SCIENCE HUB REVIEW
2026
Volume 1
Issue 4
www.sciencehubreview.uz
ILMIY ELEKTRON JURNAL

# MEVALI BOĞLARDA KREMNIY VA ASKORBIN KISLOTASINING ÖSIMLIK RIVOJLANIŞIGA TA'SIRI

***Şamsiddinov Quvonçbek Azamatoviç***
***Agrotexnika bölimi boşliği***
***Yaraşev Komil Naimjonoviç***
***Seleksiya bölimi boşliği***
***Akademik Mahmud Mirzayev nomidagi Boğdorçilik, uzumçilik va vinoçilik ilmiy-tadqiqot institutining Navoiy ilmiy-tajriba stansiyasi***

***Annotatsiya***
*Maqolada kremniy va askorbin kislotasining mevali ösimliklar rivojlanişiga ta'siri fiziologik mexanizmlar hamda tajriba dalillari asosida tahlil qilindi. Olma, şaftoli, mango va tokda bajarilgan tadqiqotlar ösiş, suv holati, fotosintez, antioksidant himoya, hosil va meva sifati böyiça qiyoslandi. Kremniyning samarasi uning kimyoviy şakli, özlaştirilişi va stress şaroitiga; askorbin kislotasiniki esa konsentratsiya, işlov muddati hamda genotipga boğliqligi körsatildi. Ayrim tajribalarda fotosintez va meva sifati yaxşilangani vegetativ ösişning bir xil kuçayişi bilan kuzatilmagan. Köçat, ajratilgan barg va hosilga kirgan daraxt natijalari alohida talqin qilindi. Ikki moddaning birgalikdagi ta'sirini tekşiriş uçun nazorat, kremniy, askorbin kislotasi va qöşma işlovdan iborat faktorli tajriba loyihasi taklif etildi. Maqola adabiyotlar tahliliga asoslangan; keltirilgan dozalar manbalardagi tajriba şaroitlarini bildiradi va barça boğlar uçun tayyor me'yor hisoblanmaydi.*

***Kalit sözlar***
*kremniy, askorbin kislotasi, mevali boğ, fotosintez, oksidlovçi stress, antioksidant himoya, qurğoqçilik, şörlaniş, meva sifati.*

## Kiriş

Mevali daraxtning rivojlanişi novda uzayişi bilangina baholanmaydi. Ildiz faoliyati, barglarning fotosintezi, gul va meva hosil bölişi hamda yiğimdan keyingi tiklaniş özaro boğlangan jarayonlardir. Suv yetişmasligi va yuqori harorat uşbu boğliqlikni buzişi mumkin. Şuning uçun qöşimça moddaning foydasini aniqlaşda ösiş belgisi bilan birga stress darajasi va mahsulot natijasi ham kuzatiladi.

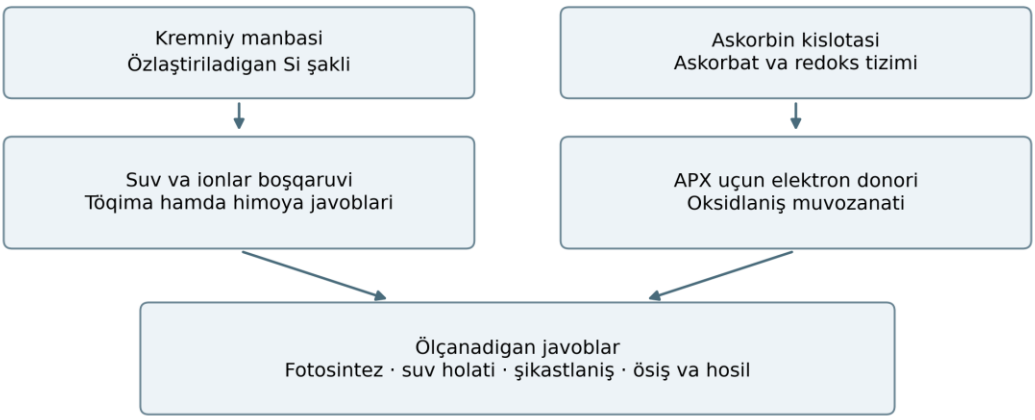
Kremniy köpçilik mevali ekinlar uçun azot yoki kaliy kabi majburiy oziqa elementi sifatida tasniflanmaydi, biroq muayyan şaroitlarda foydali ta’sir körsatişi mumkin [1]. Askorbin kislotasi esa ösimlikning özida sintezlanadigan redoks faol metabolitdir [3]. Uşbu işning maqsadi ularning ta’sirini tenglaştirmasdan tahlil qiliş va Navoiy boğlarida tekşirilişi mumkin bölgan ilmiy yondaşuvni şakllantirişdir.

**Tahlil usuli va fiziologik asoslar**

Iş maqsadli narrativ şarh sifatida tayyorlandi. 2026-yil 31-oktabrgaça oçiq tavsifi mavjud, DOI bilan aniqlanadigan ilmiy manbalar tanlandi. Birlamçi tajribalarda ekin, ösimlik yoşi, stress turi, preparat şakli, konsentratsiya va baholangan natija soliştirildi. Fundamental manbalar mexanizmni tuşuntiriş uçun işlatildi. Turli tajribalardagi foizlar birlaştirilmadi; iş meta-tahlil yoki töliq tizimli şarh da’vosini bildirmaydi.

