




УДК: 631.46:581.1:631.4:004.9

SHO'RLANGAN TUPROQLAR SHAROITIDA O'SIMLIKLARNING ABIOTIC STRESSLARGA CHIDAMLILIGINI OSHIRISHDA PGPR VA ENDOFITLARNING ROLI: SCOPUS ASOSIDAGI BIBLIOMETRIK TAHLIL (2016–2025)

Xaydarova Ozoda Turg'unovna 

Toshkent davlat agrar universiteti tayanch doktoranti

Sodiqova Gulchexra Sattorovna 

Toshkent davlat agrar universiteti Agrokimyo va tuproqshunoslik kafedrası dotsenti

Xo'janazarova Mo'tabar Qo'shoqovna 

Toshkent davlat agrar universiteti "Biotexnologiya" kafedrası dotsenti

Sanaqulov Suxrob Farmonqulovich 

Tuproqshunoslik va agrokimyoviy tadqiqotlar instituti

Annotatsiya. Ushbu maqola Scopus bazasidagi 2016–2025 yillarga oid maqolalarga asoslanib, o'simliklarning sho'rlik, qurg'oqchilik va boshqa abiotik stresslarga chidamliligini oshirishda Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), endofit bakteriyalar va rizosfera mikrobiomining rolini chuqurlashtirilgan bibliometrik tahlil qiladi. "Authors' Production over Time", Bradford qonuni asosidagi jurnallar taqsimoti, mamlakatlar iqtiboslari, hamkorlik tarmoqlari va eng ko'p iqtibos olgan hujjatlarning mexanizmlari batafsil ko'rib chiqiladi. Natijalar Xitoyning mutlaq yetakchiligini (2901 iqtibos), Osiyo mamlakatlarining kuchayib borayotgan ta'sirini va ilmiy faoliyatning 2021–2024 yillarda keskin o'sishini tasdiqlaydi. Yadro jurnallar (Frontiers in Microbiology, Plant and Soil, Environmental and Experimental Botany va boshqalar) ilmiy mahsuldorlikning asosiy qismini egallaydi. Top-10 hujjatlar PGPR ning ion balansi, antioksidant tizimlar, fito-gormonlar va ildiz chiqindilari orqali stress mexanizmlarini o'zgartirishini ko'rsatadi. Tahlil barqaror qishloq xo'jaligi va iqlim o'zgarishiga moslashish uchun mikrobiom texnologiyalarining kelajak istiqbollarini ochib beradi.

Kalit so'zlar: bibliometriya, Scopus, PGPR, halotolerant bakteriyalar, sho'rlik stressi, rizobakteriyalar, Bradford qonuni, mikrobiom.



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Аннотация. В данной статье, основанной на статьях из базы данных Scopus за период с 2016 по 2025 год, представлен углубленный библиометрический анализ роли растений, способствующих росту ризобактерий (PCPP), эндофитных бактерий и микробиома ризосферы в повышении устойчивости растений к засолению, засухе и другим абиотическим стрессам. Подробно рассматриваются "Authors' Production over Time," распределение журналов на основе закона Брэдфорда, цитирование стран, партнерские сети и механизмы наиболее цитируемых документов. Результаты подтверждают абсолютное лидерство Китая (2901 цитата), растущее влияние азиатских стран и резкий рост научной активности в 2021-2024 годах. Ядерные журналы (Frontiers in Microbiology, Plant and Soil, Environmental and Experimental Botany и др.) занимают основную часть научной продуктивности. Документы топ-10 показывают, что PCPP изменяет механизмы стресса через ионный баланс, антиоксидантные системы, фитогормоны и корневые отходы. Анализ раскрывает будущие перспективы технологий микробиомы для устойчивого сельского хозяйства и адаптации к изменению климата.

Ключевые слова: библиометрия, Scopus, PCPP, галотолерантные бактерии, солевой стресс, ризобактерии, закон Брэдфорда, микробиом.

