

## СЕЛЕКЦІЯ СОЇ ОВОЧЕВОЇ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПОСУХИ ТА ЗАСОЛЕННЯ ҐРУНТІВ

*Ґура В.В., аспірант*

*Боровик В.О., доктор с.-г. наук, с. н. с*

*Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, Україна*

Зростаюча частота посух та поширення засоленних ґрунтів створюють серйозні загрози для сільського господарства. Соя овочева, як важлива сільськогосподарська культура, є особливо вразливою до цих стресових факторів. Пошук шляхів підвищення посухо- та солестійкості сої є актуальним завданням сучасної селекції. Мета даного дослідження полягає у розробці ефективних методів селекції сої овочевої на стійкість до посухи та засолення ґрунтів з метою створення нових високопродуктивних сортів, адаптованих до умов зростаючої посушливості. Для досягнення цієї мети будуть вирішуватися такі завдання: ідентифікація генетичних маркерів, пов'язаних зі стійкістю до посухи та засолення, оцінка різноманітності генотипів сої за ознаками стійкості, розробка ефективних методів відбору стійких рослин, створення нових сортів сої з підвищеною посухо- та солестійкістю.

Наявність посухостійких культур дозволить вирощувати їх в посушливих і напівпосушливих землях, забезпечуючи прийнятні врожаї без залежності від зрошувальної води або принаймні при скороченні зрошення. Ці сорти можуть навіть допомогти відновити покинуті сільськогосподарські угіддя, де вирощування звичайних культур є нерентабельним через низьку врожайність. Подібним чином солестійкі культури матимуть позитивний вплив на продуктивність сільськогосподарських культур у зрошуваному землеробстві; незважаючи на прогресуюче засолення ґрунту, ці рослини можуть підтримувати стабільну врожайність, а також їх можна вирощувати, використовуючи солонувату воду для зрошення, таким чином зберігаючи якісну прісну воду для споживання людиною та інших цілей. Солестійкі культури також допоможуть повернути колишні орні землі, які вже були втрачені внаслідок вторинного засолення, або їх навіть можна вирощувати на природно засоленних маргінальних ґрунтах [1].

Посуха та засолення є двома важливими абіотичними факторами, що обмежують виробництво сої в усьому світі, і лише посуха спричиняє близько 40% втрат врожаю. Зрошення та меліорація ґрунту не є економічно вигідними варіантами виробництва сої в умовах посухи та засолення. Отже, генетичне покращення стійкості до посухи та солі є економічно ефективним. Традиційна селекція зробила значний внесок у покращення сої за останні 50 років. За допомогою звичайного розведення легко маніпулювати просто успадкованими якісними ознаками, які менш чутливі до змін навколишнього середовища,

але на кількісні ознаки, такі як урожайність або стійкість до абіотичного стресу, суттєво впливає середовище. Більшість агрономічно важливих ознак кількісно успадковуються, і їх важко покращити за допомогою звичайного розведення. Технології молекулярних маркерів можуть розбивати кількісні ознаки на окремі компоненти, відомі як локуси кількісних ознак, що дозволяє відбирати бажані ознаки за допомогою маркера за набагато коротший час, уникаючи трудомісткого, звичайного, фенотипового відбору. Підхід молекулярного розведення може доповнити звичайну систему розведення. Добре розроблені молекулярно-генетичні карти, функціональні геномні ресурси та інші молекулярні інструменти доступні для сої. Ефективне використання цих ресурсів дозволить краще зрозуміти основні механізми толерантності до абіотичного стресу. Інтеграція цих геномних інструментів у поєднанні з добре розробленими стратегіями селекції допоможе розробити сорти сої з підвищеною стійкістю до посухи та солі [2]. Останні дослідження все більше зосереджуються на з'ясуванні комплексних реакцій сої на абіотичні стресори, включаючи посуху, засолення, екстремальні температури, дисбаланс рН ґрунту та дефіцит поживних речовин [3]. Наприклад, стрес від посухи призводить до зменшення доступності води, викликаючи закриття продихів і перешкоджаючи засвоєнню вуглецю, тим самим перешкоджаючи загальному росту рослин [4]. Посуха, особливо під час проростання насіння та цвітіння, може знизити врожайність більш ніж на 50%, що призводить до значних економічних втрат [5,6].

