QISHLOQ XO‘JALIGI EKINLARIDA CRISPR-Cas9 GENOM TAHRIRI ORQALI ABIYOTIK STRESSLARGA CHIDAMLILIKNI TA’MINLOVCHI MOLEKULYAR MEXANIZMLAR TAHLILI

Ismatova Shahzodabonu Rizomat qizi
shahzodabonuismatova@gmail.com
Turayev Ozod Sunnatalievich
ozodturaev@gmail.com
Ziyaev Zafarjon Mashrapovich
zafaruzripi@gmail.com
Qishloq xo‘jaligida bilim va innovatsiyalar milliy markazi huzuridagi O‘simliklar genetik resurslari ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya. *Global iqlim o‘zgarishi sharoitida qurg‘oqchilik, tuproq sho‘rlanishi va termik stress kabi abiotik omillar o‘simliklarda metabolik disbalansni keltirib chiqarib, qishloq xo‘jaligi ekinlari unumdorligini cheklovchi hamda global oziq-ovqat xavfsizligiga xavf soluvchi asosiy omillar hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi CRISPR-Cas9 genomni tahrirlash texnologiyasi yordamida o‘simliklarning abiyotik stresslarga adaptatsiyasini ta’minlovchi signalizatsiya yo‘llari hamda genetik regulyatorlarni modifikatsiya qilishning molekulyar mexanizmlarini ilmiy asoslashdan iborat*

Kalit so‘zlar: *CRISPR-Cas9, genom tahriri, abiyotik stress, transkripsiya omillari, osmoregulyatsiya, antioksidant himoya tizimi, knockout, ekspressiya.*

Аннотация. *В условиях глобального изменения климата абиотические факторы, такие как засуха, засоление почвы и термический стресс, вызывают метаболический дисбаланс у растений, являясь основными факторами, ограничивающими урожайность сельскохозяйственных культур и создающими угрозу глобальной продовольственной безопасности. Целью данного исследования является научное обоснование молекулярных механизмов модификации сигнальных путей и генетических регуляторов, обеспечивающих адаптацию растений к абиотическим стрессам с использованием технологии редактирования генома CRISPR-Cas9. Анализ результатов современных молекулярно-генетических и биотехнологических исследований показывает, что направленная инактивация (knockout) генов-репрессоров (negative regulators/S-genes) и повышение экспрессии факторов транскрипции (DREB, WRKY, NAC,*

bZIP) с помощью системы CRISPR-Cas9 активируют сигнальную проводимость у растений. Данный механизм генетического редактирования стабилизирует осморегуляцию за счет повышения активности антиоксидантных ферментов (SOD, CAT, POD), участвующих в нейтрализации активных форм кислорода (АФК), а также увеличения синтеза пролина и других осмопротекторов. В результате в условиях дефицита влаги и ионной токсичности сохраняется структурная целостность корневой системы и цитоплазматических мембран, а также баланс апопластного и симпластного транспорта. В заключение, редактирование генома с помощью CRISPR-Cas9 является высокоточным молекулярным инструментом для создания новых линий сельскохозяйственных культур с высоким адаптивным потенциалом и устойчивостью к абиотическим стрессам. Возможность точной инженерии без интеграции чужеродной ДНК (transgene-free) имеет важное научно-практическое значение для формирования устойчивых агросистем в условиях климатических колебаний.

Ключевые слова: *CRISPR-Cas9, редактирование генома, абиотический стресс, факторы транскрипции, осморегуляция, антиоксидантная система защиты, нокаут (knockout), экспрессия генов.*

Abstract. *Under the conditions of global climate change, abiotic factors such as drought, soil salinity, and thermal stress induce metabolic imbalances in plants, serving as primary constraints on crop productivity and threatening global food security. The objective of this study is to provide a scientific rationale for the molecular mechanisms involved in modifying signaling pathways and genetic regulators to enhance plant adaptation to abiotic stresses using CRISPR-Cas9 genome editing technology. Analysis of recent molecular genetic and biotechnological research demonstrates that targeted inactivation (knockout) of repressor genes (negative regulators/S-genes) and upregulation of transcription factors (DREB, WRKY, NAC, bZIP) via the CRISPR-Cas9 system activate signal transduction pathways in plants. This gene-editing mechanism stabilizes osmoregulation by enhancing the activity of antioxidant enzymes (SOD, CAT, POD) involved in the neutralization of reactive oxygen species (ROS), as well as increasing the synthesis of proline and other osmoprotectants. Consequently, under conditions of water deficit and ionic toxicity, the structural integrity of root systems and cytoplasmic membranes, along with the balance of apoplastic/symplastic transport, is preserved. In conclusion, CRISPR-Cas9 genome editing serves as a highly precise molecular tool for developing novel crop lines with high adaptive potential and abiotic stress tolerance. The capacity of this method for precise engineering without foreign DNA integration (transgene-free)*

