

**"EKSTREMAL IQLIM SHAROITIDA POLIFUNKSIONAL MIKROB
KONSORSIUMLARINING MAHALLIY QULUPNAY NAVLARI AGROFIZIOLOGIK VA
BIOKIMYOVIY KO'RSATKICHLARIGA TA'SIR KO'RSATISH MEXANIZMLARI"**

Barotova Baxora Faxriddin qizi

davlatbeksulton2016@gmail.com

DOI: <https://orcid.org/0009-0007-8357-5262>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.23174737>

Annotatsiya. Qurg'oqchilik qulupnay yetishtirishda suv statusi, ildiz rivojlanishi, fotosintez va mineral oziqlanishni cheklab, hosildorlikni pasaytiruvchi asosiy abiotik stress omilidir. Mazkur tadqiqotda kserofit o'simliklardan ajratilgan *Bacillus*, *Priestia* va *Pseudomonas* shtammlari asosidagi polifunksional konsorsiumlarning qulupnay o'sishi va hosildorligiga ta'siri baholandi. O'g'itsiz issiqxona sharoitida inokulyatsiya ildiz, poya va barg ho'l biomassasini nazoratga nisbatan 23,2–30,2%, meva massasini esa 13,5–14 g dan 20–22 g gacha oshirdi; generativ rivojlanish 4–5 kun oldin boshlandi. Ushbu natijalar tadqiqotlarda aniqlangan PGPR mexanizmlari bilan uyg'un bo'lib, bakteriyalarning ACC-deaminaza, ekzosaxarid, fitogormon va osmoprotektiv birikmalar hosil qilishi ildiz rivojlanishi, suvdan foydalanish va stressga chidamlilikni kuchaytirishi mumkin. Qulupnayda PGPR inokulyatsiyasi qurg'oqchilik sharoitida fotosintezga yetkaziladigan zararni $\approx 67\%$ gacha kamaytirgani ham qayd etilgan.

Kalit so'zlar: *Fragaria* $\times$ ananassa, qurg'oqchilik stressi, suv tanqisligi, *Bacillus*, *Priestia*, *Pseudomonas*, kserofit mikroflora, ACC-deaminaza, osmoproteksiya, ildiz, biostimulyator.

Abstract. Drought is a major abiotic stress factor in strawberry cultivation that limits plant water status, root development, photosynthesis, and mineral nutrition, thereby reducing yield. This study evaluated the effects of multifunctional consortia based on *Bacillus*, *Priestia*, and *Pseudomonas* strains isolated from xerophytic plants on strawberry growth and yield. Under greenhouse conditions without fertilizer application, inoculation increased the fresh biomass of roots, stems, and leaves by 23.2–30.2% compared with the control, while fruit mass increased from 13.5–14 g to 20–22 g; generative development began 4–5 days earlier. These results are consistent with PGPR mechanisms identified in previous studies, suggesting that the production of ACC-deaminase, exopolysaccharides, phytohormones, and osmoprotective compounds by bacteria may enhance root development, water-use efficiency, and stress tolerance. It has also been reported that PGPR inoculation in strawberry can reduce the damage to photosynthesis caused by drought by approximately 67%.

Keywords: *Fragaria* $\times$ ananassa, drought stress, water deficit, *Bacillus*, *Priestia*, *Pseudomonas*, xerophytic microbiota, ACC-deaminase, osmoprotection, root, biostimulant.