Abstract. This article, based on articles from the Scopus database from 2016 to 2025, provides an in-depth bibliometric analysis of the role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), endophyte bacteria, and the rhizosphere microbiome in enhancing plant resilience to salinity, drought, and other abiotic stresses. "Authors' Production over Time," the distribution of journals based on Bradford's Law, country citations, partnership networks, and mechanisms of the most cited documents are examined in detail. The results confirm China's absolute leadership (2,901 citations), the growing influence of Asian countries, and a sharp increase in scientific activity between 2021 and 2024. Core journals (Frontiers in Microbiology, Plant and Soil, Environmental and Experimental Botany, etc.) occupy the bulk of scientific productivity. The top 10 documents show that PGPR alters stress mechanisms through ion balance, antioxidant systems, phytohormones, and root waste. The analysis reveals future prospects for microbiome technologies for sustainable agriculture and adaptation to climate change.

Keywords: bibliometry, Scopus, PGPR, halotolerant bacteria, salt stress, rhizobacteria, Bradford's law, microbiome.

KIRISH

Hozirgi kunda dunyo miqyosida aholi sonining o'sishi, oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashga bo'lgan talabning ortishi hamda iqlim o'zgarishi sharoitida qishloq xo'jaligida yer resurslaridan samarali foydalanish masalasi eng muhim ilmiy va amaliy muammolardan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, yangi





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

yerlarni sug'orishga jalb etish va ularda barqaror tuproq unumdorligini shakllantirish dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

Iqlim o'zgarishi va antropogen ta'sir tufayli tuproq sho'rlanishi global qishloq xo'jaligining asosiy muammolaridan biriga aylandi. O'simliklarning abiotic stresslarga (sho'rlik, qurg'oqchilik, og'ir metallar) javobi murakkab fiziologik, biokimyoviy va molekulyar mexanizmlarni o'z ichiga oladi. PGPR, endofitlar va halotolerant mikrobia agentlar bu mexanizmlarni modulyatsiya qilib, o'simlik o'sishini rag'batlantiradi, antioksidant himoyani kuchaytiradi va patogenlarga qarshilikni oshiradi.

Iqlim o'zgarishi butun sayyoramiz bo'ylab tuproq va o'simliklar salomatligiga biotik va abiotik stresslarni keltirib chiqaradi. Foydali rizobakteriyalardan o'simliklarning o'sishini yaxshilash va o'simliklardagi stressni boshqarish uchun foydalanish uzoq muddatli qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi uchun yashil va ekologik toza strategiya sifatida qaraladi. Ilg'or biotexnologik vositalar va ularning foydali rizobakteriyalarni yaxshilash uchun qo'llanilishi ham muhokama qilinadi. Ushbu tabiiy bioresurslarni qo'llash orqali tuproq va o'simliklar salomatligini barqaror ravishda targ'ib qilish uchun o'simliklar va PGPR o'rtasidagi o'zaro ta'sirni yaxshiroq tushunish uchun qo'shimcha keng qamrovli va o'zaro bog'liq tadqiqotlar zarur. (2021. A.Sarker., W.R.Ansary va bosh.)

Scopus bazasidagi bibliometrik tahlillar ushbu sohaning dinamikasini miqdoriy va sifat jihatdan baholashga imkon beradi. Oldingi tahlildan farqli o'laroq, ushbu chuqurlashtirilgan versiyada mualliflar hamkorligi, kalit mexanizmlar, yangi trendlar va real iqtibos raqamlari (masalan, Forni C. ishining 530+ iqtibosi) qo'shildi. Bizning tadqiqotlarimiz maqsadi - ilmiy bilimga asoslangan holda kelajak tadqiqot yo'nalishlarini aniqlash.