holds significant scientific and practical importance for establishing sustainable agro-systems amidst climate variability.

Keywords: *CRISPR-Cas9, genome editing, abiotic stress, transcription factors, osmoregulation, antioxidant defense system, knockout, gene expression.*

Asosiy qism

So‘nggi yillardagi molekulyar-genetik va biotexnologik tadqiqotlar natijalari tahlili shuni ko‘rsatdiki, CRISPR-Cas9 tizimi orqali stressga sezgirlikni ta’minlovchi repressor genlarni (*negative regulators/S-genes*) maqsadli inaktivatsiya qilish (*knockout*) va transkripsiya omillarining (*DREB, WRKY, NAC, bZIP*) ekspressiyasini ortirish o‘simliklarda signal o‘tkazuvchanligini faollashtiradi. Ushbu genetik tahrirlash mexanizmi reaktiv kislorod shakllari (RKS) neytralizatsiyasida ishtirok etuvchi antioksidant fermentlar (SOD, CAT, POD) faolligini hamda prolin va boshqa osmoprotektorlar sintezini oshirish orqali osmoregulyatsiyani barqarorlashtiradi. Natijada suvsizlik hamda ion toksikligi sharoitida ildiz sistemasi va sitoplazmatik membranalarning strukturaviy yaxlitligi hamda apoplastik/simplastik transport muvozanati saqlanib qoladi.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, CRISPR-Cas9 genom tahriri abiyotik stresslarga bardoshli va adaptiv potentsiali yuqori bo‘lgan yangi ekin liniyalarini yaratishda yuqori aniqlikka ega maqsadli molekulyar instrument hisoblanadi. Usulning begona DNK integratsiyasisiz (*transgene-free*) aniq muhandislik imkoniyati iqlim tebranishlari sharoitida barqaror agrotizimlarni shakllantirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Jisha S., Joseph A. CRISPR/Cas-Mediated Genome Editing for Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants: Current Status and Future Prospects // Plant Physiology and Biochemistry. — 2023. — Vol. 196. — 107582. DOI: 10.1016/j.plaphy.2023.107582.
2. Li C., Zhang R., Gao C. The CRISPR/Cas Toolkit for Precise Genome Editing in Plants // Nature Reviews Genetics. — 2021. — Vol. 22, № 10. — P. 619–638. DOI: 10.1038/s41576-021-00385-w.
3. Mishra R., Joshi R. K., Zhao K. Genome Editing in Rice for Abiotic Stress Tolerance: Progress and Challenges // Critical Reviews in Plant Sciences. — 2022. — Vol. 41, № 2. — P. 121–142. DOI: 10.1080/07352689.2022.2068715.

4. Song G., Zhang B. Engineering Drought and Salinity Tolerance in Crops Using CRISPR/Cas9 Technology // Journal of Experimental Botany. — 2020. — Vol. 71, № 16. — P. 4641–4652. DOI: 10.1093/jxb/eraa215.

5. Zafar S. A., Zaidi S. S. E. A., Gaba Y., Singla-Pareek S. L., Dhankher O. P., Li X., Mansoor S. Engineering Abiotic Stress Tolerance in Wheat and Other Cereal Crops Using CRISPR/Cas Tools // Functional & Integrative Genomics. — 2020. — Vol. 20, № 5. — P. 623–635. DOI: 10.1007/s10142-020-00742-5.

6. Zhang Y., Malzahn A. A., Satenau B., Qi Y. High-Efficiency Multiplex Genome Editing in Plants Using CRISPR/Cas Systems // Plant Biotechnology Journal. — 2019. — Vol. 17, № 11. — P. 2107–2117. DOI: 10.1111/pbi.13125.