YOVVOYI AEGILOPS TURLARINING ABIOTIK STRESSLARGA BARDOSHLILIGI: QURG‘OQCHILIK VA SHO‘RLANISH OMILLARI MISOLIDA

Xayrullayeva Muxlisa Shomirza qizi
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat Biokimyo insituti genetika kafedrasi 1-bosqich magistranti.
xayrullayevam15@gmail.com +998 93 200 23 39.

Annotatsiya: *Ushbu maqolada yovvoyi Aegilops turlarining qurg‘oqchilik va tuproq sho‘rlanishiga bardoshlilik mexanizmlari ilmiy manbalar asosida tahlil qilindi. Bug‘doy seleksiyasida genetik xilma-xillikning torayishi, iqlim o‘zgarishi, suv tanqisligi va ikkilamchi sho‘rlanish kabi omillar yovvoyi qarindosh turlar genofondidan foydalanishni dolzarb qiladi. Aegilops tauschii, Ae. speltoides, Ae. cylindrica, Ae. geniculata va Ae. biuncialis kabi turlar ildiz tizimining rivojlanishi, osmotik moslashuv, antioksidant himoya, ion gomeostazi, Na+/K+ nisbatini tartibga solish va stressga javob beruvchi genlar faolligi orqali qimmatli donor sifatida baholanadi. Maqolada ushbu mexanizmlarning seleksion ahamiyati, sintetik geksaploid bug‘doy yaratishdagi roli hamda O‘zbekiston sharoitida foydalanish imkoniyatlari yoritildi.*

Kalit so‘zlar: *Aegilops, yovvoyi bug‘doy qarindoshlari, abiotik stress, qurg‘oqchilik, sho‘rlanish, osmoprotektorlar, antioksidant fermentlar, ion gomeostazi, bug‘doy seleksiyasi.*

Kirish

Bug‘doy dunyo oziq-ovqat xavfsizligida eng muhim don ekinlaridan biri hisoblanadi. Hosildorlikni cheklovchi omillar orasida qurg‘oqchilik, sho‘rlanish, yuqori harorat va tuproq degradatsiyasi alohida o‘rin tutadi. Ayniqsa qurg‘oqchilik o‘simlikning suv rejimini izdan chiqaradi, fotosintez faolligini pasaytiradi, barg sathi va ildiz rivojlanishiga ta’sir qiladi. Sho‘rlanish esa bir vaqtning o‘zida osmotik stress va ion toksikligini yuzaga keltirib, nihol rivojlanishi, barglarning fiziologik holati, changlanish va don to‘lish jarayonlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Madaniy bug‘doy navlari uzoq seleksiya jarayonida hosildorlik, don sifati, poya balandligi va pishish muddati kabi belgilar bo‘yicha tanlangan. Natijada agronomik jihatdan foydali xususiyatlar kuchaygan bo‘lsa-da, ayrim yovvoyi ajdodlarda mavjud stressga chidamlilik allellari seleksiya jarayonida cheklangan yoki yo‘qolgan bo‘lishi mumkin. Shu sababli bug‘doyning yovvoyi qarindoshlari, xususan Aegilops turlari, yangi genetik manba sifatida katta ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi (Nevo va Chen, 2010; Pour-Aboughadareh va boshq., 2021).

Aegilops jinsining ahamiyati faqat botanik xilma-xillik bilan cheklanmaydi. Ae. tauschii oddiy nonbop bug‘doyning D subgenomi shakllanishida asosiy donor sifatida tanilgan. Mazkur turda saqlangan genetik xilma-xillik sintetik geksaploid bug‘doylar yaratish, xromosoma introgressiyasi va markerlar yordamida seleksiya qilish uchun qulay manba bo‘lib xizmat qiladi (Kishii, 2019; Gaurav va boshq., 2022).

Maqolaning maqsadi — yovvoyi Aegilops turlarida qurg‘oqchilik va sho‘rlanishga bardoshlilikni ta’minlovchi asosiy morfologik, fiziologik, biokimyoviy va molekulyar mexanizmlarni tahlil qilish hamda ularning bug‘doy seleksiyasidagi amaliy ahamiyatini ko‘rsatishdan iborat.

