

UDK 581.1:633.88

**SHO'RLANISHNING RUBIA TINCTORUM L. O'SIMLIGINING FIZIOLOGIK
VA BIOKIMYOVIY KO'RSATKICHLARIGA TA'SIRI**

Ho'jiboboeva Sarvinoz Habibjon qizi – doktorant

hojiboboeva@list.ru

Guliston davlat universiteti Agrobiotexnologiyalar va biokimyo ilmiy-tadqiqot instituti

**ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ RUBIA TINCTORUM L.**

Хожибобоева Сарвиноз Хабибжоновна – докторант

Научно-исследовательский институт агrobiотехнологий

и биохимии Гулистанского государственного университета

**THE EFFECT OF SALINATION ON THE PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL
INDICATORS OF RUBIA TINCTORUM L.**

Ho'jiboboeva Sarvinoz Habibjonovna – doctoral student

Research Institute of Agrobiotechnology and Biochemistry of Gulistan State University

Tayanch so'zlar: Rubia tinctorum, sho'rlanish, NaCl, xlorofill, prolin, ion homeostazi, antioksidant fermentlar, alizarin, purpurin.

Rezyume. Tadqiqotda 0, 50, 100 va 150 mM NaCl ta'sirida Rubia tinctorum L. ning o'sishi, fotosintetik apparati, osmotik va ion homeostazi, antioksidant himoya tizimi hamda ildizlarda alizarin va purpurin to'planishi baholandi. NaCl miqdori ortishi o'sish va xlorofillni pasaytirgan bo'lsa, 100 mM sharoitida prolin, SOD, CAT va POD faolligi hamda antraxinonlar miqdorining eng yuqori darajaga yetishi o'rtacha sho'rlanishning moslanish va ikkilamchi metabolizmni faollashtiruvchi omil ekanligini, 150 mM esa metabolik imkoniyatlarni cheklashini ko'rsatdi.

Ключевые слова: Rubia tinctorum, засоление, NaCl, хлорофилл, пролин, ионный гомеостаз, антиоксидантные ферменты, ализарин, пурпурин.

Резюме. В исследовании оценено влияние 0, 50, 100 и 150 mM NaCl на рост, фотосинтетический аппарат, осмотический и ионный гомеостаз, антиоксидантную защиту и накопление ализарина и пурпурина в корнях Rubia tinctorum L. Повышение солёности снижало рост и содержание хлорофилла, тогда как при 100 mM NaCl отмечены максимальные уровни пролина, активности SOD, CAT и POD и антрахинонов; при 150 mM наблюдалось ограничение адаптационных и метаболических процессов.

Key words: Rubia tinctorum, salinity, NaCl, chlorophyll, proline, ion homeostasis, antioxidant enzymes, alizarin, purpurin.

Summary. The effects of 0, 50, 100 and 150 mM NaCl on growth, photosynthetic performance, osmotic and ionic homeostasis, antioxidant defense, and root accumulation of alizarin and purpurin in Rubia tinctorum L. were evaluated. Increasing salinity reduced growth and chlorophyll content, whereas 100 mM NaCl produced the strongest proline accumulation, SOD, CAT and POD activities, and anthraquinone levels; at 150 mM NaCl, adaptive and secondary-metabolic responses declined.

Kirish. Dorivor o'simliklarning ekologik stresslarga javobini o'rganish ularni noqulay tuproq sharoitlarida yetishtirish va biologik faol xomashyo sifatini boshqarish uchun muhimdir. Rubia tinctorum L. (Rubiaceae) ildiz va ildizpoyalarida alizarin, purpurin, rubiadin va boshqa antraxinonlar to'planadigan ko'p yillik dorivor-texnik o'simlik bo'lib, ushbu birikmalar farmatsevtika, kosmetologiya va tabiiy bo'yoqlar ishlab chiqarishda qo'llanadi [1-5].

Sho'rlanish o'simliklarda avvalo osmotik stress va ion toksikligini yuzaga keltirib, K^+ / Na^+ muvozanati, fotosintez va biomassa hosil bo'lishini cheklaydi [6]. Shu bilan birga, o'rtacha stress prolin almashinuvi va fermentativ antioksidant himoyani faollashtirishi, reaktiv kislorod shakllari esa ikkilamchi metabolizm uchun signal vazifasini bajarishi mumkin [7]. Dorivor o'simliklarda bunday javob ayrim biofaol metabolitlarning to'planishini kuchaytirishi mumkin [8].

