NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-8]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

03.00.00-BIOLOGIYA
journal.namdu.uz
BIOLOGICAL

UDK: 579.64:632.937.1

BACILLUS LICHENIFORMIS SHTAMMINING FITOPATOGEN MIKROORGANIZMLARGA QARSHI ANTAGONISTIK FAOLLIGI

Abdulloyeva Sarvinoz Fayzulloyevna
Samarqand davlat universiteti tayanch doktoranti
e-mail: sarvinozabdullayeva63@gmail.com
Turayeva Bahora Ismoilovna
O‘ zRFA Mikrobiologiya instituti katta ilmiy xodimi
e-mail: turaevabakhora@mail.ru

Annotatsiya: *Ushbu tadqiqotda Samarqand shahridagi tarixiy obyektlar hududida o‘ suvchi asriy daraxtlar mikrobiomi MALDI-TOF mass-spektrometriya usuli yordamida o‘ rganildi. Ajratilgan mikroorganizmlar orasidan yuqori antagonistik faollikka ega* ***Bacillus licheniformis*** *shtammi tanlanib, uning fitopatogenlarga qarshi biologik faolligi baholandi. Natijalar* ***B. licheniformis*** *patogen mikroorganizmlar o‘ sishini cheklashi va aniq inhibisiya zonalari hosil qilishini ko‘ rsatdi. Dala sinovlarida 10^{-2} suyultirilgan suspenziya qo‘ llanilganda biologik himoya samaradorligi yuqori bo‘ lib, ushbu shtamm asriy daraxtlarni himoyalash uchun istiqbolli biokontrol agenti ekanligi aniqlandi.*

Kalit so‘ zlar: Bacillus licheniformis, *antagonizm, fitopatogenlar, mikrobiom, MALDI-TOF, biologik himoya, asriy daraxtlar.*

АНТАГОНИСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ШТАММА *BACILLUS LICHENIFORMIS* ПРОТИВ ФИТОПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Аннотация: *В данном исследовании с использованием метода MALDI-TOF масс-спектрометрии изучен микробиом вековых деревьев, произрастающих на территории исторических объектов города Самарканда. Среди выделенных микроорганизмов был отобран штамм* ***Bacillus licheniformis*** *с высокой антагонистической активностью, и проведена оценка его биологической эффективности против фитопатогенов. Результаты показали, что* ***B. licheniformis*** *эффективно подавляет рост патогенных микроорганизмов и формирует зоны ингибирования. В полевых испытаниях применение суспензии в разведении 10^{-2} обеспечило высокую эффективность биологической защиты, что подтверждает перспективность данного штамма как биоконтрольного агента для защиты вековых деревьев.*

Ключевые слова: Bacillus licheniformis, *антагонизм, фитопатогены, микробиом, MALDI-TOF, биологическая защита.*

ANTAGONISTIC ACTIVITY OF THE *BACILLUS LICHENIFORMIS* STRAIN AGAINST PHYTOPATHOGENIC MICROORGANISMS

Abstract: *This study investigated the microbiome of monumental trees growing in historical sites of Samarkand using MALDI-TOF mass spectrometry. Among the isolated microorganisms, the* ***Bacillus licheniformis*** *strain with high antagonistic activity was selected, and its biological efficacy against phytopathogens was evaluated. The results demonstrated that* ***B. licheniformis*** *effectively inhibited the growth of pathogenic microorganisms and formed distinct inhibition zones. Field trials showed high biological protection efficiency when a 10^{-2} diluted suspension was applied by spraying, confirming the potential of this strain as a biocontrol agent for protecting monumental trees.*

Keywords: Bacillus licheniformis, *antagonism, phytopathogens, microbiome, MALDI-TOF MS, biological control, monumental trees.*

Kirish.

Asriy daraxtlar shahar ekotizimi va madaniy merosning muhim tarkibiy qismi bo‘ lib, ekologik barqarorlik, biologik xilma-xillik va tarixiy landshaftni saqlashda katta ahamiyatga ega [1]. Biroq vaqt o‘ tishi bilan fitopatogen bakteriyalar va zamburug‘ lar ta’sirida daraxtlarning fiziologik holati yomonlashishi, nekroz va chirish jarayonlari rivojlanishi mumkin. Kimyoviy himoya vositalaridan foydalanish tarixiy obyektlar hududida ekologik jihatdan cheklanganligi sababli biologik himoya usullarini ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi [2].

