DOI 10.66073/ReFocus-Conf/3010093

SHO‘RLANGAN TUPROQLARDA SILIKAT BAKTERIYALARDAN FOYDALANISHNING ISTIQBOLLARI

[1]**Xayrullayeva Gulchehra Ulug‘bek qizi**, [2]**Davranov Qahramon Davranovich**, [3]**Murodova Sayyora Sobirovna**

[1]Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali talabasi
[2]O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi akademigi, biologiya fanlari doktori, professor
[3]Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali professori

Annotatsiya: Sho‘rlanish qishloq xo‘jaligi ekinlarining o‘sishi, rivojlanishi va hosildorligini cheklovchi asosiy abiotik stress omillaridan biridir. Tuproqda eruvchan tuzlarning, ayniqsa Na^+ va Cl^- ionlarining ortiqcha to‘planishi o‘simliklarda osmotik stress, ionlar muvozanatining buzilishi, oksidlovchi stress va oziqa elementlarining o‘zlashtirilishining pasayishiga olib keladi. Bunday sharoitda biologik usullardan foydalanish, jumladan, o‘simliklarning rizosferasida faoliyat yurituvchi foydali mikroorganizmlardan foydalanish sho‘rlanish oqibatlarini kamaytirishning istiqbolli yo‘nalishlaridan hisoblanadi. Silikatlarni erituvchi bakteriyalar mineral silikatlarning biologik erishini tezlashtirib, tuproqda kremniyning o‘simliklar uchun mavjud shakllarini ko‘paytirishi mumkin. Ushbu mikroorganizmlar organik kislotalar, ligandlar, ekzopolisaxaridlar va boshqa metabolitlar ishlab chiqarish orqali silikat minerallarining parchalanishiga ta’sir ko‘rsatadi. Kremniyning o‘simliklarda ion muvozanatini saqlash, suv almashinuvini tartibga solish, antioksidant tizimni faollashtirish va tuz stressiga chidamlilikni oshirishdagi roli ko‘plab tadqiqotlarda ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: silikat bakteriyalar, sho‘rlangan tuproq, silikatlarni eritish, kremniy, NaCl, rizosfera, *Bacillus*, o‘simliklarning tuz stressiga chidamliligi, bioo‘g‘it.

Аннотация: Засоление почв является одним из основных абиотических стрессовых факторов, ограничивающих рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур. Избыточное накопление растворимых солей в почве, особенно ионов Na^+ и Cl^-, приводит к возникновению осмотического стресса у растений, нарушению ионного баланса, окислительному стрессу и снижению усвоения питательных элементов. В этих условиях применение биологических методов, в частности полезных микроорганизмов, обитающих в ризосфере растений, рассматривается как перспективное направление снижения негативных последствий засоления. Бактерии, растворяющие силикаты, могут ускорять биологическое выветривание силикатных минералов и повышать содержание доступных для растений форм кремния в почве. Данные микроорганизмы воздействуют на процессы разрушения силикатных минералов посредством продуцирования органических кислот, лигандов, экзополисахаридов и других метаболитов. Во многих исследованиях показана роль кремния в поддержании ионного баланса растений, регуляции водного обмена, активации антиоксидантной системы и повышении устойчивости к солевому стрессу.

Ключевые слова: силикатрастворяющие бактерии, засолённая почва, растворение силикатов, кремний, NaCl, ризосфера, *Bacillus*, устойчивость растений к солевому стрессу, биоудобрение.

Abstract: Soil salinity is one of the major abiotic stress factors limiting the growth, development, and productivity of agricultural crops. The excessive accumulation of soluble salts in

IQTIBOS UCHUN
Xayrullayeva G.U., Davranov Q.D., Murodova S.S. Sho‘rlangan tuproqlarda silikat bakteriyalardan foydalanishning istiqbollari // Fundamental va amaliy mikrobiologiyaning bugungi holati va rivojlanish istiqbollari: yosh olimlar nigohi: Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Toshkent, 2026. – B. 338–341.
DOI: https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/3010093

soil, particularly Na^+ and Cl^- ions, induces osmotic stress, disrupts ionic homeostasis, causes oxidative stress, and reduces nutrient uptake in plants. Under these conditions, the application of biological approaches, particularly beneficial microorganisms inhabiting the plant rhizosphere, represents a promising strategy for mitigating the adverse effects of soil salinity. Silicate-solubilizing bacteria can accelerate the biological weathering of silicate minerals and potentially increase the availability of plant-accessible forms of silicon in soil. These microorganisms contribute to the dissolution of silicate minerals through the production of organic acids, ligands, exopolysaccharides, and other metabolites. Numerous studies have demonstrated the role of silicon in maintaining ionic homeostasis, regulating water relations, activating antioxidant defense systems, and enhancing plant tolerance to salt stress.

