Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali
Aoka guvohnoma № 323759 ISSN: 3060-4818

SHO‘RLANGAN TUPROQ SHAROITLARIDA WITHANIA SOMNIFERA (L.) DUNAL O‘SIMLIGINING O‘SISHI VA VITANOLIDLAR TO‘PLANISHIGA PGPR BAKTERIYALARINING TA’SIRI

Durdiyeva Yulduzxon Shavkat qizi
ToshDAU Dorivor o‘simliklarni yetishtirish texnologiyasi yo‘nalishi magistri
Tel: +99894-757-75-95
E-mail: yulduzdurdiyeva648@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.23158681

Annotatsiya. Maqolada sho‘rlanish stressi sharoitida Withania somnifera (L.) Dunal ning o‘sishi, fiziologik-biokimyoviy javobi va vitanolidlar to‘planishi, shuningdek o‘simlik o‘sishini rag‘batlantiruvchi rizobakteriyalar (PGPR) ning bu jarayonlardagi o‘rni bo‘yicha ilmiy adabiyotlar tahlil qilingan. Ko‘rib chiqilgan ma’lumotlarga ko‘ra, past darajadagi NaCl stressi vitanolidlar to‘planishini oshirishi mumkin, kuchli sho‘rlanish esa o‘sish va biomassani kamaytiradi. PGPR turli ekinlarda tuzga chidamlilikni oshiradi; W. somnifera da esa yaqinda Hindistonda o‘tkazilgan tajribada sho‘rlanish sharoitida bakteriyalar bilan inokulyatsiya withaferin A miqdorini oshirgani ko‘rsatilgan. Biroq NaCl darajalari gradiyentida, bir nechta vitanolid va to‘qimalar bo‘yicha PGPR ta’siri hamda O‘zbekiston sharoiti uchun ma’lumotlar yetarli emas. Shu bo‘shliqni to‘ldirish uchun ikki omilli (NaCl × PGPR) idish tajribasi sxemasi taklif etilgan.
Kalit so‘zlar: Withania somnifera, vitanolidlar, sho‘rlanish, PGPR, rizobakteriyalar, ikkilamchi metabolitlar.

Аннотация. В статье проанализирована литература о росте, физиолого-биохимических реакциях и накоплении витанолидов у Withania somnifera (L.) Dunal в условиях солевого стресса, а также о роли ризобактерий, стимулирующих рост растений (PGPR). По данным литературы, слабый стресс NaCl может повышать содержание витанолидов, тогда как сильное засоление снижает рост и биомассу. В недавнем исследовании в Индии инокуляция бактериями в условиях засоления повышала содержание витаферина А. Однако данные по градиенту NaCl, по нескольким витанолидам и тканям, а также для условий Узбекистана ограничены. Предложена схема двухфакторного вегетационного опыта (NaCl × PGPR).
Ключевые слова: Withania somnifera, витанолиды, засоление, PGPR, ризобактерии, вторичные метаболиты.

Abstract. The paper reviews the literature on the growth, physiological and biochemical responses, and withanolide accumulation of Withania somnifera (L.) Dunal under salinity stress, and on the role of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in these processes. The reviewed data indicate that mild NaCl stress can increase withanolide concentrations, whereas severe salinity reduces growth and biomass. A recent study in India reported that bacterial inoculation increased withaferin A under salinity,

but data across a NaCl gradient, for several withanolides and tissues, and for Uzbekistan conditions remain limited. A two-factor pot experiment (NaCl × PGPR) is proposed to address these gaps.

Keywords: Withania somnifera, withanolides, salinity, PGPR, rhizobacteria, secondary metabolites.

Kirish

Withania somnifera (L.) Dunal (ashvagandha) Solanaceae oilasiga mansub bo‘lib, an’anaviy tibbiyotda keng qo‘llaniladigan dorivor o‘simlikdir. Uning farmakologik xususiyatlari asosan vitanolidlar, ya’ni triterpenoidlardan sintezlanadigan o‘ttiz uglerodli steroid laktonlar bilan bog‘liq; eng ko‘p o‘rganilganlari withaferin A, withanolide A, withanolide D va withanone hisoblanadi [1]. Vitanolidlar biosintezi to‘qimaga xos jarayon bo‘lib, o‘simlikning o‘sish sharoitiga bog‘liq [1]. Demak, yetishtirish sharoiti dorivor xom ashyo sifatiga bevosita ta’sir qiladi.