Соеві боби також чутливі до засолення, яке впливає на якість насіння, ріст і утворення бульбочок через окислювальний стрес, іонну токсичність і осмотичний дисбаланс [8].

Зусилля, спрямовані на підвищення стійкості сої до посухи та засолення, включають багатогранний підхід, який поєднує як звичайну селекцію, так і біотехнологічні втручання. Основні стратегії зосереджені на розведенні таких ознак, як покращена ефективність використання води, солестійкість і стійкість до теплового стресу [9]. Щоб досягти цих досягнень у стійкості сої та харчовій якості, застосовується цілий ряд генетичних методів покращення, що поєднують як традиційні, так і сучасні біотехнологічні підходи:

#### Традиційний

Цей підхід використовує різноманітні зародкові плазми для включення бажаних ознак у потомство. Глобальна колекція зародкової плазми сої, що включає приблизно 200 000 зразків, що зберігаються в більш ніж 70 країнах, з яких 30% є унікальними, служить важливим ресурсом для селекції [10].

#### Вибір за допомогою маркерів (MAS)

Асоціація бажаних генотипів зі специфічними генетичними маркерами може прискорити розробку високопродуктивних сортів сої. Спочатку були визначені локуси

кількісних ознак (QTL), пов'язані з такими важливими ознаками, як вміст білка та олії. Це призвело до відкриття 25 одонуклеотидних поліморфізмів (SNP), пов'язаних із вмістом олії в насінні, і семи SNP, пов'язаних із вмістом білка та олії [11]. Додаткові інструменти, такі як геномна селекція (GS), представляють нову альтернативу традиційним MAS, демонструючи підвищену ефективність у покращенні складних кількісних ознак у сої. У той час як MAS зосереджується на ідентифікації та виборі QTL, GS використовує загальногеномні маркерні дані для прогнозування продуктивності індивідуумів на основі їх генетичного складу [12].

### Генна інженерія

Технології рекомбінантної ДНК дозволили швидко і точно розробити нові сорти сої, перевершивши традиційні методи селекції. Головною перевагою генної інженерії є можливість вводити чужорідні гени для надання нових ознак культурам у дуже специфічний спосіб. Використовувані методи полягають у введенні чужорідного гена за допомогою трансформації, опосередкованої *Agrobacterium* і біолістичної доставки металевих мікрочастинок, покритих чужорідною ДНК, яку необхідно ввести [13].

Інтеграція стратегій молекулярної селекції зі стійкими методами ведення сільського господарства пропонує шлях до розробки більш стійких і продуктивних сортів сої, тим самим сприяючи глобальній продовольчій безпеці та стійкості сільського господарства [7]. Висновки підкреслюють важливість проведення подальших досліджень у цій галузі. Створення сортів сої, стійких до посухи та засолення, є необхідним кроком для забезпечення сталого розвитку сільського господарства.

З метою створення нових сортів, адаптованих до посухи і засолених ґрунтів, після всебічної оцінки, у 2024 році були підібрані з колекції та підготовлені для гібридизації 9 кращих за господарсько-цінними ознаками зразків сої овочевої, а саме: Sac, Кобра, Fiskeby V, Karikachi, Фора, Веста, СибНИИСОХ 6, Л 362-2-13, Л 380-2-13, які були висіяні на ділянці гібридизації, де проводились роботи по схрещуванні. Гібридизацію проводили двома способами – зі штучним видаленням пиляків вранці з квіток материнської форми гібридної комбінації і без.

Всього були запилені 137 квіточок, зі штучним видаленням пиляків вранці з квіточок материнської форми гібридної комбінації (ВПВ) – 92, без видалення пиляків вранці (БВП) – 45). Середній відсоток зав'язування складав 18,3 % (ВПВ – 23,7 %, БВП – 12,9 %). Гібридного насіння одержано 19 штук. Найвищий відсоток зав'язування бобів – 23,7 % спостерігали у рослин зі штучним видаленням пиляків вранці з квіток материнської форми гібридної комбінації, без видалення пиляків – зав'язування становило 12,9 %, показники яких на 10,8 % є меншими. Кращими батьківськими формами виявилися сорти Sac, Кобра, Фора,

Карікачі, Л 380-2-13. Зав'язування бобів у цих комбінаціях складав: у Фора /Л 380-2-13 – 33,3 %, у Sac /Кобра – 28,6 %, у Карікачі / Фора та Фора /Карікачі – по 25,0 %.