KIRISH. Qurg'oqchilik va suv tanqisligi zamonaviy intensiv bog'dorchilikda o'simliklarning fiziologik barqarorligi, mahsuldorligi va meva sifatini cheklovchi asosiy abiotik stress omillaridan biridir. Qulupnay (*Fragaria* $\times$ ananassa Duch.) nisbatan yuza joylashgan ildiz tizimi, katta barg yuzasi va mevasining yuqori suv miqdori sababli suv tanqisligiga sezgir ekinlardan hisoblanadi. Suv defitsiti

sharoitida barglarning nisbiy suv miqdori va turgor bosimi pasayadi, stomalar yopiladi, CO₂ diffuziyasi cheklanadi hamda natijada fotosintez va uglerod assimilatsiyasi susayadi. Uzoq davom etuvchi qurg'oqchilik ildiz va yer ustki biomassasining kamayishi, xlorofill degradatsiyasi, mineral elementlar o'zlashtirilishining pasayishi va meva hosildorligining qisqarishiga olib keladi. Qurg'oqchilikning salbiy ta'siri faqat suv almashinuvi bilan chegaralanmay, o'simlik hujayralarida oksidlovchi stressning kuchayishi bilan ham tavsiflanadi. Suv tanqisligi natijasida superoksid anioni (O₂•⁻), vodorod peroksid (H₂O₂) va gidroksil radikali (•OH) kabi reaktiv kislorod shakllarining hosil bo'lishi ortadi. Ularning ortiqcha to'planishi lipid peroksidlanishi, membrana yaxlitligining buzilishi, oqsil va nuklein kislotalarning oksidlanishiga sabab bo'lishi mumkin.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

Qurg'oqchilik qulupnay (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) yetishtirishda o'simlikning suv statusi, ildiz tizimi, fotosintetik faolligi, mineral oziqlanishi va hosildorligini cheklovchi muhim abiotik stress omili hisoblanadi. Suv tanqisligi sharoitida stomatal o'tkazuvchanlik va CO₂ assimilyatsiyasining pasayishi, reaktiv kislorod shakllarining ortiqcha hosil bo'lishi, membrana barqarorligining buzilishi hamda prolin va eruvchan shakllar kabi osmolitlarning to'planishi kuzatiladi. So'nggi tadqiqotlarda qulupnayning qurg'oqchilikka moslashuvida absiz kislotasi, poliaminlar, antioksidant fermentlar va uglevod almashinuvi muhim rol o'ynashi aniqlangan. Shu bilan birga, o'simlik o'sishini rag'batlantiruvchi rizobakteriyalar (PGPR) qurg'oqchilik stressini yumshatishda istiqbolli biologik vosita sifatida qaralmoqda. Qulupnay rizosferasidan ajratilgan 111 ta bakterial izolyatning 41 tasi osmotik stress sharoitida o'sish qobiliyatini namoyon qilgan, 33 tasi esa yuqori stress-tolerantlik xususiyatiga ega bo'lgan. Ushbu bakteriyalarda ACC-deaminaza, indol-3-sirka kislotasi, ekzosaxarid, siderofor va prolin hosil qilish hamda fosfatlarni mobilizatsiya qilish kabi o'simlikning stressga moslashuvini ta'minlovchi funksional xususiyatlar aniqlangan. PGPRning asosiy mexanizmlaridan biri ACC-deaminaza orqali stress sharoitida etilenning ortiqcha to'planishini cheklash, ekzosaxaridlar orqali rizosferada namlikni saqlash, fitogormonlar orqali ildiz arxitekturasini yaxshilash va mineral elementlarning o'zlashtirilishini kuchaytirishdan iborat. Qulupnayda olib borilgan tajribalarda PGPR inokulyatsiyasi kuchli qurg'oqchilik ta'sirida fotosintezga yetkazilgan zararni taxminan 67% ga kamaytirgani, shuningdek fotosistema II faoliyatini saqlab qolishga yordam bergani aniqlangan. Mazkur ilmiy asoslardan kelib chiqib, ushbu tadqiqotda kserofit o'simliklardan ajratilgan *Bacillus*, *Priestia* va *Pseudomonas* avlodlariga mansub bakterial shtammlar asosida uchta polifunksional konsorsium shakllantirildi. Tadqiqot Samarqand davlat universiteti Biokimyo institutining issiqxona sharoitida 2025-yil 8-yanvardan 21-aprelgacha olib borildi. Tajriba uchun *Fragaria* × *ananassa* o'simligi va tabiiy mikrobiotaning ta'sirini kamaytirish maqsadida 121°C haroratda, 1 atmosfera bosimda 30 daqiqa davomida avtoklavlangan qizil qumli tuproq substrati qo'llanildi. Substrat pH 5,5–6,5, kunduzgi harorat 20–28°C, tungi harorat 15–18°C va nisbiy namlik 60–75% darajasida saqlandi. Birinchi konsorsium KoPr131, KoPr129, Crew1018 va HAPH2; ikkinchi konsorsium Crew1004, Crew1021, Crew1015 va KoPr118; uchinchi konsorsium esa KoPr101, KoPr113, HAST17 va SSU4 izolyatlaridan tashkil etildi. Bakteriyalar steril Luria–Bertani muhitida kultivatsiya qilinib, eksponensial o'sish bosqichida yig'ildi va standart suspenziya holiga keltirildi. Inokulyatsiya root-dipping usulida, ko'chat ildizlarini bakterial suspenziyada 60 daqiqa ushlab turish orqali amalga oshirildi; nazorat variantida steril distillangan suvdan foydalanildi. Tajriba davomida mineral va organik o'g'itlar qo'llanilmadi. Konsorsiumlarning biologik samaradorligi ildiz, poya va barglarning ho'l va