Tuproq sho‘rlanishi dunyoning quruq va yarim quruq hududlarida, jumladan O‘zbekistonda, qishloq xo‘jaligi mahsuldorligini cheklovchi asosiy omillardan biridir. Sho‘rlanish o‘simlikka osmotik stress, ionlar toksikligi, oziq moddalar yetishmasligi va oksidlovchi stress orqali ta’sir qiladi [2]. Sho‘rlangan yerlarda dorivor o‘simliklar yetishtirish yerlardan foydalanish imkoniyatini kengaytirishi mumkin, ammo bu ikkilamchi metabolitlar miqdorining o‘zgarishiga ham olib keladi.

PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) o‘simlik ildizi atrofida yashab, fitogormonlar (masalan, indol-3-sirka kislotasi, IAA) sintezi, ACC-deaminaza faolligi, fosfatlarni eritish va azot o‘zlashtirish orqali o‘simlik o‘sishini qo‘llab-quvvatlaydigan bakteriyalardir. Tuzga chidamli PGPR sho‘rlangan tuproqlarda ekinlar mahsuldorligini oshirishning ekologik toza usuli sifatida o‘rganilmoqda [3, 4]. O‘zbekistonning sho‘rlangan tuprog‘ida o‘sgan bug‘doy rizosferasidan tuzga chidamli, o‘sishni rag‘batlantiruvchi bakteriyalar ajratilgani ham ma’lum [5].

W. somnifera ning sho‘rlanishga javobi va mikroorganizmlarning uning o‘sishiga ta’siri o‘rganilgan. Jumladan, Hindistonda chop etilgan tadqiqotda tuz stressi (4,5 dS/m) o‘sish ko‘rsatkichlarini kamaytirib, MDA, ion oqishi va Na/K nisbatini oshirgani, bakteriyalar va mikoriza zamburug‘lari bilan inokulyatsiya esa stressni yengillashtirib, withaferin A miqdorini mos ravishda 34,54 % va 49,07 % gacha oshirgani ko‘rsatilgan [6]. O‘zbekistoning sho‘rlangan tuproq sharoitlarida esa bunday ma’lumotlar to‘liq o‘rganilmagan va ilmiy izlanshlar mobaynida Withania somnifera (L.) Dunal (ashvagandha) o‘simligini sho‘rlangan tuproq sharoitida tarkibidagi vitanolidlar hosil bo‘lishi va tuzlarning ta’siri.

Tadqiqot maqsadi — sho‘rlanish, PGPR va vitanolidlar to‘planishi o‘rtasidagi bog‘liqlik haqidagi mavjud ma’lumotlarni tahlil qilish va yetishmayotgan bo‘g‘inlarni to‘ldiruvchi tajriba sxemasini taklif etishdan iborat.

Materiallar va usullar

Tadqiqot Withania somniferaning sho‘rlanish sharoitiga moslashuvi va fiziologik-biokimyoviy xususiyatlari bo‘yicha ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish asosida olib borildi. Ma’lumotlar PubMed Central, Google Scholar, Springer, Frontiers, MDPI va ScienceDirect bazalaridan olindi. Qidiruvda Withania somnifera, withanolidlar, NaCl stressi, PGPR va tuzga chidamlilik kabi kalit so‘zlardan foydalanildi. Mavzuga mos ilmiy manbalar tanlab olinib, ulardagi ma’lumotlar o‘zaro taqqoslandi va umumlashtirildi.

