



SHO‘RLANISH STRESSIGA O‘SIMLIKLARNING JAVOB REAKSIYALARI VA SHO‘RGA CHIDAMLILIK MEXANIZMLARI.

<https://doi.org/10.70728/qdpi.v08.i01.020>

*Ziyodov O.T.¹, Usmanov D.E.¹, Abdukarimov Sh.S.^{1,2},
Azimov A.A.¹, Raxmanov B.K.¹, Buriev Z.T.¹*

¹*O‘zR FA Genomika va bioinformatika markazi, Qibray, O‘zbekiston*

²*Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zMU, Toshkent, O‘zbekiston*

email: odilbekziyodov11@gmail.com

Annotatsiya. Hozirda butun dunyo bo‘ylab tuproq sho‘rlanish darajasi yildan yilga ortib bormoqda. Bunga sabab esa sug‘orishda suv resurslaridan noto‘g‘ri foydalanish, noto‘g‘ri agrotexnik usullar jumladan noto‘g‘ri o‘g‘itlash, iqlim o‘zgarishi kabi jihatlar dunyo bo‘ylab ekin maydonlar yerlarning tuproq sho‘rlanishini bosqichma-bosqich oshirmoqda. Bu esa o‘simliklardagi ion muvozanatining buzilishi, osmotik stress, oksidlovchi stress va ozuqa moddalarining kamayishi orqali o‘simliklarning umumiy o‘shishiga to‘sqinlik qiluvchi asosiy abiotik omillardan biridir. Tuz stressi o‘simliklar o‘shishining barcha jihatlariga ta‘sir qiladi, ularning o‘shishiga to‘sqinlik qiladi. Ildiz, poya va barglarning yangi va quruq vaznini kamaytiradi. Bundan tashqari, barglarning kengayishini kamaytiradi va barg morfologiyasini o‘zgartiradi, fotosintezni kamaytiradi va o‘simlik ionlari gomeostazini buzadi, bu metabolik nomutanosiblik va oksidlovchi stressga olib keladi. Natijada hosilning kamayishiga va qishloq xo‘jaligiga jiddiy zarar yetkazadi. Shu bilan birga o‘simliklar sho‘rlanish stressiga bardosh berish uchun morfologik va molekulyar darajada bir nechta moslashish strategiyalari ham mavjud. Tuzga chidamli o‘simlik navlarini yaratish uchun turli darajadagi sho‘rlanish stressiga o‘simliklarning ta‘siri va javoblarini har tomonlama tushunish va molekulyar, fiziologik va biokimyoviy usullarni birlashtirgan kompleks yondashuv zarur. Ushbu maqolada sho‘rlanishning o‘simliklarga turlicha ta‘sirilarini ko‘rib chiqamiz.

Kalit so‘zlar: tuproq sho‘rlanishi, tuz stressi, osmotik stress, ion toksikligi, fotosintez, oksidlovchi stress, sho‘rga chidamlilik, g‘o‘za.

Аннотация. В настоящее время во всём мире уровень засоления почв с каждым годом неуклонно возрастает. Основными причинами данного процесса являются нерациональное использование водных ресурсов при орошении, применение неэффективных агротехнических приёмов, в том числе несбалансированное внесение удобрений, а также изменения климата, что в совокупности приводит к поэтапному увеличению засоления сельскохозяйственных угодий. Засоление почв является одним из ключевых абиотических факторов, ограничивающих рост растений, вызывая нарушение ионного баланса, осмотический и окислительный стресс, а также снижение доступности питательных веществ.

Солевой стресс оказывает негативное влияние на все аспекты роста и развития растений, приводя к уменьшению сырой и сухой массы корней, стеблей и листьев. Кроме того, он ограничивает расширение листовой поверхности, изменяет морфологию листьев, снижает интенсивность фотосинтеза и нарушает ионный гомеостаз, что, в конечном итоге, вызывает метаболический дисбаланс и усиление окислительного стресса. В результате наблюдается снижение урожайности и наносится существенный ущерб сельскому хозяйству.

В то же время растения обладают рядом морфологических и молекулярных адаптационных стратегий, обеспечивающих устойчивость к засолению. Для создания солеустойчивых сортов растений необходимо всестороннее понимание реакций растений на различные уровни солевого стресса с использованием комплексного подхода, объединяющего молекулярные, физиологические и биохимические методы. В данной статье рассматриваются различные аспекты воздействия засоления на растения.