Keywords: silicate-solubilizing bacteria, saline soil, silicate dissolution, silicon, NaCl, rhizosphere, *Bacillus*, plant salt-stress tolerance, biofertilizer.

Bilamizki, tuproq sho‘rlanishi dunyo qishloq xo‘jaligida o‘simlik mahsuldorligini cheklovchi muhim ekologik muammolardan biridir. Sho‘rlanish natijasida tuproq eritmasining osmotik potensiali pasayadi, o‘simlik ildizlarining suvni o‘zlashtirishi qiyinlashadi va Na^+ hamda Cl^- kabi ionlarning o‘simlik to‘qimalarida ortiqcha to‘planishi yuzaga keladi [1,2]. Sho‘rlanishning o‘simlikka ta’siri odatda uchta asosiy mexanizm orqali namoyon bo‘ladi:

- Osmotik stress - suv o‘zlashtirilishining kamayishi;
- Ion stress - Na^+ va Cl^- toksikligi;
- Oksidlovchi stress - reaktiv kislorod shakllarining (ROS) ortiqcha hosil bo‘lishi. Kuchli sho‘rlanish sharoitida ushbu jarayonlar fotosintez, mineral oziqlanish, fermentativ faoliyat va hujayra metabolizmining buzilishiga olib kelishi mumkin [1,6]. Shu sababli sho‘rlangan tuproqlarda o‘simliklarning chidamliligini oshirish uchun mineral, kimyoviy va agrotexnik usullar bilan bir qatorda biologik va mikrobiologik yondashuvlar ham muhim ahamiyat kasb etmoqda [3]. Sho‘rlanishning o‘simliklar fiziologiyasiga ta’siri quyidagicha bo‘ladi: sho‘rlangan tuproqda NaCl konsentratsiyasining oshishi dastlab ildiz atrofidagi suv potensialining pasayishiga sabab bo‘ladi. Natijada o‘simlik ildizi tuproqdan suvni o‘zlashtirish uchun yuqori energiya sarflaydi. Uzoq davom etgan sho‘rlanish esa hujayralarda Na^+ va Cl^- ionlarining to‘planishiga olib kelib, metabolik jarayonlarni buzadi [1]. Na^+ ning ortiqcha to‘planishi K^+ bilan raqobatga kirishadi. Kaliy ko‘plab fermentlarning faolligi, stomalarning ishlashi va hujayra osmotik muvozanatini saqlash uchun zarur bo‘lganligi sababli Na^+/K^+ nisbatining buzilishi o‘simlikning normal fiziologik faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi [1,6]. Sho‘rlanish, shuningdek, ROS - superoksid anioni, vodorod peroksid va boshqa reaktiv kislorod shakllarining ko‘payishiga sabab bo‘lishi mumkin. Ular membrana lipidlari, oqsillar va nuklein kislotalarga zarar yetkazishi mumkin [6]. Shuning uchun sho‘rlangan tuproqlarda o‘simlikning:

- Na^+ ni cheklashi;
- K^+/Na^+ nisbatini saqlashi;
- suvni samarali o‘zlashtirishi;
- antioksidant himoyani kuchaytirishi;
- osmotik muvozanatni saqlashi tuz stressiga chidamlilikning muhim ko‘rsatkichlari hisoblanadi [1,6].