Tadqiqotning metodologik asosi

Maqola tahliliy sharh xarakteriga ega bo‘lib, unda Aegilops turlari, bug‘doyning yovvoyi qarindoshlari, qurg‘oqchilik va sho‘rlanishga chidamlilik bo‘yicha e’lon qilingan ilmiy ishlar umumlashtirildi. Asosiy e’tibor Aegilops tauschii, Ae. speltoides, Ae. cylindrica, Ae. geniculata va Ae. biuncialis turlarining seleksion qiymati, stressga javob reaksiyalari va madaniy bug‘doyga foydali belgilarni o‘tkazish imkoniyatiga qaratildi.

Tahlilda uch daraja ajratildi: birinchisi - o‘simlikning morfologik javobi, ya’ni ildiz tizimi, barg sathi, koleoptil uzunligi va fenologik moslashuv; ikkinchisi - fiziologik-biokimyoviy javob, ya’ni suvdan foydalanish samaradorligi, prolin, eruvchan shakarlar, MDA, CAT, POD va boshqa antioksidant ko‘rsatkichlar; uchinchisi - molekulyar javob, ya’ni ion transporti, gen ekspressiyasi, transkriptomik o‘zgarishlar va stressga aloqador signal yo‘llari.

Aegilops genofondining seleksion qiymati

Yovvoyi qarindosh turlar tabiiy sharoitda uzoq muddatli ekologik bosim ostida shakllangan. Shuning uchun ular quruq dasht, sho‘r tuproq, toshloq yonbag‘ir, qumli qirg‘oq yoki namligi beqaror muhitlarda yashab qolishga yordam beruvchi belgilarga ega bo‘lishi mumkin. Bunday belgilar madaniy navlarda yetarli darajada namoyon bo‘lmagan hollarda seleksiya uchun muhim donor vazifasini bajaradi.

Aegilops turlarining qimmatli tomoni shundaki, ular bug‘doy bilan filogenetik jihatdan yaqin bo‘lib, ayrim genetik segmentlarni madaniy bug‘doyga o‘tkazish imkonini beradi. Shu bilan birga, bu jarayon murakkabdir: foydali allellar bilan birga boshoq mo‘rtligi, don maydaligi, vegetatsiyaning cho‘zilishi yoki agrotexnik talablarga mos kelmaslik kabi noxush belgilar ham o‘tishi mumkin. Shuning uchun yovvoyi donorlar bilan ishlashda markerlar yordamida tanlash, qayta chatishtirish va ko‘p yillik dala sinovlari zarur.

1-jadval. Aegilops turlarining stressga bardoshlilik bo‘yicha seleksion ahamiyati

Tur	Seleksion ahamiyati	Stress	Mexanizm	Foydalanish yo‘nalishi
Ae. tauschii	D subgenomi donori	Qurg‘oqchilik/sho‘rlanish	Ildiz tizimi, osmoprotektorlar, Na+ transporti, gen ekspressiyasi	Sintetik geksaploid bug‘doy; markerli seleksiya
Ae. speltoides	B genom bilan bog‘liq manba	Qurg‘oqchilik/biotik stress	Genetik xilma-xillik, moslashgan allellar	Introgressiya liniyalari

Ae. cylindrica	Stress belgilariga boy manba	Sho‘rlanish/qurg‘oqchilik	Suv-ion almashinuvi, ildiz va barg javobi	Donor genotiplarni tanlash
Ae. geniculata	Ekologik moslashuvchan tur	Qurg‘oqchilik	Fenologik moslashuv, suvni tejash, antioksidant himoya	Lalmikor sharoit uchun material
Ae. biuncialis	Tuzga chidamlilik donori	Sho‘rlanish	Past Na+ yig‘ilishi, yuqori K+/Na+ nisbati	Qo‘shimcha liniyalar