Multidisciplinary research and Innovation (SICMRI 2026)

quruq biomassasi, organlar uzunligi, barglar soni, gullash va meva hosil bo'lish muddati, mevalar soni hamda o'rtacha meva massasini aniqlash orqali baholandi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tadqiqot natijalari kserofit o'simliklardan ajratilgan *Bacillus*, *Priestia* va *Pseudomonas* shtammlari asosidagi polifunksional konsorsiumlar qulupnayning vegetativ va generativ rivojlanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatganini ko'rsatdi. Inokulyatsiyadan 7 kun o'tgach tajriba variantlarida yangi barglar shakllanishi kuzatilib, 20-kunga kelib ayniqsa 2-guruhda generativ rivojlanishning erta boshlanishi qayd etildi. Meva hosil bo'lish bosqichida 3-guruhda **11–13 dona**, nazoratda esa **2–5 dona** meva shakllandi. Pishish davrida tajriba variantlarida mevalar soni **5–11 dona**, nazoratda esa **3–4 dona** bo'ldi. Generativ rivojlanishning **4–5 kun oldin** boshlanishi bakterial inokulyatsiya o'simlikning vegetativ biomassasi shakllanishi bilan bir qatorda assimillatsiya mahsulotlarining generativ organlarga yo'naltirilishini ham faollashtirganini ko'rsatadi.