Tanlash mezonlari: (1) ob'ekt W. somnifera yoki PGPR va sho'rlanish mexanizmlari bo'lishi; (2) fiziologik-biokimyoviy yoki vitanolid miqdori bo'yicha aniq ma'lumot keltirilishi; (3) maqolaning to'liq matni yoki annotatsiyasi mavjud bo'lishi. Topilgan ma'lumotlar uch yo'nalish bo'yicha guruhlandi: (a) sho'rlanishning o'sishga va fiziologik-biokimyoviy ko'rsatkichlarga ta'siri; (b) stress omillarining vitanolidlar to'planishiga ta'siri; (c) PGPR ning tuzga chidamlilik va o'sishdagi roli.

Natijalar

Sho'rlanishga fiziologik-biokimyoviy javob. Yuqori miqdordagi tuz o'simliklarda suv va ionlar muvozanatining buzilishiga olib kelishi mumkin. Bunday sharoitda Na^+ ionlarining to'planishi, o'sish va fotosintez jarayonlarining susayishi hamda oksidlovchi stressning kuchayishi kuzatiladi [2, 4]. O'simliklar esa bunday stress sharoitida prolin kabi himoya moddalarini to'plash va antioksidant tizim faoliyatini o'zgartirish orqali moslashishga harakat qiladi. W. somnifera bo'yicha Thorat va hammualliflar [7] tomonidan olib borilgan tajribada o'simliklar 0, 10, 30 va 50 mM NaCl sharoitida bir oy davomida issiqxonada o'stirilib, ularning o'sishi, fotosintezi, biokimyoviy ko'rsatkichlari hamda ildiz va poyadagi withanolidlar tarkibi o'rganilgan. Natijalar tuz stressining o'simlikning fiziologik-biokimyoviy holati va withanolidlar to'planishiga ta'sir qilishini ko'rsatgan. Ayrim withanolidlarning miqdori past va yuqori NaCl darajalarida turlicha o'zgargan [7]. **Stress va vitanolidlar to'planishi.** Aynan shu tadqiqotda 50 mM NaCl variantida novdadagi withaferin A miqdori 3,79 mg/g, withanolide A 0,51 mg/g va withanone 0,022 mg/g gacha oshgan [7]. Boshqa stress omillarida ham o'xshash tendensiya kuzatiladi: past harorat (4 °C) ta'sirida W. somnifera ildizida withanolide A miqdori dastlabki kunda kamayib, 7-kunga qadar tiklangan; mualliflar vitanolidlar to'planishi ROS ni zararsizlantirish mexanizmi bilan bog'liq bo'lishi mumkin degan xulosaga kelgan [8]. Vitanolidlar biosintezi ko'p bosqichli bo'lib, desaturatsiya, gidroksillanish, epoksidlanish, siklizatsiya, zanjir uzayishi va glikozillanish reaksiyalarini o'z ichiga oladi; sterol glikoziltransferazalar sintez boshqaruvida ishtirok etishi ko'rsatilgan [9].

To'qimaga xoslik. Vitanolidlar ildiz va bargda turlicha to'planadi, biosintez esa to'qimaga xos jarayon [1]. Shu sababli sho'rlanish ta'sirini bitta aralash namunada emas, har bir to'qimada (ildiz, barg, novda) alohida baholash kerak; Thorat va hammualliflari ham vitanolidlarni to'qimalar bo'yicha ajratib tahlil qilgan [7]. Bu yondashuv xom ashyoning farmakognostik bahosi uchun ham muhim, chunki dorivor xom ashyo sifatida odatda ildiz ishlatiladi.

PGPR ning roli. Sho'rlangan sharoitda PGPR o'simlik chidamliligini bir necha yo'l bilan oshiradi: IAA kabi fitogormonlar sintezi, stress etilenini kamaytiruvchi ACC-deaminaza, ionlar tarkibini tartibga solish va osmoprotektorlar sintezida ko'maklashish; shuningdek urug'larni bakteriyalar bilan ishlash (biopriming) texnologiyasi ham qo'llaniladi [3, 4]. O'zbekistonda sho'rlangan tuproqdagi bug'doy rizosferasidan sakkizta tuzga chidamli shtamm tanlab olingan; ular auksin, HCN, lipaza va proteaza ishlab chiqarish hamda bug'doy o'sishini rag'batlantirish xususiyatlariga ega [5].