Ключевые слова: засоление почв, солевой стресс, осмотический стресс, ионная токсичность, фотосинтез, окислительный стресс, солеустойчивость, хлопчатник.

Abstract. Currently, soil salinization is increasing worldwide from year to year. This process is driven by irrational use of water resources for irrigation, improper agronomic practices, including unbalanced fertilization, and climate change, all of which contribute to the gradual expansion of salinized agricultural lands. Soil salinity is one of the major abiotic factors limiting plant growth, causing ionic imbalance, osmotic stress, oxidative stress, and reduced nutrient availability.

Salt stress adversely affects all aspects of plant growth and development, leading to a reduction in fresh and dry biomass of roots, stems, and leaves. In addition, it restricts leaf expansion, alters leaf morphology, reduces photosynthetic activity, and disrupts ionic homeostasis, ultimately resulting in metabolic imbalance and enhanced oxidative stress. Consequently, crop productivity declines, causing serious damage to agriculture.

At the same time, plants possess multiple morphological and molecular adaptation strategies that enable them to withstand salinity stress. The development of salt-tolerant plant varieties requires a comprehensive understanding of plant responses to different levels of salinity stress through an integrated approach combining molecular, physiological, and biochemical methods. This article reviews the diverse effects of salinity on plants.

Keywords: soil salinity, salt stress, osmotic stress, ion toxicity, photosynthesis, oxidative stress, salt tolerance, cotton.

Kirish. Sho‘rlanish qishloq xo‘jaligi ekinlarining unumdorligini cheklovchi abiotik omillardan biri bo‘lib, o‘simliklar unib chiqishi va hosildorligiga salbiy ta‘sir qiladi. Birlashgan Millatlar Tashkilotining Atrof-muhit bo‘yicha dasturining hisob-kitoblariga ko‘ra, tuz stressi dunyo qishloq xo‘jaligi yerlarining taxminan 20 foiziga va ekin maydonlarining 50 foiziga ta‘sir qiladi [1]. Dunyo miqyosida tuz 45 million gektardan ortiq sug‘oriladigan yerlarga ta‘sir ko‘rsatdi va tuproqdagi sho‘rlanish darajasi har yili 1,5 million gektar yerning yo‘qolishiga olib keladi. Odatda, sho‘rlangan tuproqlarning to‘yingan gidravlik o‘tkazuvchanligi $4,0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ ($\approx 40 \text{ mM NaCl}$) dan oshadi, bu o‘simliklarning o‘sishi va rivojlanishiga sezilarli ta‘sir qiladi [2]. Yuqori sho‘rlanish o‘simliklarga turli yo‘llar bilan ta‘sir qiladi, jumladan, oziqlanishning buzilishi, oksidlovchi stress, metabolik siklning o‘zgarishi, hujayra bo‘linishi va kengayishining kamayishi va genotoksiklik [3-4]. Tuzli stress ta‘sirida fotosintez, oqsil sintezi, energiya va lipidlar almashinuvi kabi asosiy jarayonlar buziladi [5]. Uzoq muddatli sho‘rlanish ionli stressni keltirib chiqaradi. Haddan tashqari natriy va xlorid o‘simlik fermentlariga salbiy ta‘sir ko‘rsatishi, hujayra shishishiga olib kelishi va energiya ishlab chiqarishning pasayishiga va boshqa fiziologik o‘zgarishlarga olib kelishi mumkin [6]. Sho‘rlangan sharoitda o‘simliklar birinchi navbatda ildiz atrofidagi tuz ionlari konsentratsiyasi va yuqori osmotik potentsial tufayli suv tanqisligini boshdan kechiradilar [7]. Bu dastlabki javob tezda, bir necha daqiqada sodir bo‘ladi. Vaqt o‘tishi bilan suvni qabul qilish qisman yoki to‘liq tiklanishi mumkin va hujayra ichidagi metabolizm asta-sekin qayta tiklanadi [8]. Keyinchalik zaharli ionlar membrana tashuvchilar orqali o‘simlik hujayralariga kirib, asta-sekin kurtaklar va barglarda to‘planib, o‘simliklarning normal metabolizmini buzadi [2,9].

