DOI 10.66073/ReFocus-Conf/3010001

SOYA O‘SIMLIGINING TUGANAK BAKTERIYALARINING XILMA-XILLIGI, SIMBIOTIK XUSUSIYATLARI VA ISTIQBOLLI SHTAMMLARINI TANLASH: ZAMONAVIY TADQIQOTLAR SHARHI

Juraeva Rohila Nazarovna, **Islomova Maxliyo Nurilla qizi**
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Mikrobiologiya Instituti, O‘zbekiston
*e-mail: rokhilajuraeva@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada oxirgi yillarda e’lon qilingan ilmiy tadqiqotlar asosida soya tuganak bakteriyalarining biologik xususiyatlari, taksonomik xilma-xilligi, ajratib olish va identifikatsiya qilish usullari, *16S rRNA*, *nodC* va *nifH* genlaridan foydalanish, simbiotik samaradorlikni baholash, mahalliy shtammlarning abiotik stresslarga chidamliligi hamda biologik o‘g‘itlar ishlab chiqishdagi istiqbollari tahlil qilingan. Zamonaviy tadqiqotlarda soya o‘simligi uchun asosiy simbiotik mikroorganizmlar sifatida *Bradyrhizobium* avlodi qayd etilgan, ammo ayrim hududlarda *Rhizobium*, *Ensifer* va boshqa rizobiyalar ham soyada tuganaklarini hosil qilishi mumkinligi ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: soya (Glycine max), tuganak bakteriyalari, Bradyrhizobium, simbioz, biologik azot fiksatsiyasi, 16S rRNA, nodC, nifH, simbiotik samaradorlik.

Аннотация: В статье на основе научных исследований, опубликованных в последние годы, проанализированы биологические свойства клубеньковых бактерий сои, их таксономическое разнообразие, методы выделения и идентификации, использование генов *16S rRNA*, *nodC* и *nifH*, оценка симбиотической эффективности, устойчивость местных штаммов к абиотическим стрессовым факторам, а также перспективы их применения при разработке биологических удобрений. Современные исследования показывают, что основными симбиотическими микроорганизмами сои являются представители рода *Bradyrhizobium*. Вместе с тем установлено, что в отдельных регионах клубеньки на корнях сои могут также формировать представители родов *Rhizobium*, *Ensifer* и других групп ризобий.

Ключевые слова: соя (Glycine max), клубеньковые бактерии, Bradyrhizobium, симбиоз, биологическая фиксация азота, 16S rRNA, nodC, nifH, симбиотическая эффективность.

Abstract: This article reviews recent scientific studies on the biological characteristics of soybean-nodulating bacteria, their taxonomic diversity, methods of isolation and identification, the use of *16S rRNA*, *nodC*, and *nifH* genes, assessment of symbiotic effectiveness, tolerance of indigenous strains to abiotic stresses, and their prospects for application in the development of biofertilizers. Recent studies indicate that members of the genus *Bradyrhizobium* are the major symbiotic microorganisms associated with soybean. However, studies from different regions have also shown that representatives of the genera *Rhizobium*, *Ensifer*, and other rhizobial groups can form nodules on soybean roots.

Keywords: soybean (Glycine max), nodule bacteria, Bradyrhizobium, symbiosis, biological nitrogen fixation, 16S rRNA, nodC, nifH, symbiotic efficiency.