PGPR va W. somnifera. Sharma va hammualliflari Azotobacter chroococcum, Bacillus amyloliquefaciens, Enterobacter turkumi shtammi va mikoriza konsorsiumini sho'rlangan (4,5 dS/m NaCl) va sho'rlanmagan sharoitda sinashgan. Tuz stressi MDA, ion oqishi va Na/K nisbatini mos ravishda 113,38 %, 79,51 % va 114,85 % ga oshirgan; bakteriyalar sho'rlanishda withaferin A miqdorini 34,54 % gacha, mikoriza esa 49,07 % gacha oshirgan [6]. Sho'rlanish omili kiritilmagan holda

Azospirillum, Azotobacter, Pseudomonas va Bacillus* kombinatsiyasi ikki yil davomida o‘simlik bo‘yi, ildiz uzunligi va alkaloid miqdorini oshirgani ham ma’lum [10].

1-jadval. Ko‘rib chiqilgan asosiy manbalar

Manba	Ob’ekt va omil	Asosiy topilma
[7]	W. somnifera, NaCl (0–50 mM)	50 mM NaCl da novdada withaferin A, withanolide A va withanone oshgan
[8]	W. somnifera, past harorat (4 °C)	Ildizda withanolide A dastlab kamayib, 7-kunga qadar tiklangan
[6]	W. somnifera, 4,5 dS/m NaCl, bakteriyalar va mikoriza	Withaferin A: bakteriyalar bilan 34,54 % gacha, mikoriza bilan 49,07 % gacha oshgan
[5]	Bug‘doy rizosferasi, sho‘rlangan tuproq, O‘zbekiston	8 ta tuzga chidamli, o‘sishni rag‘batlantiruvchi shtamm ajratilgan
[10]	W. somnifera, PGPR konsorsiumi (sho‘rlanishsiz)	Bo‘y, ildiz uzunligi va alkaloid miqdori oshgan

Muhokama

Tahlil sho‘rlanishning W. somnifera ga ikki yoqlama ta’sirini ko‘rsatadi. Bir tomondan, kuchli sho‘rlanish o‘sishni va biomassani kamaytiradi [2, 6]. Ikkinchi tomondan, past NaCl darajasida vitanolidlarning birlik massadagi miqdori oshishi kuzatilgan [7]. Amaliy nuqtai nazardan muhim ko‘rsatkich faqat konsentratsiya emas, balki bir o‘simlikdan olinadigan umumiy vitanolid hosili (konsentratsiya × biomassa) bo‘lgani uchun, biomassaning pasayishi konsentratsiya oshishini kuchaytirishi mumkin. Bu ma’lumotlar adabiyotlardan kelib chiqqan bo‘lib, tajribada davomida har bir bosqich ustida alohida ish olib boriladi.

Sharma va hammualliflari natijasi PGPR ning foydali ta’siri haqidagi taxminni qo‘llab-quvvatlaydi: sho‘rlanishda bakteriyalar stress belgilarini kamaytirib, withaferin A ni oshirgan [6]. Shu bilan birga, bu ish uch jihatdan kengaytirishga muhtoj: (1) bitta tuz darajasi sinalgan, shuning uchun NaCl gradiyentida javob egri chizig‘i noma’lum; (2) annotatsiyaga ko‘ra faqat withaferin A haqida ma’lumot berilgan, withanolide A va withanone, shuningdek ildiz va barg alohida baholanmagan; (3) tajriba Hindiston sharoitida, kolleksiya shtammlari bilan o‘tkazilgan. Yana bir ehtimol: vitanolidlar to‘planishi ROS bilan kurashish mexanizmi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkinligi [8] hisobga olinsa, ayrim NaCl darajalarida yoki ayrim vitanolidlar uchun PGPR stressni yengillashtirib, induksiyani kamaytirishi ham mumkin. Buni faqat tajriba aniqlaydi.

