



O'g'iljon JAMALOVA,
O'zbekiston Milliy universiteti tayanch doktoranti
E-mail: umarjonqizi@gmail.com
Diyorbek QOSIMOV,
OzRFA Mikrobiologiya Instituti katta ilmiy xodimi, PhD

Fundamental va amaliy tadqiqotlar instituti katta ilmiy xodimi, PhD O.Shukurov taqrizi asosida

O'ZBEKISTONNING SHIMOLIY HUDUDLARI TUPROQLARIDAN AJRATILGAN MIKROORGANIZMLARNING SHO'R STRESSGA CHIDAMLILIGINI ANIQLASH

Аннотация

Orlobo'yi hududi va Xorazm viloyatining sho'rlangan tuproq namunalaridan mikroorganizmlar izolyatlari ajratib olinib, ularning morfologik, fiziologik hamda biokimyoviy xususiyatlari asosida identifikatsiya qilindi. Identifikatsiyada klassik mikrobiologik usullar bilan bir qatorda zamonaviy yondashuvlardan foydalanildi, bu esa mikroorganizmlarning taksonomik o'rnini aniq belgilash imkonini berdi. Ajratilgan izolyatlarning halotolerantlik darajasi turli NaCl konsentratsiyalarida o'sish dinamikasi asosida o'rganildi. Tuzga chidamlilik testi 3–18% NaCl diapazonida olib borildi va bu ekstremal sho'rlanish sharoitlarini modellashtirish imkonini berdi. Natijalarga ko'ra, *Bacillus licheniformis* eng yuqori halotolerantlikni namoyon etib, 18% NaCl da ham o'sishni saqlab qoldi. *Bacillus megaterium* 15% gacha, *Bacillus atrophaeus* va *Bacillus vallismortis* 12% gacha, *Bacillus pumilus* hamda *Pseudomonas koreensis* esa 10% NaCl gacha o'sish qobiliyatini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: sho'rlangan tuproq, *Bacillus* spp., halotolerant bakteriyalar, tuzga chidamlilik, fiziologik-biokimyoviy xususiyatlar.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К СОЛЕВОМУ СТРЕССУ У МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ УЗБЕКИСТАНА

Аннотация

Из образцов засоленных почв Приаралья и Хорезмской области были выделены изоляты микроорганизмов, которые были идентифицированы на основе их морфологических, физиологических и биохимических свойств. При идентификации наряду с классическими микробиологическими методами использовались современные подходы, что позволило точно определить таксономическое положение микроорганизмов. Степень галотолерантности выделенных изолятов изучали на основе динамики их роста при различных концентрациях NaCl. Тест на солеустойчивость проводили в диапазоне 3–18% NaCl, что позволило смоделировать условия экстремального засоления. По результатам исследования, *Bacillus licheniformis* проявил наивысшую галотолерантность, сохраняя рост даже при 18% NaCl. *Bacillus megaterium* сохранял способность к росту до 15%, *Bacillus atrophaeus* и *Bacillus vallismortis* - до 12%, а *Bacillus pumilus* и *Pseudomonas koreensis* - до 10% NaCl.

Ключевые слова: засоленная почва, *Bacillus* spp., галотолерантные бактерии, солеустойчивость, физиолого-биохимические свойства.

DETERMINATION OF RESISTANCE TO SALT STRESS IN MICROORGANISMS ISOLATED FROM SOILS OF THE NORTHERN REGIONS OF UZBEKISTAN

Аннотация

Microbial isolates were obtained from saline soil samples collected in the Aral Sea region and Khorezm Province and were identified based on their morphological, physiological, and biochemical characteristics. In addition to classical microbiological methods, modern approaches were also used for identification, which made it possible to accurately determine the taxonomic position of the microorganisms. The halotolerance level of the isolated strains was studied based on their growth dynamics under different NaCl concentrations. Salt tolerance testing was carried out within the range of 3–18% NaCl, which made it possible to simulate conditions of extreme salinity. According to the results, *Bacillus licheniformis* exhibited the highest halotolerance, maintaining growth even at 18% NaCl. *Bacillus megaterium* showed growth up to 15%, *Bacillus atrophaeus* and *Bacillus vallismortis* up to 12%, while *Bacillus pumilus* and *Pseudomonas koreensis* retained growth capacity up to 10% NaCl.

