

ZANJABIL (*Zingiber officinale* Rosc.) ENDOFIT BAKTERIYALARINING TUPROQSIZ TIZIMDA MIKROBIAL BIOSTIMULYATOR SIFATIDAGI SALOHİYATI

Kurbanova Nigora Baxramjonovna
PhD talaba “*TIQXMMI*” MTU huzuridagi
Fundamental va amaliy tadqiqotlar instituti
kurbanova.n8708@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21902370>

Annotatsiya: Mazkur tadqiqotda zanjabil (*Zingiber officinale* Rosc.) o'simligidan ajratilgan endofit bakteriyalarning o'simlik o'sishini rag'batlantiruvchi xususiyatlari va ularning gidroponik tizimda mikrobial biostimulyator sifatidagi samaradorligi baholandi. Endofit bakteriyalarning fosfatni eritish, siderofor hosil qilish va fitopatogen zamburug'larga qarshi antagonistik faolligi o'rganildi. Tadqiqot natijalari bakteriyalarning zanjabilning vegetativ o'sishi, ildiz tizimi rivojlanishi hamda biomassa to'planishini rag'batlantirishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: zanjabil, endofit bakteriyalar, tuproqsiz tizim, mikrobial biostimulyator, fosfatni eritish, siderofor, antagonistik faollik.

Аннотация: В данном исследовании была проведена оценка ростостимулирующих свойств эндофитных бактерий, выделенных из растения имбиря (*Zingiber officinale* Rosc.), а также их эффективности в качестве микробных биостимуляторов в условиях гидропонной системы. Изучены способность эндофитных бактерий к солубилизации фосфатов, образованию сидерофоров и их антагонистическая активность в отношении фитопатогенных грибов. Результаты исследования показали, что применение данных бактерий способствует усилению вегетативного роста имбиря, развитию корневой системы и накоплению биомассы

Ключевые слова: имбирь, эндофитные бактерии, беспочвенная система, микробный биостимулятор, солубилизация фосфатов, сидерофоры, антагонистическая активность.