Taklif etilayotgan tadqiqotning yangiligi Ushbu tadqiqotning yangiligi, avvalo, Withania somniferani O‘zbekistonning sho‘rlangan tuproq sharoitida o‘rganish bilan bog‘liq. Bunda o‘simlikning turli darajadagi NaCl stressiga javobi baholanadi. Shuningdek, ildiz, barg va novdalardagi bir nechta asosiy withanolidlar, jumladan withaferin A, withanolide A va withanone miqdorini alohida aniqlash rejalashtiriladi. Shu orqali nafaqat stressning o‘simlik o‘sishiga ta’siri, balki sho‘rlanish sharoitida biologik faol moddalar to‘planishidagi o‘zgarishlarni ham baholash mumkin. Agar mahalliy sho‘rlangan tuproqlardan ajratilgan PGPR shtammlaridan foydalanilsa, tadqiqotning yana bir muhim jihati — mahalliy mikroorganizmlarning o‘simlikning tuzga chidamliligini oshirishdagi rolini aniqlashdan iborat bo‘ladi.

Taklif etilayotgan tajriba sxemasi. Tajriba ikki omilli idish tajribasi shaklida tashkil etilishi mumkin. Birinchi omil sifatida NaCl ning 0, 50, 100 va 150 mM konsentratsiyalari, ikkinchi omil sifatida esa PGPR inokulyatsiyasi olinadi. Bunda inokulyatsiyasiz variant nazorat sifatida olinib, unga 2–3 ta samarali shtamm yoki ularning konsorsiumi qo‘shiladi. Har bir variant 3–4 takrorlikda olib boriladi. Tajriba davomida urug‘larning unib chiqishi, o‘simlik bo‘yi, quruq biomassa, xlorofill va prolin miqdori, MDA darajasi hamda SOD va CAT kabi antioksidant fermentlarning faolligi aniqlanadi. Bundan tashqari, ildiz, barg va novdalarda withaferin A, withanolide A va withanone miqdori YuSSX/HPLC usuli yordamida aniqlanadi. Natijalar ikki omilli dispersion tahlil (ANOVA) orqali baholanib, NaCl va PGPR omillarining alohida hamda birgalikdagi ta’siri aniqlanadi. Shuningdek, o‘simlik boshiga to‘g‘ri keladigan umumiy withanolid hosilini hisoblash orqali stress sharoitida biologik faol moddalar hosildorligining o‘zgarishi baholanadi. Agar tajriba imkoniyatlari yetarli bo‘lsa, withanolidlar biosintezida ishtirok etuvchi 2–3 ta genning ekspressiyasi qRT-PCR yordamida ham o‘rganilishi mumkin. Bu natijalarni faqat withanolid miqdoridagi o‘zgarish bilan cheklab qolmasdan, ularning biosintezi bilan bog‘liq molekulyar jarayonlarni ham muhokama qilish imkonini beradi.

Cheklovlar. Adabiyotlarda keltirilgan tadqiqotlarni bir-biri bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri solishtirish har doim ham oson emas. Bunga tadqiqotlarda turli genotiplar, NaCl konsentratsiyalari, o‘stirish sharoitlari va o‘simlik to‘qimalaridan foydalanilgani sabab bo‘ladi. Bundan tashqari, ushbu ishda adabiyotlarni izlash to‘liq tizimli sharh talablari asosida olib borilmagan. PGPR asosidagi natijalarni amaliyotga joriy etishda ham ayrim masalalarga e’tibor berish kerak. Xususan, istiqbolli shtammlarning o‘simlik va inson uchun xavfsizligi, tuproq sharoitida barqarorligi hamda mahalliy mikroorganizmlar bilan o‘zaro munosabati alohida baholanishi lozim. Laboratoriya yoki idish tajribasida olingan ijobiy natijalar keyinchalik dala sharoitida ham tasdiqlanishi kerak.