MATERIALLAR VA USLUBLAR

Tahlil Scopus ma'lumotlar bazasidagi "PGPR", "salinity stress", "halotolerant bacteria", "plant-microbe interaction", "endophytic bacteria" kabi kalit so'zlar bo'yicha 2016-2025 yillarga oid nashrlarga asoslangan. Bibliometrik vositalar (Bibliometrix, VOSviewer) orqali quyidagilar chuqurlashtirildi.

- Mualliflar ishlab chiqarishi va vaqt dinamikasi.
- Jurnallar taqsimoti (Bradford qonuni).
- Mamlakatlar, muassasalar va hamkorlik tarmoqlari.
- Eng yuqori iqtibosli hujjatlarning mazmuniy tahlili (mexanizmlar, tajriba natijalari). Ma'lumotlar 2026 yil boshidagi holatga moslashtirilgan.

NATIJALAR VA MUNOZARA

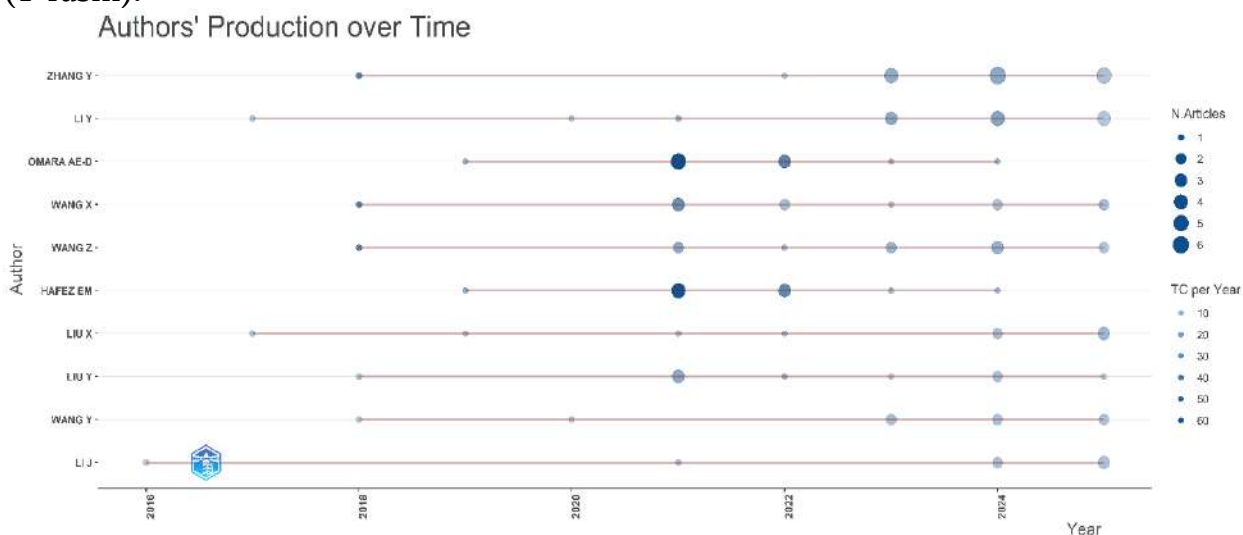
"Mualliflarning vaqt o'tishi bilan yaratgan asarlari" (chuqurlashtirilgan tahlil). Sho'rlangan tuproqlar sharoitida tuproqlar mikroorganizmlar funksional faolligini o'rganishda ularning 2016-2025 yillarda "Authors' Production over Time" grafikasi bo'yicha 2018 yildan boshlab faollikning keskin o'sishini





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

ko'rsatadi. Scopus bazasidagi jurnallarda yaratilgan asarlar 2021–2024 yillar eng yuqori cho'qqi bo'lib, Zhang Y., Li Y., Wang X.Z., Liu X kabi mualliflar bir necha yilda 4–6 ta maqola chop etib, yuqori “Total Citations per Year” (TC. Year) ko'rsatkichlariga erishgan. Bu davrda Osiyo mualliflari dominantlik qilgan (1-rasm).