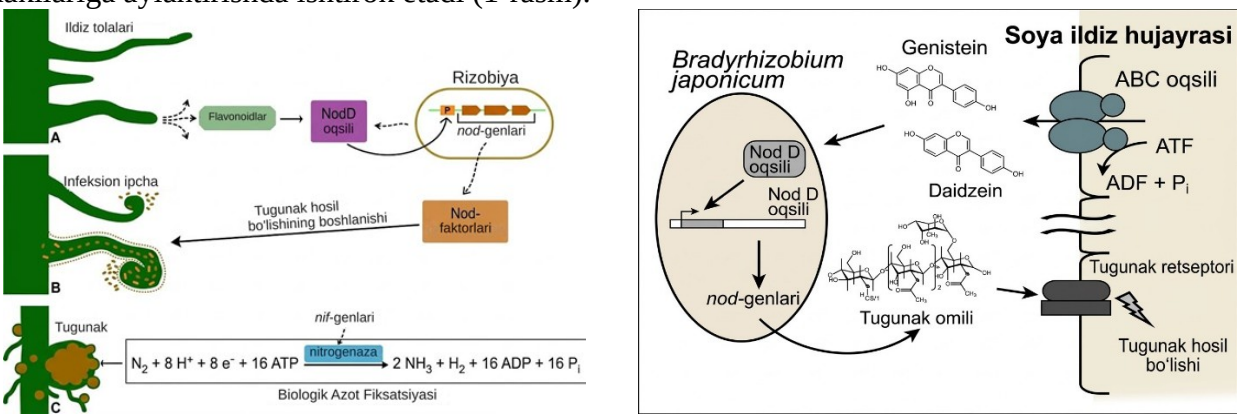
Ma’lumki, soya (*Glycine max* L.) o‘simligi qishloq xo‘jaligida muhim dukkakli ekinlardan biri bo‘lib, yuqori oqsil va moy miqdori bilan oziq-ovqat, yem-xashak va sanoat uchun qimmatli xomashyo hisoblanadi. Soyaning yuqori mahsuldorligini ta’minlashda azot bilan ta’minlanish muhim omillardan biridir. Azotning muhim qismi o‘simlik va rizobiyalar o‘rtasidagi simbiotik munosabat

IQTIBOS UCHUN
Juraeva R.N., Islomova M.N. Soya o‘simligining tuganak bakteriyalarining xilma-xilligi, simbiotik xususiyatlari va istiqbolli shtammlarini tanlash: zamonaviy tadqiqotlar sharhi // Fundamental va amaliy mikrobiologiyaning bugungi holati va rivojlanish istiqbollari: yosh olimlar nigohi: Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Toshkent, 2026. – B. 19–22.
DOI: https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/3010001

natijasida biologik azot fiksatsiyasi orqali ta’minlanishi mumkin. Soyaning o‘sishi va hosildorligida biologik azot fiksatsiyasi bilan bir qatorda fosfor bilan ta’minlanish ham muhim ahamiyatga ega bo‘lib, *Bradyrhizobium* bilan inokulyatsiya qilish va fosfor qo‘llash nodulyatsiya, azot o‘zlashtirilishi va hosildorlikni yaxshilashi mumkin [1].

Soya ildiz tizimi bilan simbioz holda tuganak bakteriyalar atmosferadan azotni o‘zlashtirib, ildiz tuganaklarining shakllanishini ta’minlaydi. Bunday mikroorganizmlarning samaradorligi bakteriya turi va shtammiga, soya genotipiga, tuproq xususiyatlariga, harorat, namlik, sho‘rlanish va boshqa ekologik omillarga bog‘liq. Zamonaviy tadqiqotlar soya rizobiyalarining xilma-xilligi avval qabul qilinganidan ancha murakkab ekanligini ko‘rsatmoqda. Oldin soya bilan simbiozning asosiy vakili sifatida *Bradyrhizobium japonicum* qaralgan bo‘lsa, molekulyar-genetik tadqiqotlar *B. diazoefficiens*, *B. elkanii*, *B. ottawaense* va boshqa taksonomik guruhlarning ham soya bilan samarali simbioz hosil qilishi mumkinligini ko‘rsatdi [2,3].