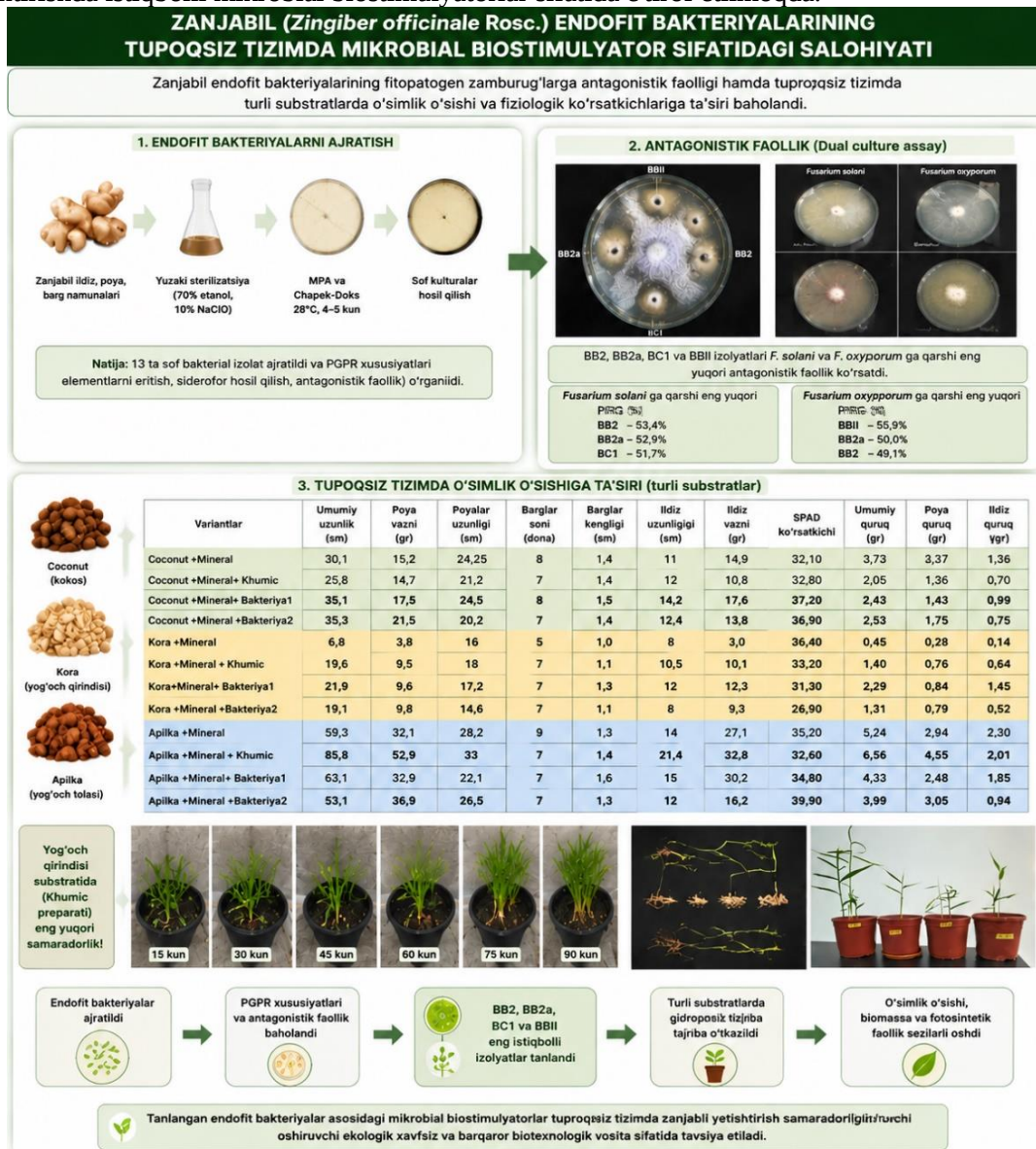
Abstract: In this study, the plant growth-promoting properties of endophytic bacteria isolated from ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) and their effectiveness as microbial biostimulants in a hydroponic system were evaluated. The phosphate-solubilizing ability, siderophore production, and antagonistic activity of the endophytic bacteria against phytopathogenic fungi were investigated. The results demonstrated that these bacteria enhanced the vegetative growth of ginger, promoted root system development, and increased biomass accumulation.

Keywords: ginger, endophytic bacteria, soilless system, microbial biostimulant, phosphate solubilization, siderophores, antagonistic activity.

Global iqlim o'zgarishi, tuproq degradatsiyasi va mineral o'g'itlardan ortiqcha foydalanish qishloq xo'jaligida ekologik xavfsiz texnologiyalarni joriy etishni taqozo etmoqda [1. 2023:B.3]. Mikrobial biostimulyatorlar o'simliklarning oziqa elementlarini o'zlashtirishini yaxshilash, fiziologik holatini mustahkamlash va turli stress omillariga moslashuvini oshirishda istiqbolli biologik vositalardan biri hisoblanadi [2. 2022:B.245]. Ayniqsa, dorivor o'simliklarni tuproqsiz (gidroponik) tizimlarda yetishtirishda foydali endofit bakteriyalardan foydalanish katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Zanjabil (*Zingiber officinale* Rosc.) — Zingiberaceae oilasiga mansub ko'p yillik bir urug'pallali dorivor va ziravor o'simlik bo'lib, dunyoning tropik va subtropik hududlarida keng yetishtiriladi. Uning yer osti poyasi (rizomasi) oziq-ovqat, farmatsevtika va kosmetika sanoatida qimmatli xomashyo sifatida keng qo'llaniladi [6. 2017:B.23]. Zanjabil yangi, quritilgan, kukun, ekstrakt hamda efir moyi shakllarida iste'mol qilinadi. Tarkibidagi gingerol, shogaol va zingeron kabi biologik faol birikmalar tufayli antioksidant, yallig'lanishga qarshi, antimikrob va immunomodulyator xususiyatlarga ega bo'lib, zamonaviy tibbiyot hamda funksional oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarishda muhim ahamiyat kasb etadi [7. 2008:B. 3]. Tadqiqotda zanjabil o'simligining ichki to'qimalaridan endofit bakteriyalar ajratilib, ularning o'simlik o'sishini rag'batlantiruvchi xususiyatlari laboratoriya sharoitida baholandi. Endofitlar o'simlik organizmi bilan o'zaro manfaatli simbioz hosil qilib, uning o'sishi va rivojlanishini turli mexanizmlar orqali qo'llab-quvvatlaydi [9. 2023: B. 2]. Ular fitogormonlar (auksinlar, giberellinlar va sitokininlar) hamda boshqa o'sishni rag'batlantiruvchi metabolitlarni sintez qilish orqali o'simlikning vegetativ rivojlanishi va ildiz tizimining shakllanishini jadallashtiradi [8.2025:B. 992]. Bundan tashqari, endofitlar fosfatni eruvchan shaklga o'tkazish, sideroforlar ishlab chiqarish va boshqa foydali