Adabiyotlar tahlili va Metodologiya

O‘ simlik mikrobiomi tarkibidagi **Bacillus** turkumiga mansub bakteriyalar biologik faol metabolitlar ishlab chiqarishi orqali fitopatogenlarning rivojlanishini bostiradi. Zamonaviy **MALDI-TOF mass-spektrometriya** usuli yordamida bunday mikroorganizmlar tezkor aniqlanadi [3]. Mazkur tadqiqotning maqsadi Samarqand shahri tarixiy obidalari hududida mavjud asriy daraxtlar mikrobiomidan ajratilgan ***Bacillus licheniformis*** shtammining fitopatogen mikroorganizmlarga qarshi antagonistik faolligini baholash va uni biologik himoya vositasi sifatida qo‘ llash imkoniyatlarini aniqlashdan iborat [4].

Adabiyotlar tahlili. So‘ nggi yillarda o‘ simlik mikrobiomi va uning fitopatogenlarga qarshi himoyadagi roli bo‘ yicha tadqiqotlar sezilarli darajada kengaydi. Sog‘ lom o‘ simlik mikrobiomi patogenlarning rivojlanishini cheklaydi va o‘ simlik immunitetini faollashtirishda muhim rol o‘ ynaydi [5]. Antagonistik bakteriyalar fitopatogenlar bilan raqobatlashish, antibiotik va antifungal birikmalar ishlab chiqarish hamda induksiyalangan sistemik rezistentlikni faollashtirish orqali biologik nazoratda ishtirok etadi. Ayniqsa, **Bacillus, Paenibacillus** va **Pseudomonas** avlodlari vakillari samarali biokontrol agentlari sifatida keng o‘ rganilmoqda [6]. Asriy daraxtlar mikrobiomi uzoq yillar davomida shakllangan murakkab ekologik tizim bo‘ lib, fiziologik holati va kasalliklarga chidamliligida muhim ahamiyatga ega [7].

Bacillus turkumiga mansub bakteriyalar ekologik xavfsizligi, spora hosil qilish qobiliyati va biologik faol metabolitlar sintez qilishi sababli biologik himoya vositalari orasida alohida o‘ rin egallaydi. *Bacillus subtilis*, *B. velezensis* va *B. licheniformis* ko‘ plab fitopatogenlarga qarshi yuqori antagonistik faollikka ega ekanligi aniqlangan [8]. ***Bacillus licheniformis*** iturin, surfaktin, fengitsin va boshqa lipopeptidlarni ishlab chiqarib, fitopatogenlarning hujayra membranasiga ta’sir qiladi hamda ularning rivojlanishini cheklaydi. Ushbu bakteriyaning *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* kabi patogenlarga qarshi samaradorligi ko‘ plab tadqiqotlarda tasdiqlangan. Genomik tadqiqotlar **Bacillus** vakillarida antagonistik metabolitlar sintezida ishtirok etuvchi NRPS, PKS va siderofor gen klasterlari mavjudligini ko‘ rsatgan [9]. Bu mexanizmlar bakteriyalarni fitopatogenlarga qarshi kompleks himoya ta’sirini ta’minlaydi. MALDI-TOF mass-spektrometriya mikroorganizmlarni tezkor identifikatsiya qilish imkonini beruvchi zamonaviy usul bo‘ lib, ekologik namunalardagi **Bacillus, Pantoea, Paenibacillus** va **Pseudomonas** vakillarini aniqlashda samarali qo‘ llanmoqda [10].

Bacillus licheniformis fitopatogenlarga qarshi yuqori antagonistik faollikka ega istiqbolli biokontrol agentidir. Shu bilan birga, madaniy meros obyektlaridagi asriy daraxtlar mikrobiomidan ajratilgan mahalliy shtammlarning biologik xususiyatlari yetarlicha o‘ rganilmagan. Mazkur tadqiqot asriy daraxtlar mikrobiomidan ajratilgan mahalliy antagonistik shtammlarning biologik imkoniyatlarini baholash orqali ushbu yo‘ nalishdagi tadqiqotlarni rivojlantirishga xizmat qiladi [11].