Keywords: saline soil, *Bacillus* spp., halotolerant bacteria, salt tolerance, physiological and biochemical characteristics.

Kirish. Tuproq sho'rlanishi bugungi kunning muhim agroekologik muammolaridan biri bo'lib, ayniqsa qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil hududlarda tuproq unumdorligi, suvdan foydalanish samaradorligi hamda o'simlik mahsuldorligini cheklab qo'yadi. FAO ma'lumotlariga ko'ra, sho'rlanish va tuproqda Na ning ortib ketishi global miqyosda tuproqning katta qismini qamrab oladi; yangilangan hisob-kitoblarda esa 1381 million gektardan ortiq maydon sho'rlanish ta'sirida ekani qayd etilgan[1]. Bunday sharoitlarda mikroorganizmlar osmotik stress, ion toksikligi va suv tanqisligi sharoitiga moslashib, ekologik barqarorlikni saqlash va biotexnologik yechimlar yaratishda muhim rol o'ynaydi. Sho'r muhitlardan ajratilgan bakteriyalar orasida *Bacillus* vakillari alohida ahamiyatga ega bo'lib, ularning endospora hosil qilishi, stressga chidamliligi, ildiz atrofiga joylashib, yashab qolish qobiliyati hamda biologik faol metabolitlar ishlab chiqarishi bilan ajralib turadi. Adabiyotlarda *Bacillus* vakillarining o'simlik o'sishini rag'batlantirish, oziqa elementlarini mobilizatsiya qilish va sho'r stress ta'sirini kamaytirishda samarali ekanligi ko'rsatilgan [2].

Mazkur tadqiqotda *Bacillus atrophaeus*, *B. licheniformis*, *B. vallismortis*, *B. megaterium* va *B. pumilus* turlariga e'tibor qaratiladi [3]. Ushbu turlar o'simlik o'sishini rag'batlantirish, biokontrol va halotolerantlik xususiyatlari bilan ilmiy adabiyotlarda keng yoritilgan. Shu bilan birga, tur darajasidagi identifikatsiya amaliy qo'llash uchun yetarli emasligi sababli, ularning funksional xususiyatlari va xavfsizlik ko'rsatkichlarini kompleks o'rganish muhim hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi yuqori sho'rlanishli hududlardan *Bacillus* turlarini ajratish, ularni molekulyar identifikatsiya qilish va ayrim biologik xususiyatlarini baholashdan iborat.

2. Materiallar va usullar

Namuna olish. Tuproq namunalari Qoraqalpog'iston Respublikasining Mo'ynoq tumani hamda Xorazm viloyatining yuqori sho'rlangan hududlaridan steril sharoitda olindi. Har bir maydonda 5 ta nuqtadan 0–20 sm, 20–40 sm va 40–60 sm chuqurliklar bo'yicha namunalar yig'ilib, kompozit namunalar shakllantirildi va laboratoriyaga yetkazildi.

Mikroorganizmlarni ajratish. Tuproq suspenziyalari ketma-ket suyultirish usulida tayyorlanib, 3–18% NaCl qo'shilgan MPA ozuqa muhitlariga ekildi hamda 29°C da 72 soat davomida inkubatsiya qilindi. Hosil bo'lgan koloniyalar 3 martagacha qayta ekish orqali sof kulturaga keltirilib, ularning morfologik belgilari (koloniya shakli, cheti, rangi va yuzasi) tavsiflandi.

Mikroorganizmlarni identifikatsiya qilish. Ajratilgan izolyatlar morfo-kultural xususiyatlar, mikroskop ostida kuzatish hamda MALDI-TOF MS usuli yordamida identifikatsiya qilindi.

Sho'rga chidamlilikni baholash. Shtammlarning halotolerantligi turli konsentratsiyadagi NaCl saqlovchi ozuqa muhitlarida o'sish darajasi, intensivligi va koloniyalarning saqlanib qolishi asosida baholandi.