Kremniy (Si) ko‘plab o‘simliklarda klassik ma’noda majburiy oziqa elementi hisoblanmasada, stress sharoitlarida o‘simliklarning fiziologik holatini yaxshilovchi foydali element sifatida keng o‘rganilgan [6,7]. Kremniyning sho‘rlanishga chidamlilikdagi ta’siri bir nechta mexanizmlar bilan bog‘liq. Xususan, Si o‘simlikning Na^+ va Cl^- ionlarini ortiqcha o‘zlashtirishini cheklashi va K^+/Na^+ muvozanatini yaxshilashi mumkin [6]. Masalan, bodringda olib borilgan tajribada 75 mM NaCl stressi o‘simlik biomassasini sezilarli kamaytirgan, Si qo‘llanilishi esa ildiz va poya biomassasi, ildiz uzunligi, ildiz yuzasi va boshqa o‘sish ko‘rsatkichlarini yaxshilagan. Shu tadqiqotda Si qo‘llanilishi o‘simlik poyasidagi Cl^- miqdorining kamayishi bilan ham bog‘langan [8]. Bundan tashqari, sho‘rlanish vaqtida ROS hosil bo‘lishining kuchayishi oksidlovchi stressni yuzaga keltiradi. Si o‘simlikning antioksidant tizimini qo‘llab-quvvatlab, oksidlovchi zararni kamaytirishga yordam

berishi mumkin [6]. 2026-yilgi tadqiqotda *Bacillus* - Si kombinatsiyasi tuz-qurg‘oqchilik stressiga uchragan *Glycyrrhiza uralensis* o‘simliklarida antioksidant fermentlar va boshqa antioksidant metabolitlarning faoliyatini yaxshilagani ko‘rsatilgan [9,10]. Silikatlarni erituvchi bakteriyalar - qiyin eruvchan silikat minerallarining biologik erishini tezlashtirish qobiliyatiga ega mikroorganizmlar guruhidir. Ular orasida quyidagi bakterial guruhlar uchrashi mumkin: *Bacillus, Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Aeromonas* va boshqa rizosfera bakteriyalari.

Ayrim izolyatlar silikatlarni eritishdan tashqari fosfataza va ACC-deaminaza kabi o‘simlik o‘sishini rag‘batlantiruvchi xususiyatlarga ham ega bo‘lgan [8]. Bu juda muhim jihat, chunki silikat bakteriyalar faqat Si mobilizatsiyasi bilan cheklanib qolmasdan, bir vaqtning o‘zida o‘simlik o‘sishini rag‘batlantiruvchi ko‘plab funksiyalarga ega bo‘lishi mumkin. Silikat bakteriyalarning asosiy biotexnologik xususiyati - qiyin eruvchan mineral shakllardagi Si va boshqa elementlarni harakatchan holatga o‘tkazishidir. Jarayonni quyidagicha ifodalash mumkin: silikat minerali - bakteriyaning mineral yuzasiga kolonizatsiyasi - organik kislotalar va boshqa metabolitlarning ajralishi - mineral kristall strukturasining yemirilishi - Si, K, Mg, Fe va boshqa elementlarning ajralishi – o‘simlik uchun mavjud elementlar - o‘simlikning oziqlanishi va stressga chidamliligining yaxshilanishi. Sho‘rlangan tuproqlarda silikat bakteriyalarning ahamiyatini ikki tomonlama ko‘rish mumkin:

Birinchi yo‘nalish - Si mobilizatsiyasi. Bakteriyalar qiyin eruvchan silikatlarni parchalab, kremniyning o‘simlik tomonidan o‘zlashtirilishi mumkin bo‘lgan shakllarini ko‘paytiradi [4,5].

Ikkinchi yo‘nalish - o‘simlikning tuz stressiga chidamliligini qo‘llab-quvvatlash. Bakterial Si mobilizatsiyasi natijasida o‘simlikning Si bilan ta’minlanishi yaxshilansa, Si o‘z navbatida ion muvozanati, antioksidant himoya va suv almashinuvini qo‘llab-quvvatlashi mumkin [6, 7]. Shu sababli: silikat bakteriya - Si mobilizatsiyasi - o‘simlikning Si bilan ta’minlanishi - Na^+/K^+ muvozanati - antioksidant himoya - sho‘rlanishga chidamlilik modelini taklif qilish mumkin. Mazkur yo‘nalish O‘zbekiston sharoitida alohida ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Qurg‘oqchil iqlim, sug‘oriladigan dehqonchilik va ayrim hududlarda tuproq sho‘rlanishi mikrobiologik biotexnologiyalarni qo‘llash uchun dolzarb sharoit yaratadi. O‘zbekiston va Markaziy Osiyo sharoitida sho‘r tuproqlardan ajratib olingan tuzga chidamli rizobakteriyalar o‘simliklarning sho‘rlanish sharoitidagi o‘sishini yaxshilashi mumkinligi bo‘yicha tadqiqotlar mavjud. Egamberdieva va hammualliflar sho‘r tuproqlardan ajratilgan tuzga chidamli PGPR bakteriyalarni sho‘rlangan agroekotizimlarni tiklashda qo‘llash istiqbollarini ko‘rsatgan [3].

