ODDIY ZIRA (CUMINUM CYMINUM L.) O'SIMLIGINING EKOLOGIK MOSLANISH MEXANIZMLARI

ECOLOGICAL ADAPTATION MECHANISMS OF CUMIN (CUMINUM CYMINUM L.)

Mardiyev Nodirbek Orifjon o'g'li
Navoiy Davlat Universiteti
E-mail: nodirbekmardiyev@gmail.com

Annotatsiya. *Ushbu tezis Cuminum cyminum L. (oddiy zira) o'simligining abiotik stress omillari — qurg'oqchilik, tuproq sho'rlanishi va yuqori harorat — ta'siriga nisbatan ekologik moslanish mexanizmlarini umumlashtiradi. Turning quruq va yarim quruq mintaqalarda yetishtirishga moslashuvini ta'minlovchi fiziologik, biokimyoviy va molekulyar mexanizmlar: prolin to'planishi, antioksidant fermentlar faolligining oshishi, osmotik muvozanat, ikkilamchi metabolitlar sintezining ko'payishi va stomatal tartibga solish jarayonlari muhokama qilinadi. Ushbu mexanizmlarni tushunish iqlim o'zgarishi sharoitida C. cyminum yetishtirishni optimallashtirish va chidamli navlar seleksiyasi uchun ilmiy asos yaratadi.*

Kalit so'zlar: *Cuminum cyminum, ekologik moslanish, qurg'oqchilik, sho'rlanish, prolin, antioksidant fermentlar, efir moyi, iqlim o'zgarishi.*

Abstract. *This thesis summarises the ecological adaptation mechanisms of Cuminum cyminum L. (cumin) in response to key abiotic stressors — drought, soil salinity, and elevated temperature. The physiological, biochemical and molecular mechanisms enabling this species to thrive in arid and semi-arid environments are discussed, including proline accumulation, enhanced antioxidant enzyme activities, osmotic adjustment, upregulation of secondary metabolite biosynthesis, and stomatal*

regulation. Understanding these mechanisms provides a scientific basis for optimising cumin cultivation under climate change and for breeding stress-tolerant varieties.

Kirish

Cuminum cyminum L. (oddiy zira) Apiaceae oilasiga mansub bir yillik o't o'simlik bo'lib, Janubiy Osiyo, O'rta Sharq va O'rta Osiyo mintaqalarida an'anaviy ravishda yetishtiriladi. O'simlik o'zining tabiiy arealida ko'pincha quruq, issiq va ba'zan sho'r tuproqli muhitlarga duch keladi. Shu sababli evolyutsion jarayonda C. cyminum bir qator ekologik moslanish mexanizmlarini ishlab chiqqan bo'lib, ular turning noqulay sharoitlarda omon qolishi va mahsuldor bo'lishiga imkon beradi (Allaq va boshq., 2020).

Iqlim o'zgarishi fonida qurg'oqchilik va sho'rlanish kabi abiotik stresslar kuchayib bormoqda. Prognozlarga ko'ra, 2050-yilga kelib dunyo qishloq xo'jaligi maydonlarining yarmidan ko'pi qurg'oqchilik stress ta'siriga uchrashi kutilmoqda (Sato va boshq., 2024). Bunday sharoitda C. cyminum turning moslanish mexanizmlarini molekulyar-fiziologik darajada o'rganish — chidamli navlar seleksiyasida, agrotexnika tavsiyalarini ishlab chiqishda va genofond resurslarini samarali foydalanishda amaliy ahamiyat kasb etadi. Ushbu tezis shu sohada to'plangan so'nggi ilmiy natijalarni umumlashtiradi.

1. Qurg'oqchilikka moslanish mexanizmlari

C. cyminum quruq va yarim quruq mintaqalar o'simligi sifatida suv taqchilligiga nisbatan bir qator fiziologik va biokimyoviy himoya reaksiyalarini ishga soladi. Eng muhim mexanizmlardan biri — abssiz kislota (ABA) ishlab chiqarishning oshishi orqali stomatal yopilishni tezlatishdir. Bu transpiratsiyani kamaytirish va hujayra suv potentsialini saqlab qolish imkonini beradi (Sato va boshq., 2024).

Mortazavian va Arshadi Bidgoli (2025) tomonidan qurg'oqchilikka chidamli

sintetik C. cyminum navini yaratish bo'yicha olib borilgan tadqiqot shuni ko'rsatadiki, yangi nav qurg'oqchilik sharoitida (dala sig'imining 30%) ota-ona genotiplarига nisbatan prolin miqdorini 52.9% ga, xlorofill a ni 46.5% ga oshirdi va hosildorlik 71.6% ga yuqori bo'ldi. Fermentativ antioksidant tizimda katalaza faolligi 131.8%, peroksidaza 122.1% va askorbat peroksidaza 264.8% ga yuqori bo'lganligi aniqlandi. Bu ko'rsatkichlar turning stresga javob berish qobiliyatining seleksiya yo'li bilan kuchaytirilishi mumkinligini isbotlaydi.

