сортозразки проса різняться за ступенем проростання насіння в розчині цукрози, то можна виділити джерела проса стійкі до дефіциту вологи. За два роки вивчення селекційного матеріалу найбільшу стійкість до водного дефіциту показали сорт Константинівське (31 %) та зразок IR 1281 (37 %). Зразок IR 1286 мав нестабільний рівень ознаки у 2007 р.- 38 %, а у 2008 р. – 16 %. А сортозразки IR 76, IR 87, IR 987, IR 1207 виявилися нестійкими до посухи (середнє значення відповідно 8 %, 5 %, 7 %, 6 %).

Таблиця 1

Диференціація зразків проса за ступенем проростання насіння в розчині цукрози, 2007-2008 рр.

Зразок	Проросло насіння в цукрозі, %		Середнє значення, %
	2007 р.	2008 р.	
Харківське 57	18	25	22
Харківське 31	10	12	11
Слобожанське	26	20	23
Константинівське	26	36	31
Ювілейне	15	12	14
Вітрило	12	18	15
IR 5	18	22	20
IR 65	11	13	12
IR 76	7	8	8
IR 87	7	2	5
IR 987	6	7	7
IR 1207	6	6	6
IR 1252	20	16	18
IR 1281	40	33	37
IR 1286	38	16	27
IR 1292	24	24	24
IR 1294	23	28	26
НІР ₀₅	5,2	4,8	

Остаточний вибір зразків проса як джерел стійкості до посухи може бути зроблено в залежності від адаптивної здатності або стабільності генотипів до цієї ознаки. Дисперсійний аналіз дозволив виявити високу достовірну різницю між ефектами генотипів, серед та їх взаємодій, що дає можливість визначити загальну та специфічну адаптивну здатність проростання насіння проса в цукрозі ($F_{0,5} = 2,50$ при $F_{\text{табл.}} = 1,39$). Виділено зразки проса з високою загальною адаптивною здатністю: Константинівське, IR 1266, IR 1281, IR 1286, IR 1294 (табл. 2). Але генотипи IR 1266, IR 1286 характеризувалися низькою екологічною стабільністю ознаки (11,29; 12,70 відповідно). Такі зразки не можуть гарантовано забезпечити високої стійкості до посухи в різні роки вирощування. Найкращими джерелами в селекції проса до цієї ознаки можуть бути: Константинівське, IR 1281, IR 1294 (екологічна стабільність зразків становила 3,29; 4,70; 0,29 відповідно). За роки дослідження сортозразків проса низьку селекційну цінність мали: IR 76, IR 87, IR 429, IR 617, IR 1207, IR 1269.

Таблиця 2

Характеристика адаптивної здатності та стабільності генотипів проса за ознакою «стійкість до посухи», 2007-2008 рр.

Зразок	Загальна адаптивна здатність	Екологічна стабільність зразків
Харківське 57	-2,70	5,29
Слобожанське	9,29	4,70
Константинівське	15,29	3,29
IR 64	8,24	14,29
IR 76	-7,70	1,70
IR 87	-10,70	4,70
IR 429	-10,70	2,70
IR 486	7,29	5,29
IR 617	-10,70	0,70
IR 912	3,29	10,70
IR 987	-8,70	0,70
IR 1207	-9,70	1,70
IR 1266	11,29	12,70
IR 1269	-7,70	0,29
IR 1281	21,29	4,70
IR 1286	11,29	12,70
IR 1292	8,29	1,70
IR 1294	10,29	0,29

Із літературних джерел відомо, що незамінна амінокислота триптофан відіграє значну роль у здатності рослин добре переносити несприятливі фак-

тори середовища, у т.ч. і посуху. Як показали наші дослідження, між ознаками «вміст триптофану в зерні» та «посухостійкість» існує залежність (у 2007 р. $r = -0,45$, а у 2008 р. коефіцієнт кореляції склав $r = -0,21$). Нами було виділено джерела з підвищеним вмістом триптофану в зерні: IR 76, IR 130, IR 64, IR 429 (табл. 3). Відмічено, що ці селекційні зразки, характеризувалися низьким рівнем проростання насіння в цукрозі. А джерела посухостійкості сорт Константинівське, зразки IR 1281 та IR 1286 мали низький вміст триптофану в зерні (середнє за роками 0,17 %; 0,19 % та 0,15 % відповідно).

Таблиця 3

Диференціація сортів і ліній проса за ознакою
«вміст триптофану в зерні», 2007-2008 рр.

Зразок	Вміст триптофану в зерні проса, %		
	2007	2008	середнє
Харківське 57	0,17	0,17	0,17
Харківське 31	0,19	0,16	0,18
Слобожанське	0,17	0,17	0,17
Константинівське	0,15	0,19	0,17
Ювілейне	0,24	0,18	0,21
Надійне	0,23	0,17	0,20
IR 39	0,28	0,21	0,24
IR 55	0,33	0,20	0,26
IR 62	0,28	0,24	0,26
IR 64	0,34	0,29	0,32
IR 76	0,32	0,22	0,27
IR 87	0,31	0,17	0,24
IR 130	0,28	0,26	0,27
IR 347	0,28	0,19	0,23
IR 427	0,23	0,12	0,17
IR 912	0,17	0,14	0,16
IR 987	0,25	0,21	0,23
IR 429	0,32	0,22	0,27
IR 497	0,17	0,15	0,16
IR 1281	0,18	0,21	0,19
IR 1286	0,16	0,14	0,15
Середнє	0,25	0,19	0,22

Загальна оцінка генотипів проса за адаптивною здатністю та стабільністю вмісту триптофану в зерні наведена в табл. 4. Зразки IR 913, IR 427 сильно реагують на умови вирощування і мають високе значення варіанти генотип × середовище. Високу загальну адаптивну здатність мають форми з високим вмістом триптофану: IR 64, IR 76, IR 130, IR 429. У зразків: Ювілейне, Надійне, IR 429 коефіцієнт компенсації був більше одиниці ($K_{gi} >$

1, що свідчить про перевагу ефекту дестабілізації. Для одночасного відбору зразків на ЗКЗ та стабільність визначено селекційну цінність генотипів (СЦГ_i). Найкращими зразками, які поєднують високий вміст триптофану в зерні та стабільність виявилися: IR 53, IR 62, IR 64, IR 372. Посухостійкі форми проса сорт Константинівське, зразки IR 1281 та IR 1286 проявили низьку загальну адаптивну здатність.