Qurg‘oqchilikka bardoshlilik mexanizmlari

Qurg‘oqchilik o‘simlik uchun avvalo suv potensialining pasayishi bilan namoyon bo‘ladi. Tuproqda namlik kamayganda ildizlarning suv olish imkoniyati cheklanadi, barg hujayralarida turgor pasayadi, stomatalar yopiladi va CO2 kirishi kamayadi. Natijada fotosintez, hujayra bo‘linishi, biomassa to‘planishi va don to‘lish jarayonlari sekinlashadi. Aegilops turlarida qurg‘oqchilikka chidamlilik birgina belgi bilan emas, balki ildiz arxitekturasi, suvni tejash, osmotik moslashuv va stressdan keyingi tiklanish qobiliyati bilan belgilanadi.

Ildiz tizimi qurg‘oqchilikka moslashuvda markaziy o‘rin tutadi. Chuqur va yaxshi tarmoqlangan ildizlar pastki qatlamlarda saqlanib qolgan namlikdan foydalanishga yordam beradi. Yon ildizlar va mayda ildizchalar esa qisqa muddatli yog‘ingarchilikdan keyingi namlikni tez o‘zlashtiradi. Shu sababli Aegilops genotiplarini baholashda nafaqat poya balandligi yoki yashil massa, balki ildiz uzunligi, ildiz-surat nisbati va ildiz tukchalari rivojlanishi kabi ko‘rsatkichlar ham hisobga olinishi kerak.

Ae. tauschii bo‘yicha olib borilgan RNA-seq tadqiqotlarida qurg‘oqchilikka chidamli va sezgir namunalar o‘rtasida sezilarli farq aniqlangan. Zhao va hamkorlari 155 ta Ae. tauschii namunasi orasidan qurg‘oqchilikka javobi farqlanadigan genotiplarni ajratib, 6969 ta differensial ekspressiyalanuvchi genni qayd etgan. Ushbu genlar alfa-linolen kislotasi metabolizmi, kraxmal va saxaroza almashinuvi, peroksisoma, MAPK signal yo‘li hamda fotosintez bilan bog‘liq jarayonlarda ishtirok etishi ko‘rsatilgan (Zhao va boshq., 2020).

Qurg‘oqchilik sharoitida prolin va eruvchan shakarlarning to‘planishi muhim biokimyoviy javob hisoblanadi. Prolin hujayrada osmotik bosimni muvozanatlashtirish, oqsillar va membranalarni himoya qilish, stressdan keyingi tiklanishni yengillashtirishda ishtirok etadi. Eruvchan shakarlar esa energiya manbai bo‘lishi bilan birga hujayra suv rejimini barqarorlashtiradi. Antioksidant fermentlar, xususan katalaza, peroksidaza va superoksid dismutaza reaktiv kislorod shakllarini kamaytirib, membrana zararlanishini cheklaydi.

Koleoptil uzunligi ham dastlabki rivojlanish bosqichida muhim belgi hisoblanadi. Quruq yoki chuqur ekilgan tuproqda uzunroq koleoptil niholning tuproq yuzasiga chiqishini

osonlashtiradi. Biroq bu belgi mustaqil ravishda yetarli emas; u unuvchanlik, ildiz uzunligi, bargdagi xlorofill miqdori, suv yo‘qotish tezligi va hosil komponentlari bilan birga baholanganda seleksion qiymatga ega bo‘ladi.

Sho‘rlanishga bardoshlilik mexanizmlari

Sho‘rlanish quruq va yarim quruq hududlarda sug‘oriladigan dehqonchilik uchun eng jiddiy muammolardan biridir. Tuproq eritmasida tuzlar ko‘payganda o‘simlik ildizi suvni qiyin oladi; bu osmotik stress hisoblanadi. Bundan tashqari, Na+ va Cl- ionlari hujayrada ortiqcha to‘plansa, fermentlar faolligi, membrana barqarorligi, oziqa elementlari muvozanati va fotosintez jarayoni buziladi. Munns va Tester (2008) sho‘rlanish ta’sirini ikki bosqichli jarayon sifatida izohlaydi: birinchi bosqichda o‘sish osmotik sabablar bilan sekinlashadi, ikkinchi bosqichda esa ion toksikligi barglarning qarishi va zararlanishini tezlashtiradi.