Vegetativ biomassa bo'yicha eng yuqori ko'rsatkich 2-guruh konsorsiumida qayd etildi. Ushbu variantda ildizning ho'l massasi **$3,60 \pm 0,11$ g**, poyaniki **$2,80 \pm 0,12$ g**, bargniki esa **$5,05 \pm 0,05$ g** ni tashkil etdi; nazoratda mos ravishda **$2,80 \pm 0,09$; $2,15 \pm 0,09$ va $4,10 \pm 0,03$ g** qayd etildi. Natijada ildiz, poya va barg ho'l biomassasi nazoratga nisbatan mos ravishda **28,6%, 30,2% va 23,2%** ga oshgan. Ildiz uzunligi **9,8 dan 12,5 sm gacha**, poya uzunligi **12,4 dan 15,6 sm gacha**, barg uzunligi esa **6,5 dan 8,0 sm gacha** oshdi. Ushbu o'zgarishlar bakterial konsorsiumlar ildizning o'sish potensialini va vegetativ organlarda biomassa to'planishini kuchaytirganini ko'rsatadi. Ildiz biomassasining **28,6%** ga oshishi qurg'oqchilik sharoitida alohida fiziologik ahamiyatga ega. PGPR tomonidan sintez qilinadigan IAA lateral ildizlarning rivojlanishini rag'batlantirishi, ACC-deaminaza esa stress sharoitida etilenning ortiqcha to'planishini cheklashi mumkin. Ekzosaxaridlar bakteriyalarning ildiz yuzasida kolonizatsiyasini kuchaytirib, rizosferada namlikni saqlashga yordam beradi. Fosfat mobilizatsiyasi va siderofor ishlab chiqarilishi esa suv defitsiti sharoitida o'simlikning mineral oziqlanishini qo'llab-quvvatlaydi. Shu sababli 2-guruhda vegetativ biomassaning yuqori bo'lishi konsorsium tarkibidagi mikroorganizmlarning funksional jihatdan bir-birini to'ldirishi bilan izohlanishi mumkin. Hosildorlik komponentlarida ham yaqqol farq kuzatildi. Nazorat variantida meva massasi **13,5–14 g**, konsorsiumlar qo'llangan variantlarda esa **20–22 g** ni tashkil etdi. Maksimal nisbiy o'sish **59,2%** ga yetdi. Bu natija ildiz tizimining rivojlanishi, suv va mineral elementlarning o'zlashtirilishi hamda fotosintetik assimillatsiya jarayonlarining yaxshilanishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Qulupnayda PGPR inokulyatsiyasi qurg'oqchilik sharoitida fotosintezga yetkaziladigan zararni taxminan **67%** gacha kamaytirishi aniqlangan. Shuningdek, bakterial inokulyatsiya fotosistema II faoliyatining barqarorligini saqlashga yordam bergan. Bu holat konsorsiumlarning hosildorlikka ta'sirida fotosintetik apparatning funksional barqarorligi muhim mexanizm bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

XULOSA. Polifunksional *Bacillus*, *Priestia* va *Pseudomonas* konsorsiumlari qulupnayning qurg'oqchilikka moslashuvini kuchaytirib, ildiz tizimi va vegetativ biomassaning shakllanishini jadallashtirdi. Eng samarali variantda ildiz, poya va barg ho'l biomassasi nazoratga nisbatan **23,2–30,2%**, meva massasi esa **59,2%** gacha oshdi. Generativ rivojlanishning **4–5 kun oldin** boshlanishi va meva sonining ortishi bakterial inokulyatsiyaning suv-mineral almashinuvi, ildiz rivojlanishi va fotosintetik faoliyatni qo'llab-quvvatlovchi PGPR mexanizmlari bilan bog'liqligini ko'rsatadi. Natijalar kserofit mikrofloradan olingan bakterial konsorsiumlarni qurg'oqchilik sharoitida qulupnayning fiziologik barqarorligi va hosildorligini oshiruvchi istiqbolli mikrobiologik biostimulyator sifatida asoslaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Dhiman, V.K., Rana, N., Sudarshna, Dhiman, V.K., Sharma, P., Singh, D. (2024). Assessing the drought-tolerance and growth-promoting potential of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) rhizobacteria for consortium bioformulation. *Ecological Genetics and Genomics*, 33, 100303. DOI: 10.1016/j.egg.2024.100303.
2. Paliwoda, D., et al. (2022). Effects of rhizosphere bacteria on strawberry plants (*Fragaria × ananassa* Duch.) under water deficit. *International Journal of Molecular Sciences*, 23.
3. Design of Microbial Consortia Based on Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Yeasts, and Bacteria to Improve the Biochemical, Nutritional, and Physiological Status of Strawberry Plants Growing under Water Deficits. (2024). *Plants*, 13(11), 1556. DOI: 10.3390/plants13111556.
4. Abdelaal, K.A.A., et al. (2021). The role of plant growth-promoting bacteria in alleviating the adverse effects of drought on plants. *Biology*, 10(6), 520.
5. Zia, R., et al. (2021). Plant survival under drought stress: implications, adaptive responses, and integrated rhizosphere management strategy for stress mitigation. *Microbiological Research*, 242.