Таблиця 4

Загальна оцінка генотипів адаптивної здатності та стабільності за ознакою «вміст триптофану в зерні», 2007-2008 рр.

Зразок	ЗКЗ (V _i)	САЗ	Коефіцієнт нелінійності (I _{gi})	Селекційна цінність генотипу (СЦГ _i)	Коефіцієнт компенсації (K _{gi})
Харківське 57	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Харківське 31	-0,04	0,02	-0,14	0,11	0,29
Слобожанське	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Константи- нівське	-0,04	0,02	-0,08	0,02	0,35
Ювілейне	-0,01	0,04	-0,08	0,06	1,61
Надійне	-0,02	0,04	-0,16	0,07	1,16
IR 53	0,01	0,01	3,11	0,20	0,05
IR 55	0,04	0,09	0,30	-0,02	6,22
IR 62	0,04	0,02	-0,20	0,19	0,35
IR 64	0,10	0,03	-0,24	0,22	0,73
IR 76	0,05	0,07	0,17	0,04	3,84
IR 130	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
IR 372	0,01	0,03	-0,23	0,13	0,81
IR 427	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
IR 429	0,05	0,07	0,17	0,04	3,92
IR 913	-0,06	0,02	-0,03	0,10	0,24
IR 1281	-0,05	0,03	-0,14	0,00	0,61
IR 1286	-0,05	0,03	-0,03	0,02	0,53

Таким чином, наші дані свідчать, що більш посухостійкі форми мають понижений вміст триптофану в зерні, а у зразків, які характеризувалися підвищеним вмістом цієї незамінної амінокислоти в зерні, як правило, насіння у розчині цукрози проростало в межах 0-14 %. Передбачаємо, що під час посухи стійкі до стресу рослини активно витрачають триптофан на синтез гетероауксинів, що дозволяє їм зберегти активність ростових процесів в органах та тканинах, і рослина проса виходить зі стресу менш пригніченою, ніж нестійка форма. В той же час, витрачена на боротьбу зі стресом незамінна амінокислота триптофан не відновлюється, і при подальшому розвит-

ку рослини в процесі відтоку пластичних речовин з генеративних в репродуктивні органи кількість триптофану знижується, тобто в насінні його накопичується менше, ніж у нестійких до посухи форм проса.

Висновки. Рекомендуємо в селекції на посухостійкість використання таких джерел: сорт Константинівське, зразки IR 1281 та IR 1286. Ці форми характеризуються підвищеною адаптивною здатністю.

Найменшу селекційну цінність в селекції на посухостійкість мають зразки проса: IR 76, IR 87, IR 429, IR 617, IR 1207, IR 1269.

Встановлено, що між ознаками «вміст триптофану в зерні» та «проростання насіння в розчині цукрози» існує обернена залежність (у 2007 р. $r = -0,45$, а у 2008 р. коефіцієнт кореляції склав $r = -0,21$).

Виділено джерела з підвищеним вмістом триптофану в зерні та високою загальною адаптивною здатністю: IR 76, IR 130, IR 64, IR 429.

Встановлено, що зразки з високим вмістом триптофану в зерні характеризуються низьким відсотком проростання насіння в розчині цукрози. Посухостійкі форми використовують цю незамінну амінокислоту в період дефіциту вологи у ґрунті, щоб протистояти стресовим факторам.

Список використаних джерел

1. *Орлеанская Е. С.* Изменение глобальной экосистемы в период потепления климата / Е. С. Орлеанская // Общество. Среда. Развитие (Тerra Humana). – 2011. – № 1.
2. *Эмих Т. А.* О развитии просовидных злаков: автореф. дисс. на соискание учен. степени доктора биологических наук / Т. А. Эмих. – Ленинград, 1962. – 38 с.
3. *Кильчевский А. В., Хотылева Л. В.* Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева // Сообщение 1. Обоснование метода. Генетика. – 1985. – Том 11. – № 9. – С. 1481-1490.
4. *Кильчевский А. В., Хотылева Л. В.* Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева // Сообщение 2. Числовой пример и обсуждение. Генетика. – 1985. – Том 11. – № 9. – С. 1491-1498.
5. *Определение относительной засухоустойчивости образцов проса способом проращивания семян в растворах сахарозы (методические указания).* – Ленинград. – 1987. – 12 с.
6. *Пустовойтова Т. Н.* Стрессовые воздействия и изменение уровня регуляторов роста растений / Т. Н. Пустовойтова // Рост растений и дифференцировка. – М.: Наука, 1981. – С. 225-244.
7. *Прусакова Л. Д.* Рост листьев в связи с содержанием аминокислот и ДНК при различном водном режиме / Л. Д. Прусакова // Водный режим растений в связи с обменом и продуктивностью. – М.: Издательство АН СССР. – 1963. – С. 242.