Natijalar

Yuqori sho'rlanishli tuproq namunalaridan bakterial izolyatlarning ajratilishi va identifikatsiyasi

Tuproq namunalaridan tuzli ozuqa muhitlarida o'sishga qodir bakterial koloniyalar ajratib olindi. Buning uchun yuqori NaCl konsentratsiyalarini o'z ichiga olgan selektiv ozuqa muhitlaridan foydalanildi, Bunday muhitlar ayniqsa sho'r sharoitga moslashgan mikroorganizmlarni saralash imkonini berdi. O'sib chiqqan koloniyalar morfologik jihatdan farqlanib, ularning shakli, rangi va yuzasi kabi belgilariga ko'ra dastlabki identifikatsiya amalga oshirildi. Tanlab olingan koloniyalar bir necha marotaba qayta ekish (subkulturatsiya) orqali sof kulturaga keltirildi, bu esa izolyatlarning bir xil genetik tarkibga ega bo'lishini ta'minladi. Sof kulturaga ega izolyatlar morfologik, fiziologik va biokimyoviy xususiyatlari asosida, shuningdek zamonaviy identifikatsiya usullari yordamida tahlil qilindi. Identifikatsiya jarayonida hujayra tuzilishi, Gram bo'yicha bo'yalishi, spora hosil qilish qobiliyati, fermentativ faolligi kabi ko'rsatkichlar hisobga olindi. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, ajratilgan bakterial izolyatlarning asosiy qismi *Bacillus* hamda *Pseudomonas* avlodlariga mansub bo'lib, bu mikroorganizmlar yuqori sho'rlanish sharoitiga moslashuvchanligi va ekologik ahamiyati bilan ajralib turadi.

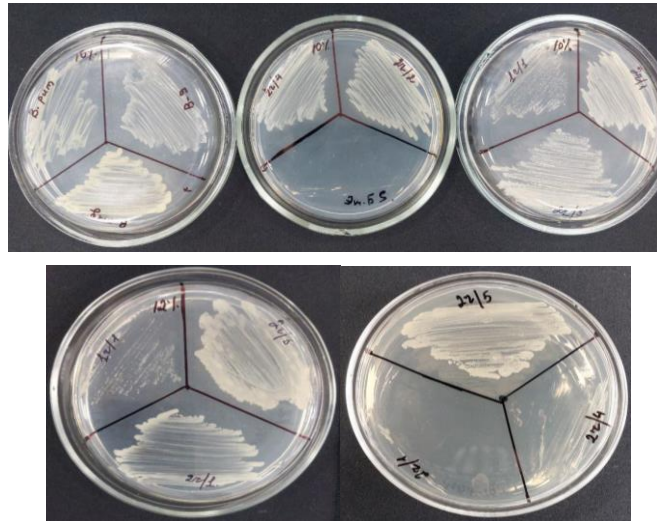
1 – jadval. Ajratilgan bakterial izolyatlarning NaCl ga chidamlilik ko'rsatkichlari

| № | Izolyat | 3% | 5% | 7% | 10% | 12% | 15% | 18% |
|---|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | <i>Bacillus atrophaeus</i> | +++ | +++ | ++ | ++ | + | – | – |
| 2 | <i>Bacillus licheniformis</i> | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + |
| 3 | <i>Bacillus vallismortis</i> | +++ | +++ | ++ | ++ | + | – | – |
| 4 | <i>Pseudomonas koreensis</i> | +++ | +++ | ++ | + | – | – | – |
| 5 | <i>Bacillus megaterium</i> | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + | – |
| 6 | <i>Bacillus pumilus</i> | +++ | +++ | ++ | + | – | – | – |