Materiallar va tadqiqot metodlari. Tadqiqot obyekti sifatida Samarqand shahridagi madaniy meros obyektlari - Go‘ ri Amir maqbarasi, Sherdor madrasasi va Ulug‘ bek rasadxonasi hududlarida o‘ suvchi **Juniperus, Thuja, Cupressus, Pinus, Morus, Platanus** va **Aesculus** turkumlariga mansub asriy daraxtlardan olingan namunalar hamda daraxtlar atrofidagi tuproq namunalari foydalanildi. Namunalar daraxt tanasi, po‘ stloq yuzasi va zararlangan to‘ qimalardan aseptik sharoitda olinib, mikrobiologik tahlillar uchun laboratoriyaga yetkazildi. Ajratib olingan mikroorganizmlar sof kultura holiga keltirilib, ularning tur tarkibi **MALDI-TOF mass-spektrometriya** usuli yordamida identifikatsiya qilindi. Olingan mass-spektrlar ma’lumotlar bazasi bilan taqqoslanib, mikroorganizmlar tur darajasida aniqlandi. Antagonistik faollik ikki kulturani birgalikda o‘ stirish usulida baholanib, patogen koloniyasi o‘ sishining cheklanishi va inhibisiya zonasi hosil bo‘ lishiga ko‘ ra yuqori faollikka ega shtamm tanlab olindi.

Laboratoriya sinovlari natijalariga ko‘ ra eng faol antagonistik shtamm sifatida ***Bacillus licheniformis*** tanlandi. Ushbu shtammning biologik samaradorligini baholash maqsadida dala sharoitida sinovlar o‘ tkazildi. Bunda bakteriya suspenziyasi **10^{-2} (1:100)** suyultirish darajasida tayyorlanib, daraxt tanasi hamda fitopatogenlar bilan zararlangan qismlariga purkash usulida qo‘ llanildi. Tajriba davomida daraxtlarning umumiy fitosanitar holati, zararlanish darajasi va biologik preparatning fitopatogen mikroflora rivojlanishiga ta’siri monitoring qilindi.

Natijalar va muhokama.

Asriy daraxtlardan ajratib olingan mikroorganizmlar MALDI-TOF mass-spektrometriya usulida identifikatsiya qilindi (1-jadval). Identifikatsiya natijalari daraxtlar mikrobiomi tarkibida antagonistik, fitopatogen va shartli patogen mikroorganizmlar birgalikda uchrashini ko‘ rsatdi [12].

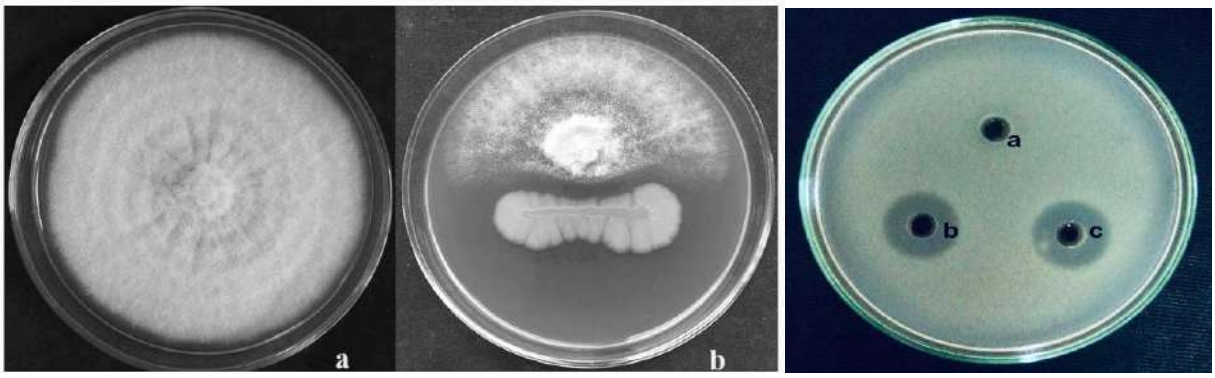
1-jadval.

Asriy daraxtlardan ajratilgan mikroorganizmlar

Obyekt	Bakteriya shtammlari	Mikromitset nomlari
Juniper Verginiana, Juniperus sp.,	*P. agglomerans, B. subtilis, B. megaterium*	*A. alternata, C. cladosporioides*
Pinus sylvestris	*B. subtilis, B. megaterium, B. pumilus, B. licheniformis, P. agglomerans*	*F. oxysporum, A. alternata, P. chrysogenum*
Thuja orientalis	*B. subtilis, B. vallismortis, P. agglomerans*	*A. niger, P. citrinum*
Morus alba	*B. vallismortis, B. subtilis A. viridans,*	*F. oxysporum, A. alternata*
Platanus orientalis	*B. subtilis, Pseudomonas syringae*	*C. herbarum, A. alternata*
Pinus eldarica	*B. subtilis, B. licheniformis*	*F. solani, P. chrysogenum*
Pinus nigra	*Pn. peoriae, Pn. polymyxa, A. baumannii, B. simplex*	*A. flavus, C. cladosporioides*
Pinus pungens	*B.licheniformis, Cutaneotrichosporon jirovecii*	*A. alternata, F. oxysporum*
Tuproq	*B. subtilis, B. megaterium, Az. chroococcum*	*P. citrinum, A. niger*