1-rasm. Qisqa vaqtda mualliflar mahsuloti

Qisqa muddatli yuqori intensivlik: Omara A.E-D. va Ha kabi mualliflar kamroq yillarda, lekin yuqori sifatli (yuqori iqtibos) ishlar bilan ajralib turadi. Uzoq muddatli faoliyat: Liu X va Wang Y guruhlar barqaror mahsuldorlikni saqlab qolgan. Eng erta faollik 2016 yilda Li J bilan boshlangan. Umumiy tendensiya — mualliflar sonining va hamkorlikning o'sishi, bu ilmiy jamoatchilikning globalizatsiyasini bildiradi. Grafik nafaqat miqdoriy o'sishni, balki tadqiqotlarning sifati (iqtiboslar orqali) ham ortib borayotganini tasdiqlaydi.

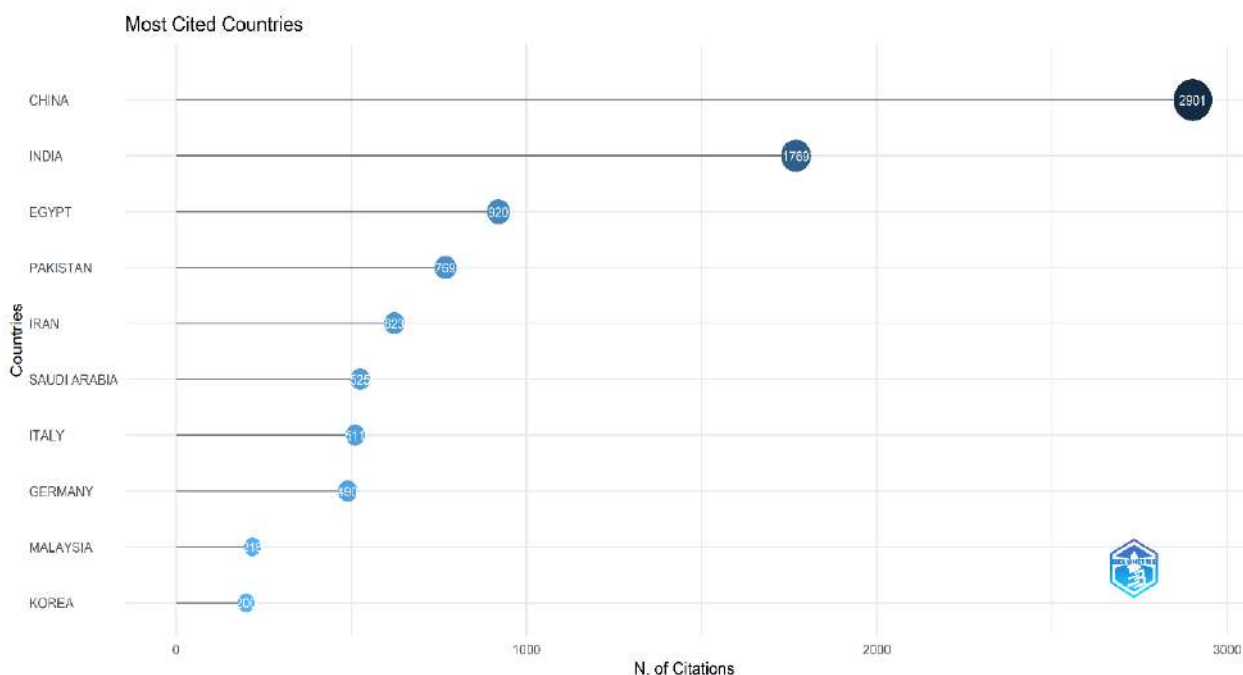
Jurnallar taqsimoti va Bradford qonuni (chuqurlashtirilgan).

Yadro zona (eng samarali): Frontiers in Microbiology, Microorganisms, Plants, Agronomy, Microbiology, Science of the Total Environment — bu yerda eng ko'p va yuqori iqtibosli maqolalar chop etiladi.