Soya va tuganak bakteriyalarining simbiotik munosabati. Soya–rizobiya simbiozi o‘simlik ildizidan ajraladigan kimyoviy birikmalar va bakteriyalarning maxsus signal molekulalari o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirdan boshlanadi. Rizobiyalar ildiz sohasiga jalb qilinadi, ildiz tukchalari bilan o‘zaro ta’sirga kirishadi va natijada bakteriyalarning o‘simlik to‘qimalariga kirishi uchun infeksiya jarayoni boshlanadi [2,3]. Keyinchalik ildiz tuganagi shakllanadi va bakteriyalar tuganak hujayralarida maxsus simbiotik muhitda faoliyat ko‘rsatadi [2,4]. Azot fiksatsiyasi jarayonida bakteriyalarning nitrogenaza ferment tizimi atmosferadagi N_2 ni o‘simlik o‘zlashtira oladigan azot shakllariga aylantirishda ishtirok etadi (1-rasm).



1-rasm. *Bradyrhizobium japonicum* tuganak bakteriyasining nodulyatsiya jarayonining boshlanish mexanizmining sxematik tasviri

O‘simlik esa bakteriyalarni uglerod manbalari va energiya bilan ta’minlaydi. Simbiozning samaradorligi har bir bakteriya shtammida bir xil emas. Shuning uchun faqat tuganak hosil qilish qobiliyati emas, balki o‘simlik biomassasi, tuganaklar soni va massasi, azot to‘planishi hamda nazorat variantiga nisbatan o‘sish ko‘rsatkichlari ham baholanishi kerak [2,5].

Soya tuganak bakteriyalarining taksonomik va genetik xilma-xilligi. Soya bilan simbiotik munosabat hosil qiluvchi rizobiyalar orasida *Bradyrhizobium* turkumi alohida ahamiyatga ega. Ammo, 2022-yilda e’lon qilingan keng qamrovli adabiyotlar sharhida soya bilan simbioz hosil qiluvchi rizobiyalarning ekologiyasi, genetik xilma-xilligi, identifikatsiya usullari va simbiotik xususiyatlari tahlil qilingan. Mualliflar *Bradyrhizobium* bilan bir qatorda *Rhizobium*, *Ensifer* va *Mesorhizobium* kabi avlodlarning ayrim vakillari ham soyani nodulyatsiya qilishi mumkinligini qayd etgan [2]. Xitoy Xalq Respublikasining Xeylunszyan provinsiyasida o‘tkazilgan tadqiqotlarda soya bilan bog‘liq 74 ta rizobiya izolyati ajratib olingan. PCR-RFLP tahlili ularni 9 ta genotipga ajratgan, 16S rRNA, *recA*, *atpD* va *gyrB* genlari asosida o‘tkazilgan ko‘p lokusli filogenetik tahlil natijasida *Bradyrhizobium japonicum*, *B. diazoefficiens* va *B. ottawaense* turlari hamda alohida *Bradyrhizobium* guruhi aniqlangan [3]. Ayniqsa, ushbu tadqiqotda aniqlangan izolyatlarning 64%i hali to‘liq tavsiflanmagan *Bradyrhizobium* guruhiga kirishi mahalliy rizobiyalar genetik zahirasi juda keng bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi. Shuningdek, *nodC* va *nifH* genlari bo‘yicha filogenetik tahlillar esa

izolyatlarning *symbiovar glycinearum* bilan bog‘liqligini ko‘rsatgan [3]. Mahalliy tuganak bakteriyalarini o‘rganishning birinchi bosqichi soya ildizlaridan yaxshi rivojlangan va tashqi ko‘rinishi sog‘lom bo‘lgan tuganaklarni tanlashdan iborat.