Tahlillar natijasida ***Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis*** va ***Bacillus megaterium*** ko‘ pchilik namunalarda uchragan bo‘ lsa, ***Pseudomonas syringae*** va ***Acinetobacter baumannii*** ayrim daraxt turlarida aniqlandi. Bu esa asriy daraxtlar mikrobiomida foydali va fitopatogen mikroorganizmlar o‘ rtasida tabiiy biologik muvozanat mavjudligini ko‘ rsatadi [13].

Ajratib olingan fitopatogen mikroorganizmlar hamda Mikrobiologiya instituti kolleksiyasidagi antagonistik shtammlar o‘ rtasida skrining tadqiqotlari o‘ tkazildi. Natijada ***Bacillus licheniformis*** yuqori antagonistik faollikka ega shtamm sifatida tanlab olindi. Laboratoriya tajribalarida ushbu shtamm fitopatogen mikroorganizmlar koloniyalarining o‘ sishini sezilarli darajada cheklab, aniq inhibisiya zonalari hosil qildi (1-rasm).



A) **B)**

1-rasm. ***Bacillus licheniformis*** **shtammining fitopatogen mikroorganizmlarga nisbatan antagonistik faolligi: A-** ***Bacillus licheniformis*** **va** ***Fusarium oxysporum*** **o‘ rtasidagi o‘ zaro antagonistik munosabat; B-** ***Bacillus licheniformisning*** **patogen mikroorganizmlarga qarshi antagonizmi.**

Olingan natijalar ***Bacillus licheniformis*** shtammi madaniy meros obyektlari hududida o‘ suvchi asriy daraxtlarni fitopatogen mikroorganizmlardan biologik himoya qilishda istiqbolli biokontrol agenti ekanligini ko‘ rsatdi [14].

Tadqiqot natijalari asriy daraxtlar mikrobiomi tarkibida foydali va fitopatogen mikroorganizmlar o‘ rtasida tabiiy biologik muvozanat mavjudligini ko‘ rsatdi. MALDI-TOF tahlillari natijasida aniqlangan ***Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis*** va ***Bacillus megaterium*** kabi bakteriyalar biologik himoyada muhim ahamiyatga ega bo‘ lsa, ***Pseudomonas syringae*** va ***Acinetobacter baumannii*** kabi mikroorganizmlar daraxtlarning fitosanitar holatiga salbiy ta’sir ko‘ rsatishi mumkin.

Skrining tadqiqotlari natijasida ***Bacillus licheniformis*** shtammining yuqori antagonistik faolligi aniqlandi. Adabiyotlarda ushbu bakteriya fitopatogen mikroorganizmlarga qarshi lipopeptid antibiotiklar va gidrolitik fermentlar ishlab chiqarishi hamda ularning rivojlanishini samarali bostirishi qayd etilgan [15].

Laboratoriya va dala sinovlari ***Bacillus licheniformis*** shtammining mahalliy sharoitda biologik himoya vositasi sifatida qo‘ llash uchun istiqbolli ekanligini tasdiqladi. Ayniqsa, mahalliy daraxt mikrobiomidan ajratib olingan shtammdan foydalanish uning ekologik moslashuvchanligini oshirib, biologik preparat samaradorligini ta’minlaydi.

Xulosa.

MALDI-TOF mass-spektrometriya usuli yordamida madaniy meros obyektlari hududida o‘ suvchi asriy daraxtlar mikrobiomining tur tarkibi aniqlandi va antagonistik hamda fitopatogen mikroorganizmlar mavjudligi qayd etildi.

Skrining tadqiqotlari natijasida ***Bacillus licheniformis*** yuqori antagonistik faollikka ega shtamm sifatida tanlandi. Laboratoriya va dala sharoitlarida o‘ tkazilgan sinovlar uning fitopatogen mikroorganizmlar rivojlanishini samarali cheklashini ko‘ rsatdi.