metabolitlarni ajratish orqali oziqa elementlarining o'zlashtirilishini yaxshilaydi [3. 2014:B.161]. Ular fitopatogen mikroorganizmlarga qarshi antagonistik faollik ko'rsatib, ular bilan joy va ozuqa moddalari uchun raqobatlashishi, mikroblarga qarshi birikmalar ishlab chiqarishi yoki kasalliklardan himoya qilish uchun o'simliklarda himoya reaksiyalarini qo'zg'atishi mumkin hamda tizimli rezistentlikni induksiya qiladi [4. 2021:B.97]. Shuningdek, ayrim endofitlar og'ir metallar va boshqa toksik birikmalarni zararsizlantirish yoki ularning o'simlik tomonidan o'zlashtirilishini tartibga solish orqali fitoremediatsiya jarayonlarida muhim rol o'ynaydi. Shu sababli endofit bakteriyalar ekologik xavfsiz va barqaror qishloq xo'jaligini rivojlantirishda istiqbolli mikroblar biostimulyatorlar sifatida e'tirof etilmoqda.



Zanjabil (*Zingiber officinale* Rosc.) o'simligining ildiz, poya va barglaridan endofit mikroorganizmlar Fundamental va amaliy tadqiqotlar instituti, Biologik tadqiqotlar va oziq-ovqat xavfsizligi laboratoriyasida ajratib olindi. O'simlik namunalari 70 % etanol va 10 % NaClO eritmalari yordamida yuzaki sterilizatsiya qilinib, steril distillangan suv bilan yuvildi. Sterillangan to'qimalardan tayyorlangan kesmalar go'sht-peptonli agar (MPA) va Chapek-Doks ozuqa muhitlariga ekildi hamda 28 °C da 4–5 kun davomida inkubatsiya qilindi. Hosil bo'lgan koloniyalar morfologik belgilari (shakli, rangi, sirti va konsistensiyasi) bo'yicha tanlab olinib, sof kulturalar hosil qilish uchun qayta ekildi. Yuzaki sterilizatsiya samaradorligi steril suvning oxirgi yuvindisini ozuqa muhitlariga ekish orqali nazorat qilindi. Qayta ekish natijasida 13 ta sof bakterial izolat ajratib olindi va ularning morfologik hamda o'simlik o'sishini rag'batlantiruvchi (PGPR) xususiyatlari o'rganildi. Xususan, izolatlarining fosfatni eritish qobiliyati, siderofor hosil qilishi hamda fitopatogen zamburug'larga nisbatan antagonistik faolligi

baholandi. Olingan natijalar asosida yuqori biologik faollikka ega istiqbolli shtammlar keyingi tuproqsiz tizim tajribalarda mikrobial biostimulyator sifatida qo'llash uchun tanlab olindi.