Sho‘rga chidamli genotiplar odatda Na+ kirishini cheklash, K+ ni saqlab qolish, Na+ ni vakuolaga ajratish yoki barglarga yetib borishini kamaytirish qobiliyatiga ega bo‘ladi. Kaliy stomatal boshqaruv, oqsil sintezi va fermentlar faolligida muhim rol o‘ynaydi; natriy ortiqcha bo‘lganda esa kaliy bilan raqobatlashib metabolik jarayonlarni izdan chiqaradi. Shu sababli Na+/K+ nisbati sho‘rlanishga chidamlilikni baholashda asosiy indikatorlardan biri hisoblanadi (Colmer va boshq., 2006).

Ae. tauschii genotiplarida sho‘rlanishga javob beruvchi ion transporti va vakuolyar ajratish mexanizmlari alohida e’tiborga molik. Abbas va hamkorlari AeHKT1;4 va AeNHX1 kabi genlarning Na+ homeostazini tartibga solishda ishtirok etishini ko‘rsatgan. Bunda Na+ ionlarining ildizdan bargga harakati, ularning sitoplazmadan vakuolaga o‘tkazilishi va o‘simlikning umumiy ion balansi muhim ahamiyat kasb etadi (Abbas va boshq., 2021).

Hameed va hamkorlarining tadqiqotida Ae. tauschii ning sho‘rlanish, qurg‘oqchilik va azot yetishmovchiligiga dinamik javoblari o‘rganilib, prolin, MDA, katalaza va peroksidaza kabi ko‘rsatkichlar stressga javobda o‘zgarishi qayd etilgan. Bu holat sho‘rlanishga chidamlilikni faqat tashqi o‘sish belgilari orqali emas, balki biokimyoviy markerlar yordamida ham baholash zarurligini ko‘rsatadi (Hameed va boshq., 2023).

Sho‘rlanish sharoitida ildiz arxitekturasi ham muhimdir. Tuzlar ko‘pincha yuqori tuproq qatlamlarida ko‘proq yig‘iladi. Ildizi chuqurroq ketadigan yoki tuzli qatlamdan nisbatan chetlab o‘ta oladigan genotiplar stress sharoitida yaxshiroq o‘sishi mumkin. Shu bilan birga, ildiz membranasidagi transport oqsillari Na+ kirishini cheklashi yoki uni xavfsiz hujayra bo‘limlariga yo‘naltirishi lozim.

Qurg‘oqchilik va sho‘rlanishning o‘xshash va farqli jihatlari

Qurg‘oqchilik va sho‘rlanish o‘simlikda ayrim umumiy javoblarni yuzaga keltiradi. Har ikkala holatda ham suv olish qiyinlashadi, turgor pasayadi, fotosintez cheklanadi, reaktiv kislorod shakllari ko‘payadi va hosildorlik komponentlari zararlanadi. Shu bilan birga, sho‘rlanishda qo‘shimcha ion toksikligi mavjud. Demak, sho‘rga chidamli genotip nafaqat suvni tejashi, balki Na+ va Cl- ionlarini ham boshqarishi kerak.

Tabiiy dala sharoitida bu ikki stress ko‘pincha birgalikda uchraydi. Sug‘orish suvi kamayganda tuproq eritmasida tuz konsentratsiyasi oshadi; yuqori harorat bug‘lanishni kuchaytiradi; namlik yetishmaganda ildizlar tuzli qatlamlardan suv olishga majbur bo‘ladi.

Shu bois seleksiyada faqat alohida stressga emas, kombinatsiyalashgan stressga bardoshlilikni ham baholash zarur.

