



ГЕНЫ УСТОЙЧИВЫЕ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССАМ У (*HELIANTHUS ANNUUS L.*), И ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ CRISPR/CAS

Эшонкулова Д.Ш

Тешаева Ф.И.

Докторанты “Научно-исследовательский институт генетических ресурсов растений”

Аннотация: Создание генотипов подсолнечника (*Helianthus annuus L.*), устойчивых к абиотическим стрессам с использованием технологии CRISPR/Cas — одно из самых перспективных и актуальных направлений современной биотехнологии. Подсолнечник является чувствительным растением к таким абиотическим стрессовым факторам, как засуха, засоление и высокая температура. Поэтому использование технологии CRISPR/Cas для повышения его устойчив.

Ключевые слова: CRISPR/Cas, гены DREB, LEA, SOS, HSP, дегидратации, Активации.

Abstract: The development of *Helianthus annuus L.* genotypes resistant to abiotic stresses using the CRISPR/Cas technology is one of the most promising and relevant areas of modern biotechnology. Sunflower is a sensitive plant to such abiotic stress factors as drought, salinity, and high temperature. Therefore, the use of CRISPR/Cas technology to enhance its resistance.

Keywords: CRISPR/Cas, genes DREB, LEA, SOS, HSP, dehydration, activation.



CRISPR/Cas и подсолнечник CRISPR/Cas — это технология генной модификации, позволяющая точно и эффективно редактировать ДНК. С её помощью можно выявить гены подсолнечника, ответственные за устойчивость к стрессам, и, редактируя их, создать новые, высокоурожайные и стрессоустойчивые генотипы. **Гены, обеспечивающие устойчивость к абиотическим стрессам** для повышения устойчивости подсолнечника к абиотическим стрессам изучаются следующие гены и пути[1]:

Гены DREB (Dehydration Responsive Element Binding): Эти гены играют важную роль в повышении засухоустойчивости растений.

Белки LEA (Late Embryogenesis Abundant): Эти белки усиливают защитные механизмы растений против водного стресса.

Путь SOS (Salt Overly Sensitive): Этот путь участвует в повышении устойчивости растений к засолению.

Гены HSP (Heat Shock Proteins): Эти гены играют ключевую роль в обеспечении устойчивости к высоким температурам.



Гены DREB (Dehydration Responsive Element Binding) кодируют транскрипционные факторы, которые играют ключевую роль в регуляции ответа растений на абиотические стрессы, такие как засуха, холод и солёность. Они связываются с определёнными роль генов DREB в устойчивости растений[2].

Засуха: Гены DREB активируют экспрессию генов, которые помогают растениям сохранять воду и поддерживать клеточный тургор, что критично при засухе.

Холод: Они регулируют синтез белков, защищающих клеточные мембраны от повреждений при низких температурах.

Солёность: Гены DREB участвуют в механизмах, уменьшающих токсичность ионного стресса, вызванного высоким содержанием соли.

в промоторах генов, активируя их экспрессию в ответ на неблагоприятные условия[3].

Белки LEA — это группа гидрофильных белков, которые синтезируются в растениях в ответ на абиотические стрессы, такие как засуха, солёность и низкие температуры. Их основная функция заключается в защите клеток от дегидратации и поддержании структуры клеточных мембран в условиях водного дефицита

Роль белков LEA в устойчивости растений к водному стрессу

Защита от дегидратации: Белки LEA связываются с водой, предотвращая её потерю и сохраняя клеточную структуру при снижении влажности.

Стабилизация мембран: Они помогают поддерживать целостность клеточных мембран, предотвращая их разрушение в условиях стресса.

Протективные механизмы: Белки LEA участвуют в активации антиоксидантных систем, которые защищают клетки от повреждений, вызванных активными формами кислорода.

Применение в биотехнологии

Введение генов, кодирующих белки LEA, в геном сельскохозяйственных культур с помощью методов геной инженерии позволяет создавать сорта с повышенной устойчивостью к водному стрессу. Это особенно важно в условиях изменения климата и увеличения частоты засух[4].