O‘simliklar osmotik stress, ion zaharliligi, ozuqa moddalarining yetishmasligi va tuz stressi ostidagi kombinatsiyalangan ta‘sirlardan kuchli stressga uchrashi mumkin, buning natijasida bir qator morfologik, fiziologik, biokimyoviy, metabolik va gen-ekspressiya o‘zgarishlari sodir bo‘ladi [10,11]. Bu orqali o‘simliklar tashqi muhitning turli ta‘sirlariga nisbatan moslashadi va chidamlilik mexanizmlarni ishlab chiqaradi. Hozirda sho‘rlangan ekin maydonlarning kengayishi va bu hosildorlikka salbiy tasir qilishi sababli o‘simliklarning tuz stressiga javob berish va moslashish mexanizmlarini ochish juda muhimdir.

Tuproqning sho‘rlanish sabablari. Sho‘rlanishni kelib chiqishiga qarab, birlamchi va ikkilamchi toifalarga bo‘linishi mumkin. Birlamchi sho‘rlanish sho‘r botqoqliklar, sho‘r ko‘llar yoki tabiiy ravishda uchraydigan tuz konlari kabi tabiiy manbalardan kelib chiqadi. Birlamchi sho‘rlanishga sabab bo‘luvchi omillarga toshlarning nurashi, sayoz sho‘r yer osti suvlarining kapillyar ko‘tarilishi, dengizdan tuzni o‘z ichiga olgan shamol esgan qum, qirg‘oq bo‘ylab dengiz suvining kirib kelishi kabilarni keltirish mumkin. Ikkilamchi sho‘rlanish esa, urbanizatsiya va qishloq xo‘jaligi (sug‘oriladigan va quruq yerlarda dehqonchilik) kabi inson faoliyati natijasida yuzaga keladi. Ikkilamchi sho‘rlanishga esa inson faoliyati tufayli drenaj tizimisiz sug‘orishni amalga oshirish, o‘g‘itlardan ortiqcha foydalanish, sanoat chiqindilari, tabiiy o‘simlik qoplamini olib tashlash, yuqori yer osti suvlari sathi va sug‘orish uchun sifatsiz va sharbatga boy suvlar bilan sug‘orish sabab bo‘lishi mumkin.

Sho‘rlanishning o‘simliklarga ta’siri. Tuproqning sho‘rlanishi qishloq xo‘jaligi ekinlari hosildorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadigan eng dolzarb global tahdidlardan biridir. Bu butun dunyo bo‘ylab 800 mln gektardan ortiq ekin maydonlariga salbiy ta’sir ko‘rsatdi, bu dunyodagi umumiy qishloq xo‘jaligi yerlarining 6% dan ortig‘ini tashkil qiladi [12]. Tuproqdagi tuz miqdorining ko‘payishi sho‘rlanishga olib keladi va unga asosiy hissa qo‘shadigan tuzlar natriy xlorid (NaCl) va natriy sulfat (Na_2SO_4) [13]. Sho‘rlanish stressi urug‘larning unib chiqishiga suvning kechikib so‘rilishi va kraxmal gidrolizida ishtirok etadigan ferment α -amilaza faolligining pasayishiga sabab bo‘lishi mumkin. Sho‘rlanish tuproqning osmotik potensialini urug‘ning ichki osmotik potensialiga nisbatan pasaytiradi, bu esa urug‘larga suvning so‘rilishini cheklaydi [14]. Urug‘larning unib chiqishi α -amilaza kabi gidrolitik fermentlar tomonidan katalizlanganda sodir bo‘ladi, bu keyinchalik endospermda saqlanadigan kraxmalni o‘sayotgan embrion va ildizga energiya beradigan metabolizmga uchraydigan shakarlarga parchalaydi [15]. Ko‘pgina ekinlar uchun urug‘lar ma’lum bir sho‘rlanish chegarasida unib chiqishi mumkin bo‘lsa-da, bu urug‘ning unib chiqishini sezilarli darajada kechiktiradi. Nihol vaqtining kechikishining asosiy sabablari suv olishning kechikishi va NaCl miqdorining oshishi bilan α -amilaza faolligining pasayishi bo‘lishi mumkin [16].