Zanjabil (*Zingiber officinale* Rosc.) o'simligidan ajratib olingan 13 ta endofit bakteriya izolatining fitopatogen zamburug'lar – *Fusarium solani* va *Fusarium oxysporum* ga qarshi antagonistik faolligi *dual culture* usuli yordamida baholandi. Antagonistik faollik zamburug' mitseliylarining radial o'sishini ingibirlash darajasi (PIRG) bo'yicha aniqlandi. Tadqiqot natijalari bakteriya izolyatlari orasida antagonistik faollik sezilarli darajada farqlanishini ko'rsatdi. Eng yuqori antifungal faollik *F. solani* ga nisbatan BB2 (53,4%), BB2a (52,9%) va BC1 (51,7%) izolyatlarida, *F. oxysporum* ga nisbatan esa BBII (55,9%), BB2a (50,0%) va BB2 (49,1%) izolyatlarida qayd etildi. Ushbu izolyatlar bakteriya koloniyasi atrofida zamburug' mitseliylarining o'sishini sezilarli darajada cheklab, ularning radial rivojlanishini susaytirdi. O'rta darajadagi antagonistik faollik PC1, PC2 va PB4 izolyatlarida kuzatilgan bo'lsa, BC2, BC3, IC1 va BBA izolyatlarida ingibitsiya darajasi nisbatan past bo'ldi. Olingan natijalar BB2, BB2a, BC1 va BBII izolyatlarining fitopatogen *Fusarium* turlariga qarshi yuqori antagonistik potensialga ega ekanligini hamda ularni istiqbolli biologik nazorat agentlari va mikrobial biostimulyatorlar sifatida qo'llash mumkinligini ko'rsatdi.

Faol bakteriya shtammlari tuproqsiz tizimda yetishtirilayotgan zanjabil o'simliklariga qo'llanildi. Turli substratlarda tuproqsiz sharoitda yetishtirilgan zanjabil (*Zingiber officinale* Rosc.) o'simligining vegetativ o'sishi nazorat va endofit bakteriyalar asosidagi bioo'g'it qo'llangan variantlarda baholandi. Vegetatsiya davrida o'simliklarning poya balandligi va barglar soni muntazam kuzatib borildi. Olingan natijalar substrat turi hamda endofit bakteriyalar asosidagi mikrobial biostimulyatorlarning o'simlik o'sishiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini aniqladi. Kokos substratida *Bakteriya 1* qo'llanilgan variantda vegetativ o'sish ko'rsatkichlari yaxshilanib, umumiy o'simlik uzunligi 35,1 sm, ildiz uzunligi 14,2 sm, ildiz biomassasi 17,6 g va SPAD ko'rsatkichi 37,2 ni tashkil etdi. Yog'och qirindisi substrati eng yuqori samaradorlikni namoyon qilib, Khumic preparati qo'llanilgan variantda o'simlikning umumiy uzunligi 85,8 sm, poya vazni 52,9 g, ildiz uzunligi 21,4 sm, ildiz vazni 32,8 g hamda umumiy quruq biomassa 6,56 g ga yetdi. *Bakteriya 2* bilan ishlov berilgan yog'och qirindisi variantida esa SPAD ko'rsatkichi 39,9 ga yetib, fotosintetik faollikning yuqori ekanligini ko'rsatdi. Kora substratida o'simliklarning o'sishi boshqa substratlarga nisbatan sustroq kuzatildi. Umuman olganda, endofit bakteriyalar va mikrobial biostimulyatorlarni mos substratlar bilan birgalikda qo'llash zanjabilning vegetativ rivojlanishi, ildiz tizimi shakllanishi, biomassa to'planishi hamda fotosintetik faolligini oshirib, gidroponik tizimda yetishtirish samaradorligini sezilarli darajada yaxshiladi.