Rubia tinctorum da sho'rlanish va antraxinon biosintezi o'rtasidagi bog'liqlik haqida ma'lumotlar mavjud [9], biroq o'sish, fotosintetik pigmentlar, prolin, ion homeostazi, SOD–CAT–POD tizimi va alizarin-purpurin to'planishini yagona tajriba doirasida o'zaro bog'liq holda baholash

muhimdir. Tadqiqotning maqsadi turli NaCl konsentratsiyalarida R.tinctorumning fiziologik-biokimyoviy moslanish reaksiyalari va antraxinonlar to'planishi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlashdan iborat.

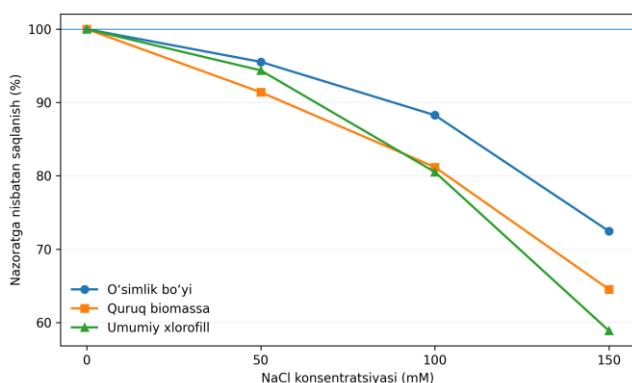
Tadqiqot obyekti va usullari. Tadqiqot obyekti sifatida Rubia tinctorum L. tanlandi. Tajribalar Guliston davlat universiteti Agrobiotexnologiyalar va biokimyo ilmiy-tadqiqot institutining O'simliklar biotexnologiyasi va O'simliklar fiziologiyasi laboratoriyalarida bajarildi. Bir xil rivojlanish bosqichidagi sog'lom o'simliklar vegetatsiya sharoitida 0 (nazorat), 50, 100 va 150 mM NaCl variantlarida o'stirildi; har bir variant uch biologik takrorlanishda tashkil etildi.

Tajriba yakunida o'simlik bo'yi va quruq biomassa aniqlandi. Fotosintetik pigmentlar 80% atseton ekstraktida Lichtenthaler usuli [10], erkin prolin Bates va hammualliflar usuli [11] bo'yicha baholandi. Ildizlardagi Na^+ va K^+ miqdorlari aniqlanib, Na^+ / K^+ nisbati hisoblandi. SOD, CAT va POD faolligi mos ravishda Giannopolitis va Ries [12], Aebi [13] hamda Chance va Maehly [14] usullari asosida o'lchandi. Qurtilgan ildizlardan metanolli ekstrakt tayyorlanib, alizarin va purpurin C18 kolonkasida HPLC usulida standartlar bilan

taqqoslash orqali mg g^{-1} quruq massa hisobida aniqlandi [15]. Barcha natijalar $M \pm m$ ko'rinishida ifodalandi. Variantlar o'rtasidagi farqlar bir omilli dispersion tahlil (One-way ANOVA) va Tukey HSD mezonini yordamida $P < 0,05$ darajasida baholandi [5].

Natijalar va ularning muhokamasi. Sho'rlanishning o'sish va fotosintetik apparatga ta'siri. NaCl konsentratsiyasi ortishi bilan vegetativ o'sish va fotosintetik pigmentlarning saqlanishi izchil pasaydi (1-rasm). 50 mM NaCl da o'simlik bo'yi nazoratning 95,5%, quruq biomassa 91,4% va umumiy xlorofill 94,4% darajasida saqlangan bo'lsa, 100 mM da bu ko'rsatkichlar mos ravishda 88,3%, 81,2% va 80,5% ni tashkil etdi. 150 mM da esa bo'y 72,4%, biomassa 64,5% va xlorofill 58,9% gacha tushdi. Demak, yuqori sho'rlanishda fotosintetik apparatning susayishi biomassa yo'qotilishi bilan parallel kechgan.

Xlorofillning 150 mM da 41,1% ga kamayishi Na^+ va Cl^- ionlari ta'sirida xloroplast membranalari, pigment biosintezini va fotosintetik metabolismning izdan chiqishi bilan izohlanishi mumkin [6]. Munns va Tester [6] ta'riflagan ikki bosqichli tuz stressi modeliga ko'ra, dastlab osmotik cheklanish, keyinchalik ion toksikligi o'sishning pasayishiga olib keladi. Bizdagi bo'y-biomassa-xlorofillning bir yo'nalishdagi pasayishi ushbu mexanizmga mos keladi.