O‘simlik unib chiqish va nihollik bosqichida bo‘lsa, sho‘rlanishning ta’siri kuchliroq tasi k‘orsatadi. Chunki bu bosqichlarda o‘simlik shikastlanishga ko‘proq moyil bo‘ladi [17]. Tuz stressi natriy (Na^+) va xlorid ionlarining (Cl^-) ko‘payishi natijasida yuzaga keladigan suv stressi, ozuqaviy muvozanat va sitotoksiklik kabi boshqa turli xil stresslarni kiritish orqali o‘simliklarning o‘sishi va rivojlanish bosqichlariga ziyon yetadi. O‘simliklarga bevosita ta’siri bilan bir qatorda, sho‘rlanish ko‘pincha reaktiv kislorod turlarining (ROS) haddan tashqari ko‘p to‘planishiga olib keladi, ular o‘simlik hujayralarining boshqa muhim komponentlari bilan o‘zaro ta’sir qilishi va o‘simliklarda DNK shikastlanishi, lipid

peroksidlanishi, fermentlarning inaktivatsiyasi, oqsil oksidlanishi, gormonlar va ozuqaviy nomutanosiblik kabi oksidlovchi zararga olib kelishi mumkin [18].

Umuman olganda, tuproq sho‘rlanish stressi uchta asosiy yo‘l orqali o‘simliklarning o‘sishi va hosildorligiga salbiy ta‘sir qiladi. Birinchidan, ortiqcha tuz konsentratsiyasi osmotik suv stressini keltirib chiqaradi. Ikkinchidan, yuqori darajadagi natriy va xlorid ionlarining mavjudligi o‘ziga xos ion toksikligini keltirib chiqaradi. Nihoyat, Na^+ va Cl^- ionlarining ko‘pligi ozuqa ionlarining muvozanatini buzadi, buning natijasida K^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} va boshqalar kabi muhim ionlarning so‘rilishi kamayadi [19].

Bundan tashqari, Na^+ ning yuqori miqdori kationlar raqobati tufayli K^+ , Ca^{2+} va Mg^{2+} kabi boshqa ionlarning mavjudligini kamaytiradi, bu esa ozuqa moddalarining yetishmasligiga olib kelishi mumkin [20]. Mg^{2+} muhim oziq moddasi sifatida xlorofill ishlab chiqarishga hissa qo‘shadi. Demak, tuproq sho‘rlanishi tufayli Ca^{2+} va Mg^{2+} ning kam singishi g‘o‘za o‘simliklarining o‘sishi va rivojlanishiga salbiy ta‘sir ko‘rsatishi mumkin. Kaliy g‘o‘zaning o‘sishi, ozuqa moddalarining tarqalishi, zararkunandalar va kasalliklarga chidamliligi uchun juda muhimdir. Past K tuproqda Na^+ qisman K^+ o‘rnini bosishi va o‘xshash jismoniy va kimyoviy tuzilishi tufayli o‘simliklarning o‘sishiga yordam berishi mumkin. Biroq, NaCl ning yuqori konsentratsiyasida kaliyning paxta o‘simliklari uchun selektivligi sezilarli darajada kamayadi. Na^+ konsentratsiyasi ma‘lum bir chegaradan oshib ketganda, u K^+ bilan transport va bog‘lanish joylari uchun raqobatlashadi, bu esa kaliyning kamayishiga olib keladi. G‘o‘za barglarida kaliy yetishmovchiligi xlorofill va fotosintezning kamayishiga olib keladi, Cl^- ning haddan tashqari so‘rilishi NO_3^- va H_2PO_4^- ni qabul qilinishini cheklab qo‘yishi muimkin.

Tuz stressi g‘o‘za o‘simliklaridagi transpiratsiya tezligi, barg harorati, osmotik potentsial va suv holati, fotosintetik faollik va barglarning [umumiy suv tarkibiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi](#) [21]. U fotosintezga ikkita zararli ta‘sir ko‘rsatadi [22]. Birinchidan, u o‘simliklarning stomatalarini yopilishiga olib keladi. bu esa ularning hujayralarida CO_2 darajasini pasaytiradi [23]. Ikkinchidan, u fotosintetik membranalarga zarar etkazadi va CO_2 yutilish qobiliyatini pasaytiradi. [Bundan tashqari, tuz stressi tilakoid](#) membranada joylashgan pigment-oqsil kompleksining ishlashiga to‘sqinlik qiladi [24]. Paxtada tuz stressi fotosintez tezligini boshqaradigan muhim ferment [RuBisCO ga ham ta‘sir qiladi](#) [25]. Tuz stressi [RuBisCO](#) faolligini pasaytiradi va ribuloza-1,5-bisfosfatning yangilanishiga to‘sqinlik qiladi, shu bilan paxta o‘simliklarining CO_2 ni qabul qilish va undan foydalanish intensevligiga ta‘sir qiladi [26].