Molekulyar identifikatsiya: 16S rRNA, nodC va nifH genlari. Soya rizobiyalarini zamonaviy identifikatsiya qilishda 16S rRNA geni muhim markerlardan biri hisoblanadi. Bunda bakteriyalarning filogenetik o‘rnini dastlabki aniqlash imkonini beradi. Biroq 16S rRNA geni yaqin qarindosh *Bradyrhizobium* turlarini bir-biridan aniq ajratish uchun har doim ham yetarli emas. Shu sababli, zamonaviy tadqiqotlarda *recA*, *atpD* va *gyrB* kabi qo‘shimcha genlardan ham foydalanilmoqda [2,3]. Shuningdek, 2026-yilda nashr etilgan maqolalarda tadqiqotning aynan shu ko‘p lokusli yondashuv *Bradyrhizobium* izolyatlarini yanada aniqroq tavsiflash uchun qo‘llanilgan [3]. Simbiotik xususiyatni baholashda esa *nodC* va *nifH* genlari alohida ahamiyatga ega, *nodC* geni tuganak hosil bo‘lish jarayoni bilan bog‘liq bo‘lsa, *nifH* azot fiksatsiyasida ishtirok etuvchi nitrogenaza kompleksi bilan bog‘liq genlardan hisoblanadi [2,3].

Mahalliy va tijorat shtammlarini taqqoslash. Tijoratda tuganak bakteriyalar asosida biopreparatlar ma’lum sharoitlarda yuqori samara berishi mumkin. Biroq tashqi muhitga kiritilgan shtammlarning samaradorligi tuproqning fizik-kimyoviy xususiyatlari, harorat, namlik, mahalliy mikrobiota va tabiiy rizobiyalar bilan raqobatiga bog‘liq [5,7]. Shu sababli, mahalliy sharoitdan ajratilgan rizobiyalarni o‘rganish va ularning simbiotik hamda adaptiv xususiyatlarini baholash muhim ahamiyatga ega [3,6]. 2026-yilda o‘tkazilgan tadqiqotda mahalliy *Bradyrhizobium* izolyatlarining simbiotik samaradorligi va abiotik stresslarga chidamliligi o‘rganilgan. Tadqiqot natijalaridan mahalliy shtammlarning ishqoriy muhit, yuqori harorat va PEG yordamida modellashtirilgan qurg‘oqchilik sharoitlariga chidamliligi turlicha ekanligi aniqlangan. Ayrim shtammlarda yuqori simbiotik samaradorlik va stressga chidamlilik bir vaqtda kuzatilgan. Xususan, SH16 shtammi yuqori simbiotik samaradorlikni stresslarga chidamlilik bilan birlashtirgan. Bu natijalar mahalliy rizobiyalarni muayyan hudud sharoitiga mos biologik inokulyantlar yaratish uchun tanlash istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi [3].

Qurg‘oqchilik, sho‘rlanish va boshqa stresslarga chidamlilik. Global iqlim o‘zgarishi sharoitida yuqori harorat, qurg‘oqchilik va tuproq sho‘rlanishi soya–rizobiya simbiozi samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Rizobiya shtammini tanlashda faqat laboratoriyadagi o‘sish qobiliyatini emas, balki uning stress sharoitida yashovchanligi va soya bilan simbiozni saqlab qolish qobiliyatini ham baholash muhim. Shu nuqtai nazardan, 2026-yilgi tadqiqotda *Bradyrhizobium* izolyatlarining ishqoriylik, yuqori harorat va PEG-induksiyalangan qurg‘oqchilikka chidamliligi o‘rganilgan. Ayrim shtammlarda yuqori simbiotik samaradorlik bilan birga stressga chidamlilik xususiyati ham qayd etilgan [3].

Rizosfera mikroorganizmlari va soya mahsuldorligi. So‘nggi yillarda soya mahsuldorligini shakllantirishda rizosfera mikroorganizmlarining roliga ham katta e’tibor qaratilmoqda. Rizosferadagi mikroorganizmlar o‘simlikning oziqlanishi, o‘sishi va stresslarga moslashuviga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Turli tuproq sharoitlarida tuganak bakteriya bilan inokulyatsiya qilish soya ildiz tuganaklarining shakllanishi va rizosferadagi bakteriyalar jamoasi tarkibiga ta’sir qilishi mumkin [5]. Shuningdek, rizosferaga xos mikrobiom va o‘simlik–mikroorganizm o‘zaro ta’sirlari soya mahsuldorligini oshirishda muhim omillardan biri sifatida qaralmoqda [6]. Mikroorganizmlardan foydalanish, jumladan, tuganak bakteriyalar va boshqa foydali mikroorganizmlarni qo‘llash, barqaror qishloq xo‘jaligi tizimlarida kimyoviy resurslarga bo‘lgan ehtiyojni kamaytirish va o‘simliklarning oziqlanishini yaxshilash imkonini beradi [6].