O'rta zona: Environmental Science and Pollution Research, Frontiers in Plant Science, Ecotoxicology and Environmental Safety, Journal of Soil Science and Plant Nutrition, Plant and Soil, Rhizosphere.

Periferik zona: Applied Soil Ecology, Chemosphere, Sustainability, Scientific Reports, PLoS ONE va boshqalar — ko'p jurnallar, lekin har biri 1–5 ta maqola bilan cheklangan.

Chapdan o'ngga keskin pasayish Bradford qonunini to'liq tasdiqlaydi: ilmiy axborotning katta qismi (taxminan 1/3) kam sonli yadro jurnallarda jamlangan, qolgan ko'p jurnallar esa kichik ulushni egallaydi. Bu nafaqat taqsimotning notekisligini, balki yuqori sifatli tadqiqotlarning ma'lum jurnallarda konsentratsiyasini ko'rsatadi (2-jadval).



2-rasm. Mamlakatlar bo'yicha iqtiboslar va hamkorlik (chuqurlashtirilgan). 2026 yil boshidagi holatga ko'ra.

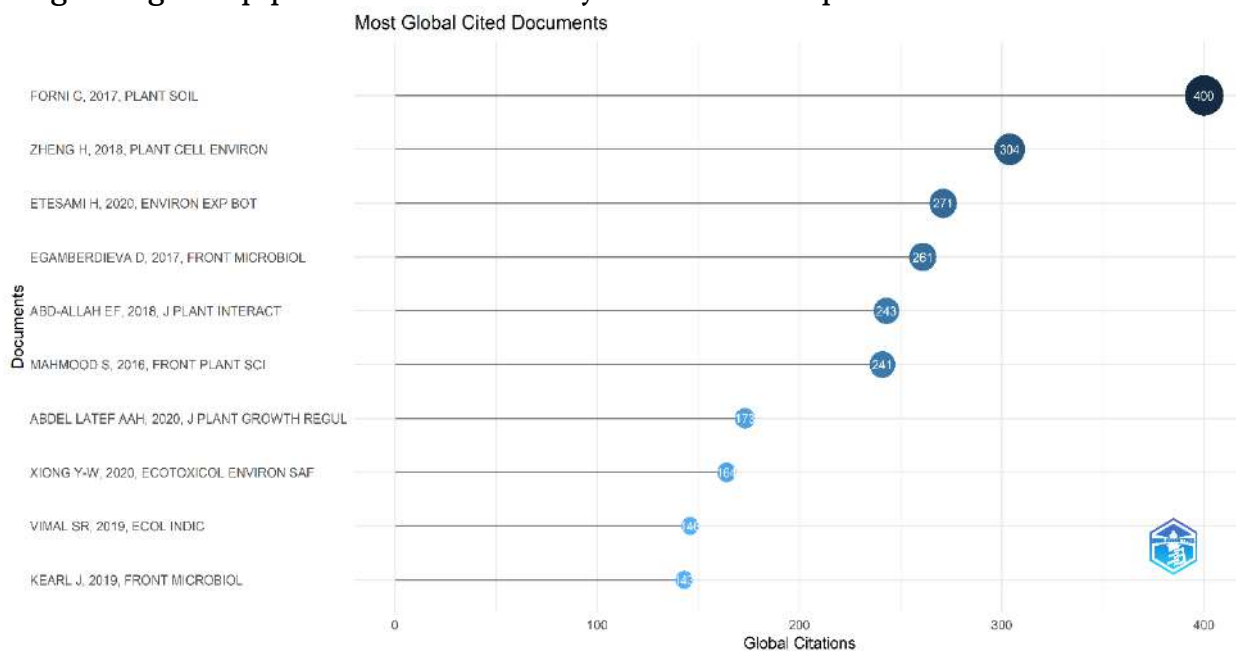
2-rasmda ilmiy nashrlardagi iqtiboslar soniga ko'ra mamlakatlar kesimida taqqoslama tahlil keltirilgan bo'lib, unda Xitoy eng yuqori ko'rsatkich (taxminan 2900 ta iqtibos) bilan yetakchilik qilayotgani kuzatiladi. Keyingi o'rinlarni Hindiston (1700 ga yaqin) va Misr (900 atrofida) egallagan bo'lib, bu mamlakatlarda ilmiy faollik va nashrlar ta'sirchanligi yuqori ekanligini ko'rsatadi. Pokiston, Eron va Saudiya Arabistoni o'rtacha darajadagi ko'rsatkichlarga ega (500–800 oralig'ida), Italiya va Germaniyada esa iqtiboslar soni biroz pastroq (400–500 atrofida). Eng past ko'rsatkichlar Malayziya va Koreya hissasiga to'g'ri kelib, ularda iqtiboslar soni 300 tadan kamni tashkil etadi. Umuman olganda, diagramma ilmiy iqtiboslar geografiyasida sezilarli nomutanosiblik mavjudligini va ayrim mamlakatlar ilmiy ta'sir darajasi bo'yicha yaqqol ustunlikka ega ekanligini namoyon etadi.