O‘simlikning tuz stressiga bo‘lgan javoblari ikkita asosiy bosqichga bo‘lingan. Birinchi bosqichda bir necha daqiqadan bir necha kungacha o‘shish davomida ionga bog‘liq bo‘lmagan pasayish sodir bo‘ladi, bu esa stomatalarning yopilishiga va asosan otish zonasida hujayra kengayishiga to‘sqinlik qilishga olib keladi [27]. Bir necha kun yoki hatto hafta o‘tgach ikkinchi faza boshlanadi va sitotoksik ionlar darajasining oshishiga olib

keladi. Keyinchalik u metabolik jarayonlarning sekinlashishiga, erta qarishga va oxir-oqibat organizm o‘limiga olib keladi [2].

Abiotik stressga chidamlilik osmotik, ion va to‘qimalarga bardoshlik kabi turli molekulyar va fiziologik mexanizmlarni yig‘ish orqali nazorat qilinadi [28].

Xulosa. Sho‘rlanish o‘simliklarning o‘sishi, rivojlanishi va hosildorligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatuvchi asosiy ekologik stress omillaridan biridir. Tuproqdagi ortiqcha tuzlar o‘simliklarda osmotik stress, ion toksikligi va oziqa elementlar muvozanatining buzilishiga olib keladi, natijada fotosintez jarayoni susayadi, metabolik faollik pasayadi hamda fiziologik jarayonlar izdan chiqadi. Sho‘rlanish sharoitida o‘simliklarda oksidlovchi stress kuchayib, hujayra membranalari va ferment tizimlari shikastlanadi. Sho‘rlanish o‘simliklar uchun murakkab fiziologik stress hisoblanib, u ikki bosqichli salbiy ta‘sir mexanizmiga ega. Birinchi navbatda, tuproq eritmasidagi yuqori konsentratsiya osmotik bosimni oshirib, ildiz tizimining suvni so‘rish qobiliyatini pasaytiradi. Ikkinchi bosqichda esa, hujayralarda Na⁺ va Cl⁻ ionlarining ortiqcha to‘planishi ionli toksiklikni keltirib chiqaradi. Bu jarayonlar barglardagi xlorofill miqdorining kamayishiga, fotosintez tezligining susayishiga va oqsil sintezining buzilishiga olib keladi.

Shu bilan birga, ayrim o‘simliklar sho‘r sharoitga moslashish uchun ionlarni vakuolalarda to‘plash, osmoregulyator moddalarning sintezini kuchaytirish hamda antioksidant himoya mexanizmlarini faollashtirish kabi strategiyalarni rivojlantiradi. So‘nggi yillarda olib borilgan molekulyar-genetik tadqiqotlar sho‘rga chidamlilik bilan bog‘liq genlar, jumladan, signal uzatish, ion transporti va ikkilamchi metabolizmga ishtirok etuvchi genlarning muhim rolini ko‘rsatmoqda.

Xulosa qilib aytganda, sho‘rlanish muammosini chuqur o‘rganish, sho‘rga chidamli nav va genotiplarni olish hamda zamonaviy biotexnologik usullarini qo‘llash qishloq xo‘jaligi barqarorligini ta‘minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Bu esa global iqlim o‘zgarishi sharoitida oziq-ovqat xavfsizligini ta‘minlashda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

ADABIYOTLAR RO‘YHATI

1. Flowers, T.J. and Yeo, A.R. (1995) Breeding for salinity resistance in crop plants: where next? Aust. J. Plant Physiol. 22, 875-884.
2. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651-681.
3. Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51, 463-499.
4. Zhu, J.-K. (2007). Plant Salt Stress: John Wiley & Sons, Ltd.

5. Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60 (3), 324-349.
6. Larcher, W. (1980). Physiological plant ecology. In 2nd totally rev. edition ed., (pp. 303). Berlin and New York: Springer-Verlag.
7. Pérez-Alfocea, F.; Ghanem, M.E.; Gómez-Cadenas, A.; Dodd, I.C. Omics of root-to-shoot signaling under salt stress and water deficit. *OMICS: J. Integr. Biol.* 2011, 15, 893–901.
8. Boopal, J.; Sathee, L.; Ramasamy, R.; Pandey, R.; Chinnusamy, V. Influence of Incremental Short Term Salt Stress at the Seedling Stage on Root Plasticity, Shoot Thermal Profile and Ion Homeostasis in Contrasting Wheat Genotypes. *Agriculture* 2023, 13, 1–20.
9. Liu, C.Y.; Zhao, Y.J.; Zhao, X.Q.; Wang, J.P.; Gu, M.M.; Yuan, Z.H. Transcriptomic profiling of pomegranate provides insights into salt tolerance. *Agronomy* 2020, 10, 44.
10. Li, Q. The Metabolism, Detrimental Effects, and Signal Transduction Mechanism of Reactive Oxygen Species in Plants under Abiotic Stress. *J. Biobased Mater. Bioenergy* 2024, 18, 359–376.
11. Acosta-Motos, J.R.; Ortuño, M.F.; Bernal-Vicente, A.; Diaz-Vivancos, P.; Sanchez-Blanco, M.J.; Hernandez, J.A. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agronomy* 2017, 7, 18.
12. Roy, R. N., Finck, A., Blair, G., Tandon, H. (2006). “Plant nutrition for food security,” in A guide for integrated nutrient management, vol. 16 368. (FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin), Rome, Italy.
13. Pessarakli, M., Szabolcs, I. (2019). “Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors,” in Handbook of plant and crop stress, 4th ed. (CRC press), London, UK. 3–21.
14. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*. 25 (2), 239–250.
15. Weiss, D., Ori, N. (2007). Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. *Plant Physiol.* 144 (3), 1240–1246.
16. Kaneko, M., Itoh, H., Ueguchi-Tanaka, M., Ashikari, M., Matsuoka, M. (2002). The α -amylase induction in endosperm during rice seed germination is caused by gibberellin synthesized in epithelium. *Plant Physiol.* 128 (4), 1264–1270.
17. Munns, R., Gilliam, M. (2015). Salinity tolerance of crops—what is the cost”. *New Phytol.* 208 (3), 668–673.
18. Hasanuzzaman, M., Raihan, M. R. H., Masud, A. A. C., Rahman, K., Nowroz, F., Rahman, M., et al. (2021). Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity. *Int. J. Mol. Sci.* 22 (17), 9326.

19. Greenway, H., Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31 (1), 149–190.
20. Munns, R., Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59 (1), 651–681.
21. H. Liu, C. Xiao, T. Qiu, J. Deng, H. Cheng, X. Cong, S. Cheng, S. Rao, Y. Zhang Selenium regulates antioxidant, photosynthesis, and cell permeability in plants under various abiotic stresses: a review *Plants*, 12 (2023), p.
22. P. Singh, V. Kumar, J. Sharma, S. Saini, P. Sharma, S. Kumar, Y. Sinhmar, D. K umar, A. Sharma Silicon supplementation alleviates the salinity stress in wheat plants by enhancing the plant water status, photosynthetic pigments, proline content and antioxidant enzyme activities *Plants*, 11 (2022), p. 2525
23. E. Yildirim, M. Ekinci, M. Turan, G. Ağar, S. Ors, A. Dursun, R. Kul, G. Akgül Physiological and biochemical changes of pepper cultivars under combined salt and drought stress *Gesunde Pflanzen*, 74 (2022), pp. 675-683
24. D.B. Sghaier, S. Pedro, B. Duarte, I. Caçador, N. Sleimi Photosynthetic responses of two salt-tolerant plants, *Tamarix gallica* and *Arthrocnemum indicum* against arsenic stress: a case study *Arsenic in Plants: Uptake, Consequences and Remediation Techniques* (2022), pp. 129-152
25. Q. Li, R. Liu, Z. Li, H. Fan, J. Song Positive effects of NaCl on the photoreaction and carbon assimilation efficiency in *Suaeda salsa* *Plant. Physiol. Biochem.*, 177 (2022), pp. 32-37
26. A. Bhattacharya Effect of low temperature stress on photosynthesis and allied traits: a review *Physiological Processes in Plants Under Low Temperature Stress*, Springer, Singapore (2022), pp. 199-297
27. Munns, R., Passioura, J. (1984). Hydraulic resistance of plants. III. effects of NaCl in barley and lupin. *Funct. Plant Biol.* 11 (5), 351–359.
28. Rajendran, K., Tester, M., Roy, S. J. (2009). Quantifying the three main components of salinity tolerance in cereals. *Plant Cell Environ.* 32 (3), 237–249.