Xulosa

Soya tuganak bakteriyalarini o‘rganishda fenotipik tavsiflashdan molekulyar va ko‘p lokusli filogenetik tahlillarga o‘tish kuzatilmoqda. Zamonaviy ma’lumotlar soya rizobiyalarining genetik xilma-xilligi keng ekanligini va *Bradyrhizobium* turkumi bilan bir qatorda boshqa rizobiya guruhlarining ham ayrim hududlarda soya bilan simbioz hosil qilishi mumkinligini ko‘rsatmoqda. Mahalliy tuproq sharoitidan ajratilgan shtammlar orasida yuqori simbiotik samaradorlikka va abiotik

DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/3010001

stresslarga chidamli bo‘lgan bakteriyalarni aniqlash soya yetishtirishda biologik inokulyantlardan foydalanish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi [3,5]. Ayniqsa, 16S rRNA, recA, atpD, gyrB, nodC va nifH kabi molekulyar markerlarni birgalikda qo‘llash istiqbolli shtammlarni yanada ishonchli tanlash imkonini beradi [2,3].

Kelgusida O‘zbekistonning turli tuproq-iqlim zonalaridan soya tuganaklarini yig‘ish, mahalliy tuganak bakteriyalarini ajratish, ularning taksonomik va simbiotik xususiyatlarini o‘rganish hamda yuqori samarador shtammlar asosida biologik inokulyantlar yaratish muhim amaliy ahamiyat kasb etadi. Bunday yondashuv mahalliy sharoitga mos, samarali va barqaror mikrobiologik preparatlarni ishlab chiqish uchun ilmiy asos bo‘lishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mirriam et al. Role of Phosphorus and Inoculation with Bradyrhizobium in Enhancing Soybean Production. Advances in Agriculture. 2023. DOI: 10.1155/2023/3231623.
2. Nakei M.D., Venkataramana P.B., Ndakidemi P.A. Soybean-Nodulating Rhizobia: Ecology, Characterization, Diversity, and Growth Promoting Functions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022;6:824444. DOI: 10.3389/fsufs.2022.824444.
3. Li K., Chen K., Hao H., Zhang K., Brunel B., Zhou W., Zhang J. Native bradyrhizobia for soybean: genetic and functional diversity in Heihe soils, a major production zone of Heilongjiang, China. *Letters in Applied Microbiology*. 2026;79(3). DOI: 10.1093/lambio/ovag026.
4. Pandit M., Panthi S., Chiluwal A. Biological Nitrogen Fixation in Soybean: Mechanisms, Benefits, Sustainability, and Future Prospects. *Agronomy*. 2026;16(10):946. DOI: 10.3390/agronomy16100946.
5. Effects of rhizobial inoculation on soybean nodulation and rhizocompartment bacterial community under different soil conditions. *Oil Crop Science*. 2026;11(1):45–54. DOI: 10.1016/j.ocsci.2025.12.003.
6. Ranjan P. et al. Role of rhizosphere specific microbiome in enhancing soybean productivity across contrasting soil and crop management systems. *Frontiers in Plant Science*. 2026;17. DOI: 10.3389/fpls.2026.1830235.
7. Osuji et al. Leveraging Microbe–Rhizosphere Interactions in Organic Farming Systems: A Route to Sustainable Soybean Production. *Plant-Environment Interactions*. 2026. DOI: 10.1002/pei3.70147.