Комбінація Фора /Л 380-2-13 мала найбільший відсоток зав'язування бобів (33,3 %), найменший спостерігався у комбінації Карікачі / Sac (18,8 %) з видаленням пиляків вранці з квіток материнської форми гібридної комбінації і у Sac/ Fiskeby V (14,3 %) – без видалення. В наступних розсадниках добори будуть проводитись за досліджуваними ознаками.

### Список використаних джерел

1. Owens, S. Salt of the earth. Genetic engineering may help to reclaim agricultural land lost due to salinisation. *EMBO Rep.* 2001 2, 877–879. doi: 10.1093/embo-reports/kve219.

2. Md S. Pathan, Jeong-Dong Lee, J. Grover Shannon & Henry T. Nguyen. Recent Advances in Breeding For Drought and Salt Stress Tolerance in Soybean. *Springer Nature Link* 2007. doi:10.1007/978-1-4020-5578-2\_30.

3. Staniak, M.; Szpunar-Krok, E.; Kocira, A. Responses of Soybean to Selected Abiotic Stresses—Photoperiod, Temperature and Water. *Agriculture* 2023, 13, 146. doi: 10.3390/agriculture13010146.

4. Gupta, A.; Rico-Medina, A.; Caño-Delgado, A.I. The Physiology of Plant Responses to Drought. *Science* 2020, 368, 266–269. doi: 10.1126/science.aaz7614.

5. Desclaux, D.; Huynh, T.-T.; Roumet, P. Identification of Soybean Plant Characteristics That Indicate the Timing of Drought Stress. *Crop Sci.* 2000, 40, 716–722. doi: 10.2135/cropsci2000.403716x.

6. Wei, Y.; Jin, J.; Jiang, S.; Ning, S.; Liu, L. Quantitative Response of Soybean Development and Yield to Drought Stress during Different Growth Stages in the Huaibei Plain, China. *Agronomy* 2018, 8, 97. doi: 10.3390/agronomy8070097.

7. Vargas-Almendra A., Ruiz-Medrano R., Alberto Núñez-Muñoz L., Abrahán Ramírez-Pool J., Calderón-Pérez B., Xoconostle-Cázares B. Advances in Soybean Genetic Improvement. *Plants* 2024, 13(21), 3073. doi:10.3390/plants13213073.

8. Hasanuzzaman, M.; Parvin, K.; Islam Anee, T.; Awal Chowdhury Masud, A.; Nowroz, F. Salt Stress Responses and Tolerance in Soybean. In *Physiology*; Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Eds.; IntechOpen: London, UK, 2022; Volume 11, ISBN 978-1-83969-866-8. doi: 10.5772/intechopen.94821.

9. Lee, H.; Park, S.-Y.; Zhang, Z.J. An Overview of Genetic Transformation of Soybean. In *A Comprehensive Survey of International Soybean Research—Genetics, Physiology, Agronomy*

*and Nitrogen Relationships*; Board, J., Ed.; InTech: London, UK, 2013; ISBN 978-953-51-0876-4. doi: 10.5772/51076.

10. Li, D.; Zhang, Z.; Gao, X.; Zhang, H.; Bai, D.; Wang, Q.; Zheng, T.; Li, Y.-H.; Qiu, L.-J. The Elite Variations in Germplasms for Soybean Breeding. *Mol. Breed.* 2023, *43*, 37. doi: 10.1007/s00122-002-1073-3.

11. Samanfar, B.; Molnar, S.J.; Charette, M.; Schoenrock, A.; Dehne, F.; Golshani, A.; Belzile, F.; Cober, E.R. Mapping and Identification of a Potential Candidate Gene for a Novel Maturity Locus, E10, in Soybean. *Theor. Appl. Genet.* 2017, *130*, 377–390. doi: 10.1007/s00122-016-2819-7.

12. Wang, X.; Xu, Y.; Hu, Z.; Xu, C. Genomic Selection Methods for Crop Improvement: Current Status and Prospects. *Crop J.* 2018, *6*, 330–340. doi: 10.1016/j.cj.2018.03.001.

13. Bélanger, JG; Коплі, TR; Хойос-Віллегас, В.; Шаррон, Ж.-Б.; O'Donoghue, L. Всебічний огляд стратегій стабільної трансформації Planta. *Plant Methods* 2024, *20*, 79. doi: 10.1186/s13007-024-01282-4.