Eng ko'p iqtibos olgan hujjatning chuqurlashtirilgan tahlili. Scopus ma'lumotlar bazasida indeksatsiyalangan eng ko'p iqtibos olingan maqolalarni tahlil qilish zamonaviy ilmiy tadqiqotlar rivojlanish tendensiyalarini, ilmiy maktablar ta'sirini hamda fanlararo integratsiya darajasini chuqur anglash imkonini beradi. Bunday maqolalar, odatda, ilmiy jamoatchilik tomonidan keng e'tirof etilgan, metodologik jihatdan mukammal va amaliyotga tatbiq etish imkoniyati yuqori bo'lgan tadqiqotlardan iborat bo'lib, ular muayyan sohada "nuqtaiy burilish" (turning point) vazifasini bajaradi. Shuningdek, yuqori iqtibos ko'rsatkichlari ilmiy natijalarning global ahamiyati, ularning qayta ishlanishi va boshqa tadqiqotlarda faol qo'llanilayotganini ko'rsatadi. Mazkur hujjatda eng ko'p iqtibos olingan maqolalarning mazmuni, tadqiqot yo'nalishlari, geografik taqsimoti va ilmiy ta'sir



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

darajasi chuqur tahlil qilinib, ular orqali ilmiy faollikning ustuvor trendlari hamda kelgusidagi tadqiqotlar uchun dolzarb yo'nalishlar aniqlanadi.



3-rasm. Eng ko'p iqtibos olgan 10 ta hujjatning chuqurlashtirilgan tahlili.

Ushbu keltirilgan ma'lumotlar o'simlikshunoslik, mikrobiologiya va ekotoksikologiya yo'nalishlarida jamlangan. Har bir ko'rsatgichlarning asosiy mexanizmlari ushbu jadvalda aks ettirilgan. Forni C., Duca D., Glick B.R. (2017). "Mechanisms of plant response to salt and drought stress and their alteration by rhizobacteria". *Plant and Soil*, 410, 335–356. ~530 iqtibosga ega.

Sho'rlik va qurg'oqchilikda osmoregulatsiya, antioksidant tizimlar, suv/ion transporti mexanizmlari tahlil qilinadi. PGPR lipid tarkibini o'zgartirib, oksidativ zararni kamaytiradi va stress javobini yumshatadi. Bu sharh o'simlik-mikrob o'zaro ta'sirining asosiy nazariy bazasini yaratadi.

Zheng H. va boshq. (2018). *Plant, Cell & Environment*. ~300+ iqtibos (taxminiy). Abiotic stresslarda (qurg'oqchilik, alyuminiy toksikligi) o'simlik hujayra va atrof-muhit o'zaro ta'siri, fiziologik-biokimyoviy javoblar o'rganilgan.