Madaniy bug‘doy seleksiyasida foydalanish imkoniyatlari

Aegilops genofondidan foydalanishning asosiy yo‘llaridan biri sintetik geksaploid bug‘doy yaratishdir. Bunda tetraploid bug‘doy Ae. tauschii bilan chatishtirilib, D genomidagi yovvoyi allellar madaniy bug‘doy foniga qayta kiritiladi. Bunday materiallar qurg‘oqchilikka chidamlilik, kasalliklarga qarshilik, ildiz tizimi va hosil komponentlari bo‘yicha qo‘shimcha xilma-xillik beradi.

Ikkinchi yo‘l - xromosoma introgressiyasi va qo‘shimcha liniyalar yaratish. Masalan, Ae. biuncialis xromosomalari ishtirokida olingan liniyalarda tuzga chidamlilikning ayrim jihatlari yaxshilangani ko‘rsatilgan (Darko va boshq., 2020). Bunday yondashuv foydali segmentni madaniy bug‘doyga kiritish imkonini beradi, biroq noxush belgilarni kamaytirish uchun keyingi avlodlarda puxta seleksiya talab etiladi.

Uchinchi yo‘l - molekulyar markerlar, QTL tahlili, genom bo‘ylab assotsiatsiya tadqiqotlari va transkriptomik ma’lumotlardan foydalanishdir. Zamonaviy genomika yovvoyi donorlarning qaysi segmentlari stressga bardoshlilikka aloqadorligini aniqlashga yordam beradi. Bu esa seleksiya jarayonini tezlashtiradi va genotiplarni faqat fenotip bo‘yicha emas, genetik markerlar asosida ham tanlash imkonini beradi.

O‘zbekiston sharoitida dolzarblik

O‘zbekistonning ayrim sug‘oriladigan hududlarida sho‘rlanish, suv tanqisligi va yuqori harorat bug‘doy yetishtirishda muhim cheklovchi omil hisoblanadi. Qoraqalpog‘iston, Xorazm, Buxoro, Navoiy va Sirdaryo viloyatlarida tuproq sho‘rlanishi masalasi dolzarb; tog‘oldi va lalmikor hududlarda esa vegetatsiya davrida namlik ta’minoti beqaror bo‘lishi mumkin. Bunday sharoitda stressga bardoshli, barqaror hosil beruvchi navlarni yaratish seleksiyaning ustuvor vazifalaridan biridir.

Aegilops genofondidan foydalanish bo‘yicha mahalliy dasturda bir nechta bosqich muhim: genbank va xalqaro kolleksiyalardan namunalar olish; karantin talablariga rioya qilish; laboratoriya va issiqxona skriningi; sho‘rlangan tuproqlarda dala sinovi; qurg‘oqchil hududlarda ko‘p yillik baholash; stressga chidamli donorlarni mahalliy navlar bilan chatishtirish; hosildorlik va don sifatini ishlab chiqarish sharoitida tekshirish. Faqat shunday tizimli yondashuv yovvoyi genofondni amaliy navga aylantirishi mumkin.

Amaliy tavsiyalar

1. Aegilops genotiplarini baholashda stress darajasi aniq standartlashtirilishi lozim: qurg‘oqchilikda tuproq namligi yoki osmotik potensial, sho‘rlanishda esa elektr o‘tkazuvchanlik, pH hamda Na+ va Cl- miqdori qayd etilishi kerak.

2. Nihol davridagi chidamlilik bilan reproduktiv davrdagi chidamlilik alohida baholanishi zarur. Chunki ayrim genotiplar nihol bosqichida bardoshli bo‘lsa-da, gullash yoki don to‘lish davrida sezgir bo‘lishi mumkin.

3. Fenotipik tanlov prolin, MDA, CAT, POD, elektrolit chiqishi, xlorofill barqarorligi va Na+/K+ nisbati kabi laboratoriya ko‘rsatkichlari bilan to‘ldirilishi kerak.

4. Istiqbolli donor genotiplar mahalliy bug‘doy navlari fonida qayta tanlanishi va kamida bir necha yil davomida dala sharoitida sinovdan o‘tkazilishi maqsadga muvofiq.

5. Stressga chidamlilik hosildorlik va don sifati bilan birga baholanishi kerak; faqat yashab qolish qobiliyati agronomik jihatdan yetarli mezon hisoblanmaydi.