Xulosa

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, past darajadagi NaCl stressi W. somniferada ayrim withanolidlarning to‘planishini kuchaytirishi mumkin, kuchli sho‘rlanish esa o‘simlikning o‘sishi va biomassasiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, Thorat va hammualliflarining tadqiqotida 10, 30 va 50 mM NaCl ta’sirida ildiz va novdalardagi withanolidlar miqdori turlicha o‘zgargani aniqlangan. So‘nggi tadqiqotlarda PGPR va boshqa foydali mikroorganizmlardan foydalanish sho‘rlanish sharoitida W. somniferaning o‘sishi va withaferin A to‘planishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi ham ko‘rsatilgan. Xususan, 2025-yilgi tadqiqotda PGPB inokulyatsiyasi sho‘rlanish sharoitida withaferin A miqdorini oshirgan, biroq eng yuqori natija turli mikr obiologik preparatlar orasida farq qilgan. Shu sababli NaCl darajasi va PGPR inokulyatsiyasini birgalikda o‘rganish, bunda bir nechta withanolidni turli o‘simlik to‘qimalarida aniqlash hamda tajribani mahalliy tuproq sharoitida olib borish amaliy jihatdan qiziqarli yo‘nalish hisoblanadi. Bunday yondashuv W. somniferaning sho‘rlangan yerlarda yetishtirish imkoniyatlarini baholash va istiqbolli PGPR shtammlarini tanlash uchun asos bo‘lishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Thorat S.A., Kaniyassery A., Poojari P., Rangel M., Tantry S., Kiran K.R., Joshi M.B., Rai P.S., Botha A.-M., Muthusamy A. Differential gene expression and withanolides biosynthesis during in vitro and ex vitro growth of Withania somnifera (L.) Dunal // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. Art. 917770. doi:10.3389/fpls.2022.917770.
2. Gupta B., Huang B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization // International Journal of Genomics. 2014. Art. 701596. doi:10.1155/2014/701596.
3. Egamberdieva D., Wirth S., Bellingrath-Kimura S.D., Mishra J., Arora N.K. Salt-tolerant plant growth promoting rhizobacteria for enhancing crop productivity of saline soils // Frontiers in Microbiology. 2019. Vol. 10. Art. 2791. doi:10.3389/fmicb.2019.02791.
4. Ha-Tran D.M., Nguyen T.T.M., Hung S.-H., Huang E., Huang C.-C. Roles of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in stimulating salinity stress defense in plants: a review // International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22(6). Art. 3154. doi:10.3390/ijms22063154.
5. Egamberdieva D., Kamilova F., Validov S., Gafurova L., Kucharova Z., Lugtenberg B. High incidence of plant growth-stimulating bacteria associated with the rhizosphere of wheat grown on salinated soil in Uzbekistan // Environmental Microbiology. 2008. Vol. 10(1). P. 1–9.
6. Sharma P., Kaushal S., Tandon R., Goel S., Baishya R. Plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi induced salinity tolerance in Withania somnifera (L.) Dunal // Journal of Plant Growth Regulation. 2025. Vol. 44(7). P. 4001–4021. doi:10.1007/s00344-025-11672-0.
7. Thorat S.A., Srivaishnavi M., Kaniyassery A., Padikkal S., Rai P.S., Botha A.-M., Muthusamy A. Physiological and biochemical traits positively modulate tissue-specific withanolides and untargeted metabolites in Withania somnifera (L.) Dunal under salinity stress // Plant Physiology and Biochemistry. 2023. Vol. 203. Art. 108011. doi:10.1016/j.plaphy.2023.108011.
8. Mir B.A., Mir S.A., Khazir J., Tonfack L.B., Cowan D.A., Vyas D., Koul S. Cold stress affects antioxidative response and accumulation of medicinally important withanolides in Withania somnifera (L.) Dunal // Industrial Crops and Products. 2015. Vol. 74. P. 1008–1016. doi:10.1016/j.indcrop.2015.06.012.
9. Singh G., Tiwari M., Singh S.P., Singh S., Trivedi P.K., Misra P. Silencing of sterol glycosyltransferases modulates the withanolide biosynthesis and leads to compromised basal immunity of Withania somnifera // Scientific Reports. 2016. Vol. 6. Art. 25562. doi:10.1038/srep25562.
10. Rajasekar S., Elango R. Effect of microbial consortium on plant growth and improvement of alkaloid content in Withania somnifera (Ashwagandha) // Current Botany. 2011. Vol. 2(2).