Qurg'oqchilik stressida C. cyminum da efir moyi va ikkilamchi metabolitlar sintezining kuchayishi ham kuzatiladi. Mortazavian (2025) olib borgan polycross seleksiyasi tadqiqotida qurg'oqchilik sharoitida sintetik navda urug' oqsili +12.8% va uglevod +12.9% ko'tarila olganligi, shuningdek, efir moyi tarkibiy qismlarining sifat jihatidan o'zgarganligi qayd etildi. Bu moslanish jarayoni himoya moddalarining ikki tomonlama — ham oksidativ stressga qarshi, ham ekologik adaptatsiya mexanizmi sifatida xizmat qilishidan dalolat beradi.

2. Sho'rlanishga moslanish mexanizmlari

C. cyminum nisbatan sho'rlanishga sezgir o'simlik bo'lib, sug'orish suvida tuz konsentratsiyasi 5 dS/m dan oshganda urug' hosildorligi 55% gacha kamayishi kuzatilgan. Biroq turning omon qolishi uchun bir qator biokimyoviy mexanizmlar ishga tushadi (Allaq va boshq., 2020). Asosiy himoya mexanizmlari orasida prolin, leysin va izoleytsin kabi aminokislotalar to'planishi eng muhim rol o'ynaydi. Prolin osmotik muvozanatni ta'minlash, membrana barqarorligini saqlash va erkin radikallarni zararsizlantirish funksiyalarini bir vaqtning o'zida bajaradi.

Amooaghaie va boshq. (2026) tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda mikrosuv o'tlari ekstraktlari C. cyminum ning sho'rlanishga chidamliligini kuchaytirishi ko'rsatildi. Sho'rlanish sharoitida askorbat peroksidaza (APX) va superoksid dismutaza (SOD) fermentlari faolligining oshishi kuzatildi. Elektrolit sizib chiqishi (elektrolyte leakage)

va umumiy fenol miqdori ham ortdi, bu esa oksidativ stressga qarshi himoya tizimining ishga tushishidan dalolat beradi. Natriy-vodorod almashinuvi oqsillarini kodlovchi genlar (masalan, SbNHX1) ekspressiyasini ortirish yo'li bilan C. cyminum da muhandislik usulida sho'rlanishga chidamlilik kuchaytirish ham mumkinligi isbotlangan (Yadav va boshq., 2016).

3. Issiqlik stressiga moslanish

C. cyminum optimal ravishda 25–30 °C harorat oralig'ida o'sadi. Harorat 35 °C dan oshganda gullaish, changlanish va urug' hosil bo'lish jarayonlari sezilarli darajada izdan chiqishi mumkin. Noori va boshq. (2022) kuzatishlariga ko'ra, o'sish regulyatorlari (gibberellin, sitstokinip) qo'llash issiqlik stressida C. cyminum ning morfofiziologik ko'rsatkichlarini qisman tiklash imkonini beradi.

Issiqlik stressida umuman o'simliklarda, shu jumladan zira turning qarindosh turlarida ham kuzatiladigan umumiy mexanizmlar: issiqlik shock oqsillari (HSP) sintezi, fitokhrom B (PHYB) va kriptokrom orqali termosensingning o'zgarishi, ABA miqdorining oshishi va GA darajasining pasayishi orqali reproduktiv jarayonlarning boshqarilishi (Sato va boshq., 2024). C. cyminum uchun issiqlikka javob beruvchi gen ekspressiyasi darajasida tadqiqotlar hali rivojlanish bosqichida bo'lib, bu soha kelajakda prioritet yo'nalish sifatida belgilanishi zarur.

4. Morfologik va fenologik moslanish

C. cyminum ning morfologik tuzilishi ham noqulay ekologik sharoitlarga moslashuvga yordam beradi. Mayda, tukli yaprog'lar transpiratsiya yuzasini kamaytiradi; ildiz tizimining chuqur o'sishi quruq sharoitlarda tuproqning pastki qatlamlaridan namlikni olish imkonini beradi. Turning qisqa vegetatsiya davri (80–120 kun) quruq mintaqalarda yog'ingarchilik kamlik davrini o'tkazib ketish va quruq mavsumda urug' yetiltirishga imkon beradi — bu fenologik qochish (phenological

escape) deb ataladigan muhim moslanish strategiyasidir (Ameri Bafqi va boshq., 2025).

Bundan tashqari, C. cyminum efir moyining o'zi ham ekologik funktsiya bajaradi: uchuvchan terpenoidlar hasharotlar va patogenlardan himoya qiluvchi, shuningdek, harorat stressida membrana barqarorligini ta'minlashga hissa qo'shuvchi birikmalar sifatida ishlashi mumkin.