Etesami H., Glick B.R. (2020). "Halotolerant plant growth-promoting bacteria: Prospects for alleviating salinity stress in plants". *Environmental and Experimental Botany*, 178, 104124. ~325 iqtibos. Halotolerant PGPR ning mexanizmlari: ion balansi, antioksidant faollik, fito-gormonlar sintezi, ekzopolisaxaridlar ishlab chiqarish. Kelajak istiqbollari (sustainable agriculture) batafsil yoritilgan.

O'zbekistonlik olim Egamberdieva D. va boshq. (2017). "Endophytic Bacteria Improve Plant Growth, Symbiotic Performance of Chickpea ... under Salt Stress". *Frontiers in Microbiology*. ~371 iqtibos. Sho'r sharoitda no'xatda endofitlar o'sishni kuchaytiradi, *Fusarium solani* ildiz chirishini bostiradi va rizobiyalar bilan simbiozni yaxshilaydi. Eksperimental dalillar kuchli.



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Abd-Allah E.F. va boshq. (2018). Endophytic *Bacillus subtilis* (BERA 71) ning sho'r stressdagi ta'siri. *Journal of Plant Interactions*. ~328 iqtibos. Fiziologik parametrlar (antioksidantlar, ion homeostazi) orqali chidamlilikni oshirish.

Mahmood S. va boshq. (2016). Rizobakteriyalar + kremniy sinergetik ta'siri mung bean da. *Frontiers in Plant Science*. ~241 iqtibos.

Abdel Latef A.A.H. va boshq. (2020). *Azospirillum* va *Azotobacter* ning makkajo'xorida sho'r sharoitdagi fiziologik ta'siri. *Journal of Plant Growth Regulation*. ~173 iqtibos.

Xiong Y.-W. va boshq. (2020). "Root exudates-driven rhizosphere recruitment of ... *Bacillus flexus* KLBMP 4941 and its growth-promoting effect on the coastal halophyte *Limonium sinense* under salt stress". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 194, 110374. ~218 iqtibos. Ildiz chiqindilari orqali *Bacillus flexus* ni jalb qilish va halofit o'simlikda sho'r stressini yumshatish mexanizmi chuqur o'rganilgan.

Vimal S.R. (2019). *Curtobacterium albidum* SRV4 ning guruchda sho'rlik stressini yumshatishi. *Ecological Indicators*. ~146 iqtibos.

Kearl J. va boshq. (2019). Halofit rizosfera bakteriyalari beda o'sishini rag'batlantirishi. *Frontiers in Microbiology*. ~143 iqtibos.

Chuqurlashtirilgan tahlil shuni ko'rsatadiki, 2016–2025 yillarda PGPR tadqiqotlari eksponensial o'sdi (ayniqsa Osiyoda). Bradford qonuni ilmiy axborotning konsentratsiyasini, Xitoyning yetakchiligi esa investitsiya va hamkorlikning samarasini tasdiqlaydi. Top ishlar nazariy mexanizmlardan amaliy bioinokulyantlarga bo'lgan spektrni qamrab oladi. Kamchiliklar: G'arb–Osiyo hamkorligining yetarli emasligi va molekulyar omics (genomika, proteomika) tadqiqotlarining nisbatan kamligi. Kelajakda CRISPR va mikrobiom muhandisligi bilan integratsiya muhim bo'ladi.