Ajratilgan bakterial izolyatlarning tuzga chidamliligi 3–18% NaCl diapazonida baholandi (Jadval 1). Natijalarga ko'ra, 3% va 5% NaCl sharoitida barcha izolyatlar kuchli o'sish (+++) namoyon qildi. NaCl konsentratsiyasi ortishi bilan izolyatlar o'rtasida farqlar kuzatildi. *Bacillus licheniformis* 12% NaCl sharoitida ham kuchli o'sishni (+++) saqlab qoldi, 15% da o'rtacha (++) va 18% da sust (+) o'sish ko'rsatdi. *Bacillus megaterium* 10% NaCl gacha kuchli o'sdi (+++), 12% da o'rtacha (++) va 15% da sust (+) o'sish namoyon qildi. *Bacillus atrophaeus* va *Bacillus vallismortis* 12% NaCl gacha o'sishni saqladi, ammo 15% va 18% konsentratsiyalarda o'sish kuzatilmadi. *Bacillus pumilus* 10% NaCl gacha o'sdi, 12% va undan yuqori konsentratsiyalarda esa o'sish qayd etilmadi. *Pseudomonas koreensis* 10% NaCl da sust o'sish ko'rsatdi va 12% dan yuqori konsentratsiyalarda o'sishni to'xtatdi.

Tuzga chidamlilik tahlili izolyatlar o'rtasida sezilarli farqlar mavjudligini ko'rsatdi [4]. Barcha izolyatlar 3% va 5% NaCl sharoitida yaxshi o'sish ko'rsatdi. Tuz konsentratsiyasi oshishi bilan esa o'sish intensivligi differensial tarzda o'zgardi. Eng yuqori halotolerantlik *Bacillus licheniformis* da kuzatilib, u 18% NaCl da ham o'sishni saqlab qoldi. Bu natija uning yuqori osmotik stress sharoitiga moslashganligini va kompatibil osmolitlar to'plash, membrana barqarorligi hamda ion homeostazi kabi mexanizmlar bilan bog'liq bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi. *Bacillus megaterium* 15% NaCl gacha o'sish qobiliyatini saqlab qoldi va bu tur adabiyotlarda klassik PGPR sifatida keng o'rganilgan bo'lib, o'simlik o'sishini rag'batlantirish va oziqa elementlarini mobilizatsiya qilish xususiyatlariga ega [9]. Olingan natijalar uning halotolerantlik bo'yicha ham istiqbolli ekanini ko'rsatadi. *Bacillus atrophaeus* va *Bacillus vallismortis* 12% NaCl gacha o'sishni saqlagan bo'lsa-da, yuqori konsentratsiyalarda o'sish kuzatilmadi. Bu ularning o'rta darajadagi halotolerant izolyatlar ekanini bildiradi. Shunga qaramay, qishloq xo'jaligi amaliyotida o'rtacha sho'rlanish sharoitida samarali ishlaydigan shtammlar ham muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, *B. vallismortis* ning o'simlik o'sishini rag'batlantiruvchi va biokontrol xususiyatlari uning amaliy salohiyatini oshiradi. *Bacillus pumilus* va *Pseudomonas koreensis* izolyatlarida esa yuqori tuz konsentratsiyalarida o'sish sezilarli darajada cheklanganligi kuzatildi. Bu ularning boshqa izolyatlarga nisbatan sho'rlanishga sezgirroq ekanini ko'rsatadi. Biroq ular pastroq sho'rlanish sharoitida foydali bo'lishi mumkin va ularning amaliy qiymati keyingi funksional va agrobiologik tadqiqotlar orqali aniqlanishi lozim.





1-rasm. NaCl ning turli konsentratsiyalarida bakterial izolyatlarning qattiq oziqa muhitidagi o'sish ko'rinishi.

Xulosa. Mazkur tadqiqot yuqori sho'rlanishli hududlar ekologik jihatdan moslashgan va amaliy ahamiyatga ega bakteriyalar uchun muhim manba ekanini ko'rsatdi. Sho'rlangan tuproq namunalardan ajratilgan izolyatlar orasidan 16S rRNA genining partial ketma-ketligi asosida *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus licheniformis* va *Bacillus vallismortis* turlari molekulyar identifikatsiya qilindi. Ushbu natija yuqori sho'rlanishli muhitlar *Bacillus* avlodiga mansub, stressga chidamli bakteriyalarni saqlovchi selektiv yashash muhiti vazifasini bajarishini tasdiqlaydi.