Olingan natijalar zanjabil (*Zingiber officinale* Rosc.) endofit bakteriyalarining o'simlik o'sishini rag'batlantiruvchi (PGPR) xususiyatlarga ega ekanligini tasdiqladi. Ajratib olingan 13 ta bakteriya izolyatlari orasida BB2, BB2a, BC1 va BBII shtammlari *Fusarium solani* hamda *Fusarium oxysporum* ga qarshi yuqori antagonistik faollik namoyon etib, ularning biologik himoya vositasi sifatidagi istiqbolini ko'rsatdi. Gidroponik tajribalarda esa endofit bakteriyalar qo'llanilgan variantlarda o'simlikning vegetativ o'sishi, ildiz tizimining rivojlanishi, biomassa to'planishi va SPAD ko'rsatkichlari nazoratga nisbatan yuqori bo'ldi. Ayniqsa, yog'och qirindisi substrati mikrobial biostimulyatorlar bilan uyg'un qo'llanilganda eng yuqori o'sish ko'rsatkichlari qayd etildi. Bu natijalar substrat turi va foydali mikroorganizmlar o'rtasidagi o'zaro ta'sir gidroponik tizimda zanjabil yetishtirish samaradorligini oshirishda muhim omil ekanligini ko'rsatadi [5. 2023:B.35].

Xulosa qilib aytganda, tadqiqot natijasida zanjabil o'simligidan 13 ta endofit bakteriya izolyatlari ajratib olinib, ularning PGPR xususiyatlari va fitopatogen zamburug'larga qarshi antagonistik faolligi aniqlandi. BB2, BB2a, BC1 va BBII izolyatlari yuqori biologik faollik ko'rsatib, istiqbolli mikrobial biostimulyatorlar sifatida tanlab olindi. Ushbu bakteriyalarni gidroponik tizimda mos substratlar bilan birgalikda qo'llash zanjabilning vegetativ rivojlanishi, ildiz biomassasi, fotosintetik faolligi va umumiy hosildorligini yaxshiladi. Olingan natijalar endofit bakteriyalar asosidagi biologik preparatlardan gidroponik tizimlarda zanjabil yetishtirish samaradorligini oshirish hamda ekologik xavfsiz va barqaror agrotexnologiyalarni rivojlantirishda samarali foydalanish mumkinligini ko'rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Backer R., Rokem J.S., Ilangumaran G. va boshqalar. Plant biostimulants: Promoting plant growth and sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*. Lausanne: Frontiers Media SA, 2023.
2. Bonaterra A., Badosa E., Daranas N., Francés J., Roselló G., Montesinos E. Bacteria as biological control agents of plant diseases. *Microorganisms*. Basel: MDPI, 2022.

3. Jasim B., Joseph A.A., John C.J., Mathew J., Radhakrishnan E.K. Plant growth promoting potential of endophytic bacteria associated with medicinal plants. *Microbiological Research*. Amsterdam: Elsevier, 2014.
4. Jabborova, D., Davranov, K., Jabbarov, Z. *et al.* Impact of Growth-Promoting Endophytic Bacteria on Ginger Plant Growth. *Indian J Microbiol* 65, 991–1000 (2025). <https://doi.org/10.1007/s12088-024-01379-3>
5. Compant S., Samad A., Faist H., Sessitsch A. A review on the plant microbiome and endophytic bacteria for sustainable agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Berlin: Springer, 2021.
6. Rouphael Y., Colla G. Toward sustainable agriculture through plant biostimulants. *Agronomy*. Basel: MDPI, 2023.
7. Liu Y, Wu L, Wu X, Li H, Liao Q, Zhang X, Sun Z, Li W. Analysis of microbial diversity in soil under ginger cultivation. *Scientifica* 2017:23. <https://doi.org/10.1155/2017/82568>
8. Takeda J, De Silva S, Muthuraman P, Rahman SM, Kawet L Spices in Sri Lanka, India and Bangladesh with special reference to the usages and consumptions. *Agric Bull*, 2008. 93:1–25
9. Egamberdieva D., Jabborova D., Berg G. Synergistic interactions between beneficial microorganisms and medicinal plants under sustainable cultivation. *Plants*. Basel: MDPI, 2023.