Xulosa

Yovvoyi Aegilops turlari bug‘doy seleksiyasi uchun muhim genetik resurs hisoblanadi. Ularning qurg‘oqchilikka bardoshliligi ildiz tizimining rivojlanishi, suvni tejash, osmotik moslashuv, prolin va eruvchan shakarlar to‘planishi, antioksidant himoya hamda stressga javob beruvchi genlar faolligi bilan bog‘liq. Sho‘rlanishga bardoshlilik esa Na+ va K+ muvozanatini saqlash, ionlarni hujayra bo‘limlariga ajratish, membrana barqarorligi va antioksidant tizimning samarali ishlashi orqali namoyon bo‘ladi.

Ae. tauschii oddiy bug‘doyning D subgenomi donori sifatida alohida ahamiyatga ega. Ushbu tur va boshqa Aegilops vakillaridagi foydali allellar sintetik geksaploid bug‘doy, introgression liniyalar va markerlar yordamida seleksiya orqali madaniy navlarga kiritilishi mumkin. O‘zbekiston sharoitida suv tanqisligi va sho‘rlanish kuchayib borayotgan bir davrda Aegilops genofondini o‘rganish qurg‘oqchilik va sho‘rga chidamli, barqaror hosilli bug‘doy navlarini yaratish uchun istiqbolli yo‘nalishdir.

Adabiyotlar ro‘yxati:

1. Abbas, A., Yu, H., Cui, H., Li, X. (2021). Genetic Diversity and Synergistic Modulation of Salinity Tolerance Genes in Aegilops tauschii Coss. Plants, 10(7), 1393.

2. Cavalet-Giorsa, E., va boshq. (2024). Origin and evolution of the bread wheat D genome. Nature.

3. Colmer, T. D., Flowers, T. J., Munns, R. (2006). Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. Journal of Experimental Botany, 57(5), 1059–1078.

4. Darko, E., Khalil, R., Dobi, Z., Kovács, V., Szalai, G., Janda, T., Molnár, I. (2020). Addition of Aegilops biuncialis chromosomes 2M or 3M improves the salt tolerance of wheat in different way. Scientific Reports, 10, 22327.

5. Gaurav, K., Arora, S., Silva, P., va boshq. (2022). Population genomic analysis of Aegilops tauschii identifies targets for bread wheat improvement. Nature Biotechnology, 40(3), 422–431.

6. Hameed, R., va boshq. (2023). Investigating the dynamic responses of Aegilops tauschii Coss. to salinity, drought, and nitrogen stress: a comprehensive study of competitive growth and biochemical and molecular pathways. Frontiers in Plant Science.

7. Kishii, M. (2019). An update of recent use of Aegilops species in wheat breeding. Frontiers in Plant Science, 10, 585.

8. Mansouri, M., va boshq. (2019). Transcriptomic analysis of Aegilops tauschii during long-term salinity stress. Functional Plant Biology.

9. Mokhtari, N., va boshq. (2022). Potentials of synthetic hexaploid wheats to improve yield and drought tolerance. Scientific Reports.

10. Munns, R., Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651–681.

11. Nevo, E., Chen, G. (2010). Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. Plant, Cell & Environment, 33(4), 670–685.

12. Pour-Aboughadareh, A., Kianersi, F., Poczai, P., Moradkhani, H. (2021). Potential of Wild Relatives of Wheat: Ideal Genetic Resources for Future Breeding Programs. Agronomy, 11(8), 1656.

13. Sohail, Q., Inoue, T., Tanaka, H., Eltayeb, A. E., Matsuoka, Y., Tsujimoto, H. (2011). Applicability of Aegilops tauschii drought tolerance traits to breeding of hexaploid wheat. Breeding Science, 61(3), 347–357.

14. Zhao, X., va boshq. (2020). Comparative Transcriptome Analysis of Two Aegilops tauschii with Contrasting Drought Tolerance by RNA-Seq. International Journal of Molecular Sciences, 21(10), 3595.