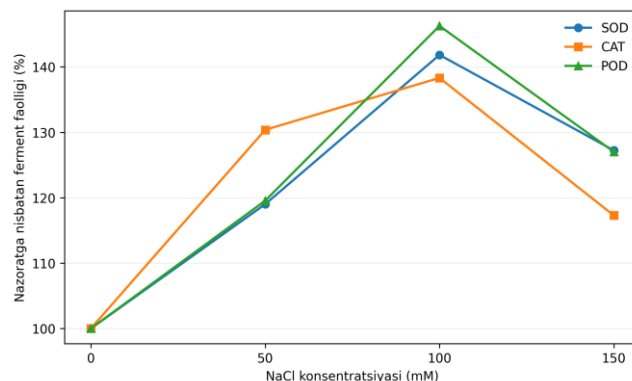
1-rasm. NaCl ta'sirida *Rubia tinctorum* L. o'sish ko'rsatkichlari va umumiy xlorofillning nazoratga nisbatan saqlanishi

Sho'rlanish kuchayishi prolin va Na^+ to'planishini keskin oshirdi, K^+ miqdori esa nisbatan sekin kamaydi (2-rasm). 150 mM NaCl da prolin nazoratga nisbatan 3,79 marta, Na^+ 5,19 marta va Na^+/K^+ nisbati 7,0 marta oshgan, K^+ esa nazoratning 77,2% darajasida saqlangan. Prolinning kuchli induksiyasi hujayra osmotik potensialini moslashtirish, membrana va oqsillarni barqarorlashtirish hamda redoks muvozanatini qo'llab-quvvatlash bilan bog'liq [5].

K^+ ning 100 mM gacha nisbatan yuqori saqlanishi (nazoratning 91,3%) *R. tinctorum* da selektiv ion transporti ma'lum darajada ishlashini ko'rsatadi. Biroq 150 mM da Na^+/K^+ nisbatining 0,77 gacha ko'tarilishi ion homeostazi imkoniyatlari cheklana boshlaganini bildiradi. *Rubia tinctorum* da vakuolyar Na^+/H^+ antiporterlar va proton nasoslarining sho'rlanishga javobda ishtiroki ilgari ham ko'rsatilgan [9]; mazkur tajriba natijalari bunday ion-sekvestratsiya mexanizmi bilan mos keladi, ammo gen ekspressiyasi ushbu ishda bevosita o'lchanmagan.

SOD, CAT va POD faolligi bir xil tendensiyani namoyon etdi: 50 mM da faollashdi, 100 mM da maksimumga yetdi va 150 mM da pasaydi (3-rasm). 100

mM NaCl da SOD nazoratga nisbatan 41,8%, CAT 38,3% va POD 46,3% yuqori bo'ldi. Bu darajada fermentativ antioksidant tizimning koordinatsiyalashgan faollashuvi kislorodning faol shakli yuklamasini nazorat qilishga xizmat qilgan bo'lishi mumkin [6, 14].

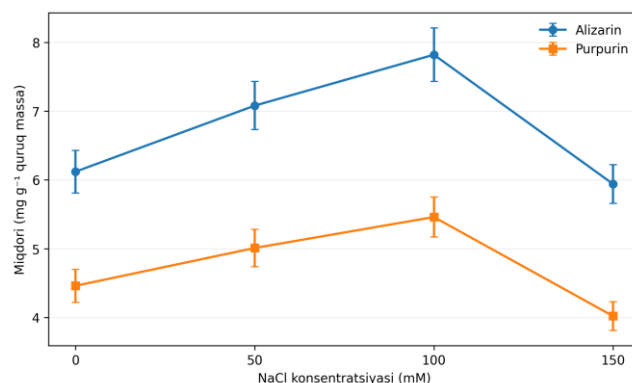


2-rasm. *Rubia tinctorum* L. barglarida SOD, CAT va POD faolligining nazoratga nisbatan o'zgarishi

150 mM da uchala ferment faolligining 100 mM variantiga nisbatan pasayishi, shu bilan bir vaqtda xlorofill va biomassa yo'qotilishining kuchayishi, yuqori sho'rlanishda antioksidant himoyaning stress yuklamasini to'liq kompensatsiya qila olmasligini ko'rsatadi. Kislorodning faol shakli stress sharoitida nafaqat zararlovchi, balki signal molekulari sifatida ham qatnashadi; shu sababli 100 mM dagi fermentativ maksimumni moslanishning faol fazasi sifatida talqin qilish mumkin.

Ildizlarda alizarin va purpurin miqdori sho'rlanishga chiziqli emas, balki gormetik xarakterda javob berdi (4-rasm). Alizarin nazoratdagi $6,12 \pm 0,31 \text{ mg g}^{-1}$ dan 100 mM da $7,82 \pm 0,39 \text{ mg g}^{-1}$ gacha (27,8%), purpurin esa $4,46 \pm 0,24$ dan $5,46 \pm 0,29 \text{ mg g}^{-1}$ gacha (22,4%) oshdi. 150 mM da ikkala metabolit miqdori nazoratdan ham pastga tushdi. 100 mM da antraxinonlarning maksimumga yetishi aynan shu variantda SOD, CAT va POD faolligining eng yuqori bo'lishi bilan mos tushadi.