Olingan natijalar ***Bacillus licheniformis*** shtammi asosida biologik preparatlar yaratish va ularni madaniy meros obyektlari hududidagi asriy daraxtlarni ekologik xavfsiz usulda fitopatogen mikroorganizmlardan himoyalashda qo‘ llash istiqbolli ekanligini ko‘ rsatadi. Bu yondashuv daraxtlarning biologik barqarorligini saqlash va tarixiy landshaftlarni muhofaza qilishda muhim amaliy ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar:

[1] R. Backer, J. S. Rokem, G. Ilangumaran, J. Lamont, D. Praslickova, E. Ricci, and D. Smith, “Plant growth-promoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture,” *Front. Plant Sci.*, vol. 9, Art. no. 1473, 2018, doi: 10.3389/fpls.2018.01473.

[2] S. Compant, A. Samad, H. Faist, and A. Sessitsch, “A review on the plant microbiome: Ecology, functions, and emerging trends in microbial applications,” *J. Adv. Res.*, vol. 19, pp. 29–37, 2019, doi: 10.1016/j.jare.2019.03.004.

[3] G. Santoyo, P. Guzmán-Guzmán, F. I. Parra-Cota, S. Santos-Villalobos, M. C. Orozco-Mosqueda, and B. R. Glick, “Plant growth stimulation by microbial consortia and their new role in sustainable agriculture,” *Front. Plant Sci.*, vol. 12, Art. no. 707603, 2021, doi: 10.3389/fpls.2021.707603.

[4] D. Fira, I. Dimkić, T. Berić, J. Lozo, and S. Stanković, “Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species,” *J. Biotechnol.*, vol. 285, pp. 44–55, 2018, doi: 10.1016/j.jbiotec.2018.07.044.

[5] S. Caulier, C. Nannan, A. Gillis, F. Licciardi, C. Bragard, and J. Mahillon, “Overview of the antimicrobial compounds produced by members of the *Bacillus subtilis* group,” *Front. Microbiol.*, vol. 10, Art. no. 302, 2019, doi: 10.3389/fmicb.2019.00302.

[6] M. Ongena and P. Jacques, “Bacillus lipopeptides: Versatile weapons for plant disease biocontrol,” *Trends Microbiol.*, vol. 31, no. 3, pp. 243–256, 2023.

[7] J. Shafi, H. Tian, and M. Ji, “Bacillus species as versatile weapons for plant pathogens: A review,” *Biotechnol. Biotechnol. Equip.*, vol. 31, no. 3, pp. 446–459, 2017, doi: 10.1080/13102818.2017.1286950.

[8] P. Rahi, O. Prakash, and Y. S. Shouche, “Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) based microbial identification: Challenges and perspectives,” *J. Microbiol. Methods*, vol. 127, pp. 93–101, 2016.

[9] N. Singhal, M. Kumar, P. K. Kanaujia, and J. S. Virdi, “MALDI-TOF mass spectrometry: An emerging technology for microbial identification and diagnosis,” *Front. Microbiol.*, vol. 6, Art. no. 791, 2015, doi: 10.3389/fmicb.2015.00791.

[10] H. Liu, L. C. Carvalhais, M. Crawford, E. Singh, P. G. Dennis, C. M. J. Pieterse, and P. M. Schenk, “Inner plant values: Diversity, functions and applications of the plant microbiome,” *Trends Plant Sci.*, vol. 27, no. 1, pp. 1–16, 2022.

[11] J. Köhl, R. Kolnaar, and W. J. Ravensberg, “Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance beyond efficacy,” *Front. Plant Sci.*, vol. 10, Art. no. 845, 2019, doi: 10.3389/fpls.2019.00845.

[12] B. Mauch-Mani, I. Baccelli, E. Luna, and V. Flors, “Defense priming: An adaptive part of induced resistance,” *Annu. Rev. Plant Biol.*, vol. 68, pp. 485–512, 2017, doi: 10.1146/annurev-arplant-042916-041132.

[13] M. F. Rabbee, M. S. Ali, J. Choi, B. S. Hwang, S. C. Jeong, and K. H. Baek, “Bacillus velezensis: A valuable member of bioactive molecules within plant microbiomes,” *Front. Microbiol.*, vol. 10, Art. no. 2494, 2019, doi: 10.3389/fmicb.2019.02494.

[14] E. T. Alori and O. O. Babalola, “Microbial inoculants for improving crop quality and human health in Africa,” *Front. Microbiol.*, vol. 9, Art. no. 2213, 2018, doi: 10.3389/fmicb.2018.02213.

[15] N. K. Arora, “Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions,” *Environ. Sustainability*, vol. 1, pp. 95–96, 2018, doi: 10.1007/s42398-018-00011-9.