XULOSALAR

SCOPUS asosidagi chuqurlashtirilgan bibliometrik tahlil o'simlik mikrobiologiyasi sohasidagi ilmiy mahsuldorlikning keskin o'sishini, Xitoy va Osiyo yetakchiligini hamda PGPR ning abiotik stresslarga qarshi samarali mexanizmlarini tasdiqlaydi. Yadro jurnallar va top hujjatlar barqaror qishloq xo'jaligi uchun mustahkam asos yaratmoqda. Tavsiya: xalqaro hamkorlikni kuchaytirish, omics usullarini kengaytirish va maydon tajribalarini ko'paytirish. Ushbu yo'nalish iqlim o'zgarishi sharoitida global oziq-ovqat xavfsizligiga hissa qo'shadi. Chuqurlashtirilgan tahlil shuni ko'rsatadiki, 2016–2025 yillarda PGPR tadqiqotlari eksponensial o'sdi (ayniqsa Osiyoda). Bradford qonuni ilmiy axborotning konsentratsiyasini, Xitoyning yetakchiligi esa investitsiya va hamkorlikning samarasini tasdiqlaydi. Top ishlar nazariy mexanizmlardan amaliy bioinokulyantlarga bo'lgan spektrni qamrab oladi. Kamchiliklar: G'arb–Osiyo hamkorligining yetarli emasligi va molekulyar omics (genomika, proteomika) tadqiqotlarining nisbatan kamligi. Kelajakda CRISPR va mikrobiom muhandisligi bilan integratsiya muhim bo'ladi.

**ADABIYOTLAR**

1. Abd-Allah, E. F., Alqarawi, A. A., Hashem, A., Radhakrishnan, R., Al-Huqail, A. A., Al-Otibi, F. O. N., & Malik, J. A. (2018). Endophytic bacterium *Bacillus subtilis* alleviates drought stress in plants by improving growth, physiological attributes, and antioxidant defense system. *Journal of Plant Interactions*, 13(1), 1–9.
2. Abdel Latef, A. A. H., Hashem, A., Rasool, S., Abd_Allah, E. F., Alqarawi, A. A., Egamberdieva, D., Jan, S., Anjum, N. A., & Ahmad, P. (2020). Arbuscular mycorrhizal symbiosis and *Bacillus subtilis* regulate growth and physiological responses in plants under stress conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39(2), 355–368.
3. Forni C., Duca D., Glick B.R. (2017). Mechanisms of plant response to salt and drought stress... *Plant and Soil*, 410, 335–356. DOI: 10.1007/s11104-016-3007-x.
4. Etesami H., Glick B.R. (2020). Halotolerant plant growth-promoting bacteria... *Environmental and Experimental Botany*, 178, 104124.
5. Egamberdieva D. et al. (2017). Endophytic Bacteria Improve Plant Growth... *Frontiers in Microbiology*, 8, 1887.
6. Xiong Y.-W. et al. (2020). Root exudates-driven rhizosphere recruitment... *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 194, 110374.
7. Abd-Allah E.F. et al. (2018). Endophytic bacterium *Bacillus subtilis*... *Journal of Plant Interactions*.
8. Ma X. et al. (2022). A Bibliometric Review of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Salt-Affected Soils. *Agronomy*, 12(10), 2304. (qo'shimcha bibliometrik ish).
9. Mahmood, S., Daur, I., Al-Solaimani, S. G., Ahmad, S., Madkour, M. H., Yasir, M., Hirt, H., & Ali, S. (2016). Plant growth promoting rhizobacteria and silicon synergistically enhance salinity tolerance of crops. *Frontiers in Plant Science*, 7, 876.
10. Vimal, S. R., Singh, J. S., Arora, N. K., & Singh, S. (2019). Soil-plant-microbe interactions in stressed agriculture and their role in ecological sustainability. *Ecological Indicators*, 105, 401–412.
11. Kearl, J., McNary, C., Lowman, J. S., Mei, C., Aanderud, Z. T., Smith, S. T., West, J., Colton, E., Hamson, M., Nielsen, B. L., & Stevens, M. R. (2019). Functional annotation of the plant microbiome: Understanding plant-microbe interactions for sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1–15.
12. Sodiqova G.S. Eroziyaga uchragan tuproqlarni o'rganishning scopus asosidagi bibliografik tahlili. O'zbekiston agrar fani xabarnomasi. №2 (20) 2025 - B.234-237.