Bu natija o'rtacha abiotik stressda kislorodning faol shakli-signalanish va himoya metabolismi ikkilamchi metabolitlar biosintezini rag'batlantirishi mumkinligi haqidagi qarashlar bilan mos [6]. 150 mM da pigmentlar, biomassa, ferment faolligi va antraxinonlarning birgalikda pasayishi esa resurslarning biosintezdan tiriklikni saqlash jarayonlariga qayta taqsimlanishi bilan izohlanishi mumkin.



3-rasm. NaCl konsentratsiyasiga bog'liq holda *Rubia tinctorum* L. ildizlarida alizarin va purpurin miqdori ($M \pm m$, $n=3$)

Natijalarni tahlil qilish 100 mM NaCl ni *R. tinctorum* uchun “faol moslanish zonasi” sifatida ajratish imkonini beradi: o’sish to’liq to’xtamaydi, K^+ ning katta qismi saqlanadi, prolin va antioksidant fermentlar faollashadi hamda alizarin va purpurin to’planishi maksimumga yetadi. 150 mM da esa Na^+ / K^+ nisbatining keskin ortishi, xlorofill va biomassa kamayishi, fermentativ himoya va antraxinon biosintezining susayishi stressning kompensatsiya chegarasidan oshganini ko’rsatadi. Ushbu bog’liqliklar sabab-oqibatni to’liq isbotlamaydi, biroq fiziologik himoya va ikkilamchi metabolizmning bir-biriga muvofiq javobini ko’rsatadi.

Xulosa. *Rubia tinctorum* L. ning sho’rlanishga javobi NaCl darajasiga bog’liq ko’p komponentli moslanish bilan tavsiflandi. 50–100 mM NaCl sharoitida o’sish va fotosintetik apparat nisbatan saqlanib, prolin to’planishi, K^+ homeostazi va SOD–CAT–POD antioksidant tizimi-ning faollashuvi kuzatildi; ayniqsa 100 mM da fermentlar hamda alizarin va purpurin miqdori maksimumga yetdi. 150 mM NaCl da esa Na^+ / K^+ nisbatining ortishi, xlorofill va biomassa kamayishi, antioksidant fermentlar va antraxinonlar miqdorining pasayishi yuqori sho’rlanish moslanish imkoniyatlarini cheklashini ko’rsatdi.

Adabiyotlar

1. Atanasov A.G., Zotchev S.B., Dirsch V.M., Supuran C.T. Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nature Reviews Drug Discovery*. 2021;20(3). – P. 200-216.
2. World Health Organization. WHO Global Report on Traditional and Complementary Medicine 2025. Geneva: WHO; 2025.
3. Chen S.L., Yu H., Luo H.M., Wu Q., Li C.F., Steinmetz A. Conservation and sustainable use of medicinal plants. *Chinese Medicine*. 2016. 11:37.
4. Islomov A.X., Ishmuratova A.S., G’aybullaeva O.O. *Rubia tinctorum* L. o’simligi ildizini tibbiyotda ishlatilishi hamda mikro va makroelementlari miqdorini aniqlash. O’zMU ilmiy-amaliy anjumani materiallari. 2020.
5. Malik S., Bhushan S., Sharma M., Ahuja P.S. Biotechnological approaches to anthraquinone production in *Rubia* species. *Industrial Crops and Products*. 2016, 83. – P. 245-252.
6. Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 2008, 59. – P. 651-681.
7. Isah T. Stress and defense responses in plant secondary metabolism. *Biological Research*. 2019. 52:39.
8. Selmar D., Kleinwächter M. Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal plants. *Industrial Crops and Products*. 2013, 42. – P. 558-566.
9. Toranj S., Ehsanpour A.A., Asghari G. Salinity-induced anthraquinone biosynthesis in *Rubia tinctorum* hairy roots. *Industrial Crops and Products*. 2020, 154, – P. 112677.
10. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*. 1987;148:350–382.
11. Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 1973, 39(1). – P. 205-207.
12. Giannopolitis C.N., Ries S.K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiology*. 1977, 59(2). – P. 309-314.
13. Aebi H. Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*. 1984, 105. – P. 121-126.
14. Chance B., Maehly A.C. Assay of catalases and peroxidases. *Methods in Enzymology*. 1955; 2. – P. 764-775.
15. Perassolo M., Quevedo C., Busto V.D., Giulietti A.M., Talou J.R. Enhanced anthraquinone production in *Rubia tinctorum* L. cell suspension cultures by elicitation and precursor feeding. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2011;106(3). – P. 403-410.