Путь SOS (Salt Overly Sensitive) — это ключевой механизм у растений, который помогает им справляться с избыточным содержанием соли (NaCl) в почве. Вот более подробная информация: Путь SOS представляет собой серию молекулярных событий, начинающихся с восприятия ионов натрия (Na^+) в клетке и заканчивающихся активацией генов, ответственных за поддержание клеточного баланса ионного состава. Он включает в себя следующие основные компоненты:

SOS1: Na^+/H^+ -обменник, который выводит избыточные ионы натрия из клетки.

SOS2: Киназа, активирующаяся в ответ на стресс и запускающая дальнейшие сигнальные каскады.

SOS3: Кальмодулин-подобный белок, который взаимодействует с SOS2, активируя его. Эти компоненты работают в тесной связи, обеспечивая эффективный ответ.



растения на засоление. Путь SOS играет критическую роль в поддержании клеточного гомеостаза при повышенной концентрации соли в окружающей среде. Он способствует:

Выведению Na^+ из клеток: С помощью SOS1 ионов натрия выводятся из клеток, предотвращая их токсическое накопление.

Регуляции осмотического давления: Поддержание баланса ионов помогает клеткам сохранять необходимое осмотическое давление, что важно для их нормального функционирования.

Активации защитных механизмов: Сигналы, получаемые через путь SOS, активируют гены, отвечающие за синтез осмопротекторов и других защитных веществ. Понимание механизма пути SOS открывает возможности для создания растений с улучшенной устойчивостью к засолению. Введение или усиление экспрессии компонентов этого пути может привести к повышению солеустойчивости сельскохозяйственных культур, что особенно важно в условиях изменения климата и увеличения солёности почв.

Гены HSP кодируют белки теплового шока (Heat Shock Proteins) — группу белков, которые синтезируются в клетках в ответ на стрессовые условия, особенно высокие температуры.

HSP относятся к шаперонам — белкам, которые помогают другим белкам правильно сворачиваться, предотвращают их агрегацию и участвуют в восстановлении повреждённых белков. Роль генов HSP в устойчивости растений к высоким температурам.

При тепловом стрессе (например, жаре) структура белков может нарушаться, что приводит к потере их функции и повреждению клеток.

Белки теплового шока помогают защитить клеточные белки от денатурации и агрегирования.

HSP обеспечивают поддержание жизненно важных функций клеток, способствуют восстановлению и повышают выживаемость растений в экстремальных условиях.

Некоторые HSP также участвуют в защите от других видов стрессов: холод, засуха, окислительный стресс.

Основные типы HSP: HSP100, HSP90, HSP70, HSP60 — основные семейства белков теплового шока, каждый из которых выполняет свои функции в защите клеток. HSP70 — один из наиболее изученных, выполняет роль в сворачивании белков и транспортировке по клетке.

Применение в биотехнологии: Манипуляции с генами HSP (например, через CRISPR/Cas) позволяют создавать растения с повышенной термоустойчивостью. Это важно для сельского хозяйства, особенно в условиях глобального потепления и увеличения количества экстремальных температур.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Li, ZH., Wang, J., Xu, JP. va boshq. (2023) *Recent advances in CRISPR-based genome editing technology and its applications in cardiovascular research. Military Medical Research*, 10(12). DOI: 10.1186/s40779-023-00447-x.
2. Wang, M., Chen, M., Wu, X. va boshq. (2023) *CRISPR applications in cancer diagnosis and treatment. Cellular & Molecular Biology Letters*, 28(73). DOI: 10.1186/s11658-023-00483-4.
3. Ahmad, I. (2022) *CRISPR/Cas9—A Promising Therapeutic Tool to Cure Blindness: Current Scenario and Future Prospects. International Journal of Molecular Sciences*, 23(19):11482. DOI: 10.3390/ijms231911482.
4. Bairqdar, A., Karitskaya, P. E., Stepanov, G. A. (2024) *Expanding Horizons of CRISPR/Cas Technology: Clinical Advancements, Therapeutic Applications, and Challenges in Gene Therapy. International Journal of Molecular Sciences*, 25(24):13321. DOI: [10.3390/ijms252413321](https://doi.org/10.3390/ijms252413321).