Xulosa

Sho‘rlangan tuproqlarda silikat bakteriyalardan foydalanish tuproq mikrobiologiyasi, o‘simlik fiziologiyasi va biotexnologiyaning kesishgan istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Silikat bakteriyalar qiyin eruvchan mineral shakllardan Si va boshqa elementlarning mobilizatsiyasini kuchaytirishi, o‘simliklarning mineral oziqlanishini yaxshilashi va Si orqali sho‘rlanish stressiga chidamlilikni bilvosita qo‘llab-quvvatlashi mumkin. Ayniqsa, *Bacillus* turkumiga mansub bakteriyalar noqulay sharoitlarda yashab qolish, rizosferani kolonizatsiya qilish va o‘simlik o‘sishini rag‘batlantirish xususiyatlari sababli amaliy jihatdan qiziq hisoblanadi. So‘nggi tadqiqotlar esa silikat erituvchi mikroorganizmlarni faqat Si mobilizatori sifatida emas, balki o‘simlik–mikrobiom–tuproq tizimining faol komponenti sifatida o‘rganish zarurligini ko‘rsatmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Zhu, J.-K. (2016). Abiotic stress signaling and responses in plants. Cell, 167(2), 313–324.
2. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651–681.
3. Egamberdieva, D., Wirth, S., Bellingrath-Kimura, S. D., Mishra, J., & Arora, N. K. (2019). Salt-tolerant plant growth promoting rhizobacteria for enhancing crop productivity of saline soils. Frontiers in Microbiology, 10, Article 2791.
4. Manimaran, G., Duraisamy, S., Subramanium, T., Rangasamy, A., Alagarsamy, S., James, P., Selvababu, S., Perumal, D., Veerappan, M., Arunan, Y. E., & Periakaruppan, J. (2025).

Silicon-driven approaches to salinity stress tolerance: Mechanisms, uptake dynamics, and microbial transformations. Plant Stress, 16, Article 100825.
5. Ribeiro, I. D. A., Volpiano, C. G., Vargas, L. K., Granada, C. E., Lisboa, B. B., & Passaglia, L. M. P. (2020). Use of mineral weathering bacteria to enhance nutrient availability in crops: A review. Frontiers in Plant Science, 11, Article 590774.
6. Coskun, D., Britto, D. T., Huynh, W. Q., & Kronzucker, H. J. (2016). The role of silicon in higher plants under salinity and drought stress. Frontiers in Plant Science, 7, Article 1072.
7. Khan, A., Khan, A. L., Muneer, S., Kim, Y.-H., Al-Rawahi, A. A., & Al-Harrasi, A. A. (2019). Silicon and salinity: Crosstalk in crop-mediated stress tolerance mechanisms. Frontiers in Plant Science, 10, Article 1429.
8. Kaloterakis, N., van Delden, S. H., Hartley, S., & De Deyn, G. B. (2021). Silicon application and plant growth promoting rhizobacteria consisting of six pure Bacillus species alleviate salinity stress in cucumber (Cucumis sativus L.). Scientia Horticulturae, 288, Article 110383.
9. Peng, X., Bai, Q., Chen, G., Yu, X., & Zhang, X. (2025). Mechanism of Bacillus cooperating with silicon to re-balance chlorophyll metabolism and restore carbon metabolism of Glycyrrhiza uralensis Fisch. seedlings exposed to salt-drought stress. Plant Physiology and Biochemistry, 219, Article 109337.
10. Identification and profiling of silicate-solubilizing bacteria for plant growth-promoting traits and rhizosphere competence. (2022). Rhizosphere, 23, Article 100566.

DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/3010093