Tuzga chidamlilik bo'yicha olingan natijalar izolyatlar orasida sezilarli fiziologik tafovut mavjudligini ko'rsatdi. Xususan, *Bacillus licheniformis* eng yuqori halotolerantlikni namoyon qilib, 18% NaCl sharoitida ham sust bo'lsa-da o'sishni saqlab qoldi. *Bacillus megaterium* ham nisbatan yuqori chidamlilik ko'rsatib, 15% NaCl gacha o'sish qobiliyatini namoyon etdi. *Bacillus atrophaeus* va *Bacillus vallismortis* o'rta darajadagi sho'rlanish sharoitlarida faol o'sish ko'rsatgan bo'lsa, *Bacillus pumilus* va *Pseudomonas koreensis* yuqori tuz fonida nisbatan sezgirroq ekanligi kuzatildi. Bu ma'lumotlar sho'rlangan agroekotizimlar uchun istiqbolli bakterial izolyatlarni saralashda muhim mezon bo'lib xizmat qiladi.

Umuman olganda, olingan natijalar sho'r hududlardan ajratilgan ayrim *Bacillus* izolyatlari biologik faol va amaliy jihatdan istiqbolli mikroorganizmlar bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi. Ayniqsa, *Bacillus licheniformis* va *Bacillus megaterium* yuqori tuzga chidamlilik ko'rsatkichlari bilan keyingi tadqiqotlar uchun ustuvor nomzodlar sifatida ajralib turadi. Shu bilan birga, ularning qishloq xo'jaligida bioinokulyant, biostimulyator yoki biokontrol agent sifatidagi haqiqiy salohiyatini aniqlash uchun qo'shimcha ravishda fosfat eritish, IAA, siderofor, ACC-deaminaza, antagonistik faollik, o'simlik modeli va dala tajribalari asosida chuqur baholash zarur.

ADABIYOTLAR

1. FAO. 2024. Global status of salt-affected soils. Rome.
2. Shilev, S., Azaizeh, H., Ben-Moshe, T., & Buleu, I. (2020). Plant-growth-promoting bacteria mitigating soil salinity stress in plants. *Applied Sciences*, 10(20), 7326.
3. Tu, Q., Li, X., Zhang, Y., Wang, J., & colleagues. (2025). Mitigation of salinity stress via improving growth, physiology, and antioxidant traits of sunflower by *Bacillus pumilus* and biochar amendment. *Scientific Reports*, 15, Article 93959.
4. Ayaz, M., Ali, Q., Farzand, A., Khan, A. R., Ling, Z., Gao, X., & Shah, G. A. (2022). Salt tolerant *Bacillus* strains improve plant growth traits and regulation of phytohormones in wheat under salinity stress. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1025685.
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). Global status of salt-affected soils. FAO.
6. Kumar, A., Singh, S., Mukherjee, A., Rastogi, R. P., & Verma, J. P. (2021). Salt-tolerant plant growth-promoting *Bacillus pumilus* strain JPVS11 to enhance plant growth attributes of rice and improve soil health under salinity stress. *Microbiological Research*, 242, 126616. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126616>
7. Castaldi, S., Petrillo, C., Donadio, G., Piaz, F. D., Cimmino, A., Masi, M., Evidente, A., & Isticato, R. (2021). Plant growth promotion function of *Bacillus* sp. strains isolated from salt-pan rhizosphere and their biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina*. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), Article 3324.
8. Dobrzyński, J., Wichrowska, D., Gawroński, P., & Swędryńska, D. (2022). Potential of *Bacillus pumilus* to directly promote plant growth. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1069053.
9. Medison, R. G., Widodo, W., Sembiring, E. N., Hanudin, E., & Budiarto, R. (2023). Evaluating the potential of *Bacillus licheniformis* YZCUO202005 isolated from lichens in maize growth promotion and biocontrol. *Heliyon*, 9(10), e20536.
10. Egamberdieva, D., Wirth, S., Jabborova, D., Räsänen, L. A., & Liao, H. (2017). Coordination between *Bradyrhizobium* and *Pseudomonas alleviates* salt stress in soybean through improved plant growth. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2017.