Jadval. C. cyminum ning asosiy abiotik stresslarga ekologik moslanish mexanizmlari

Stres turi	Asosiy fiziologik mexanizm	Kuzatilgan ko'rsatkichlar
Qurg'oqchilik stressi	Prolin to'planishi, ABA ishlab chiqarish, stomatal yopilish, ROS zararini kamaytiruvchi fermentlar (CAT, POD, APX) faolligining oshishi	Sintetik nav: prolin +52.9%, xlorofill a +46.5%, hosildorlik +71.6% (Mortazavian & Arshadi Bidgoli, 2025)
Tuproq sho'rlanishi	Osmotik muvozanat (prolin, leysin, izoleytsin), superoksid dismutaza (SOD) va askorbat peroksidaza (APX) faolligining kuchayishi, elektrolit sizib chiqishining oshishi	C. cyminum 5 dS/m gacha tolerant; unuvchanlik va biomassa kamayadi, lekin ikkilamchi metabolitlar ortadi (Amooaghaie va boshq., 2026)

Stres turi	Asosiy fiziologik mexanizm	Kuzatilgan ko'rsatkichlar
Issiqlik stressi	ABA / GA muvozanatining o'zgarishi, issiqlik shock oqsillari (HSP) sintezi, membrana fluidligini tartibga solish	Optimal 25–30 °C; 35 °C dan yuqorida gullash va urug' hosil bo'lish sezilarli pasayadi (Noori va boshq., 2022)
Umumiy abiotik stres (kombinatsiya)	Flavonoidlar, fenolik birikmalar, efir moyi komponentlari miqdorining ko'payishi orqali himoya	Qurg'oqchilikda kuminaldegid ulushi va umumiy efir moyi miqdori ortadi (Mortazavian & Arshadi Bidgoli, 2025)

Manba: Mortazavian & Arshadi Bidgoli (2025); Amooaghaie va boshq. (2026); Noori va boshq. (2022) asosida tuzilgan.

Xulosa

C. cyminum ning ekologik moslanish mexanizmlari bir necha darajada o'zaro uyg'unlashgan tizimni tashkil etadi: (1) molekulyar darajada — antioksidant fermentlar va osmolyt oqsillarning induktiv ekspressiyasi; (2) biokimyoviy darajada — prolin, flavonoidlar va efir moyi komponentlarining stresga javob sifatida to'planishi; (3) fiziologik darajada — stomatal tartibga solish, fotosintez samaradorligini saqlab qolish va ildiz tizimining plastikligi; (4) fenologik darajada — qisqa vegetatsiya davri orqali noqulay mavsumdan qochish.

Ushbu mexanizmlar majmuasi turning quruq va yarim quruq mintaqalarda barqaror hosil berish qobiliyatini ta'minlaydi. Biroq turning issiqlik stressiga

molekulyar darajada javob berish mexanizmlari, shuningdek, kombinatsiyalashgan stresslar (masalan, bir vaqtda qurg'oqchilik + sho'rlanish) ta'siridagi adaptatsion jarayonlar yetarlicha o'rganilmagan va kelajakdagi tadqiqotlar uchun muhim yo'nalish bo'lib qolmoqda. Genofond aksessiyalari o'rtasidagi stressga chidamlilikdagi farqlanishdan seleksiyada maksimal foydalanish esa amaliy qishloq xo'jaligi nuqtai nazaridan alohida istiqbol kasb etadi.

Adabiyotlar:

1. Allaq, A.A., Sidik, N.J., Abdul-Aziz, A., Ahmed, I.A. (2020). Cumin (Cuminum cyminum L.): A review of its ethnopharmacology, phytochemistry. Biomedical Research Journal, 7(9), 4016–4021.
2. Ameri Bafqi, M.E., Omidi, H., Naji, A.M., Bostani, A. (2025). Modulation of yield and physiological attributes of cumin (Cuminum cyminum L.) by silicon dioxide nanoparticles under varying drought stresses. Acta Agriculturae Slovenica, 121(1). https://doi.org/10.14720/aas.2025.121.1.23310
3. Amooaghaie, R. et al. (2026). The biostimulatory effect of microalgae extracts upgrades salt tolerance and antioxidant capacity in flowers and shoots of Cuminum cyminum L. Scientific Reports, 16, 2108. https://doi.org/10.1038/s41598-026-35407-7
4. Mortazavian, S.M.M., Arshadi Bidgoli, M. (2025). Enhancing drought tolerance in cumin through physiological and genetic insights from a synthetic variety. Scientific Reports, 15, 10267. https://doi.org/10.1038/s41598-025-95293-3
5. Mortazavian, S.M.M. et al. (2025). Polycross breeding enhances cumin quality and drought tolerance for sustainable agriculture. Scientific Reports, 15, 18542. https://doi.org/10.1038/s41598-025-03668-3
6. Noori, H., Moosavi, S.G., Seghatoleslami, M.J., Fazeli Rostampour, M. (2022). Morpho-physiological and yield responses of cumin (Cuminum cyminum L.) to the

application of growth regulators under drought stress. Iranian Journal of Plant Physiology, 12(1), 4013–4025. https://doi.org/10.30495/ijpp.2022.689076

7. Sato, H., Mizoi, J., Shinozaki, K., Yamaguchi-Shinozaki, K. (2024). Complex plant responses to drought and heat stress under climate change. The Plant Journal, 117(6), 1792–1816. https://doi.org/10.1111/tpj.16612
8. Yadav, S.K. et al. (2016). In planta transformed cumin (Cuminum cyminum L.) plants, overexpressing the SbNHX1 gene showed enhanced salt endurance. Frontiers in Plant Science, 7, 718. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00718