Ildiz kremniyni asosan eritmadagi zaryadsiz ortokremniy kislotasi — $Si(OH)_4$ — şaklida qabul qiladi. Tuproqdagi umumiy kremniy köpligi uning ösimlikka yetarli miqdorda ötişini anglatmaydi [1]. Şolida aniqlangan Lsi1 taşuvçisi kremniy özlaştirilişining molekulyar asosini körsatgan [2]. Biroq şolining töplaş qobiliyatini olma yoki şaftoliga töğridan-töğri köçiriş ilmiy jihatdan asosli emas.

1-rasm. Kremniy va askorbin kislotasi ta’sirini talqin qiliş sxemasi. [1–3, 5, 7] asosida umumlaştirildi. Çiziqlar mexanistik boğliqlikni bildiradi; ular samaradorlik miqdori yoki barça turlarda isbotlangan bir xil javobni ifodalamaydi.




Askorbat peroksidaza (APX) askorbatdan elektron olib, vodorod peroksidini zararsizlantirişda qatnaşadi. Oksidlangan askorbat qayta tiklanadigan fermentativ yöllar glutation va qaytaruvçi ekvivalentlar bilan boğlangan. Askorbat–glutation tizimi hujayrada oksidlaniş va qaytariliş muvozanatini saqlaydi. Reaktiv kislorod şakllari signal

vazifasini ham bajaradi; şu bois barça oksidlovçi signallarni çeksiz kamaytiriş biologik maqsad emas [3].

Kremniyning himoya ta'sirini askorbat singari bevosita elektron beriş bilan tuşuntiriş töğri emas. U ösimlikning suv va oziqa rejimi, töqima xususiyatlari hamda himoya javoblariga ta'sir qilişi mumkin [1, 5]. Taşqaridan berilgan askorbin kislotasining natijasi esa bargga tuşgan eritma miqdori bilan ölçanmaydi: fiziologik javob va şikastlaniş belgilarini ham tekşiriş zarur.

**Kremniy böyiça mevali ekinlardan olingan dalillar**

Świerczyński va hammualliflar olmaning uç navida kremniy bilan beş marta bargdan oziqlantirişni tekşirgan. 300 mg $SiO_2$/L variantida hosilning taxminan 12 foiz oşişi qayd etilgan, ammo baholangan vegetativ ösiş körsatkiçlari yaxşilanmagan [4]. Demak, hosil javobi bilan novda yoki daraxt ösişini bir xil natija deb bölmaydi. Uşbu foiz tajriba doirasiga tegişli bölib, boşqa boğning kutiladigan samarasi emas.

1-jadval. Kremniy böyiça tanlangan tajribalar va ularni qöllaş çegarasi

| Ekin va manba | Tajriba xususiyati | Asosiy dalil va çeklov |
|---|---|---|
| Olma [4] Gala Schniga, Ligol, Topaz | 100, 200, 300 mg $SiO_2$/L; bargdan 5 işlov; ekilgandan keyingi 3-yil | Hosil va ayrim sifat belgilarida foyda; vegetativ ösiş böyiça ijobiy natija aniqlanmagan |
| Şaftoli nihollari [5] | Natriy silikat; PEG6000 iştirokidagi nazorat qilinadigan stress modeli | Fotosintez, ildiz va himoya javoblari yaxşilangan; modeldagi stress dala qurğoqçiligi bilan aynan bir xil emas |
| Mango [6] | Kaliy silikat va suv taqçilligi variantlari; uç nav | Fiziologik holat va meva sifati böyiça ijobiy javob; tropik tur natijasini mahalliy danakli ekinlarga köçiriş çeklangan |

Gao va hammualliflar şaftoli nihollarida kremniy bilan boğliq özgarişlarni fiziologik ölçovlar hamda transkriptom tahlili orqali örgangan. Ildiz rivojlanişi, fotosintez va ayrim himoya tizimlari bilan birga gormonlar, şakarlar va aminokislotalar almaşinuvida özgarişlar topilgan [5]. Gen ifodasi bilan fiziologik javobning birga özgarişi mexanizm haqida dalil beradi, biroq har bir genning sababiy rolini alohida tasdiqlamaydi.

Mango tadqiqotida kaliy silikat bilan işlov suv taqçilligidagi fiziologik körsatkiçlar va meva sifatiga ijobiy ta'sir körsatgan [6]. Manbada berilgan natijalar kremniyni istiqbolli omil sifatida körişga asos böladi. Biroq silikat tarkibidagi kaliy ham oziqa elementi

bölgani sababli, yangi mahalliy tajribada kaliy miqdori tenglaştirilgan nazorat qöşiş ta’sirni töğri ajratişga yordam beradi.

**Ösişning qaysi qismi özgarganini aniqlaş**

Barg maydoni ortişi, fotosintez saqlanişi va hosilning köpayişi özaro boğliq bölsa-da, alohida körsatkiçlardir. Masalan, köproq barg hosil qilgan daraxt yuqori hosil yuklamasida meva ölçamini saqlamasligi mumkin. Şuning uçun kremniy bahosida daraxt tanasining kesim yuzasi, joriy yil novdasi, meva soni va sotiladigan hosil birgalikda qayd etilişi taklif qilinadi.

Şarhdagi dalillar kremniyning har bir boğda vegetativ ösişni kuçaytirişini tasdiqlamaydi. Eng foydali ilmiy savol qaysi çeklovçi şaroitda, qaysi nav va qaysi şakl qöllanganda amaliy natija yuzaga kelişini aniqlaşdir.

**Askorbin kislotasi böyiça tajriba natijalari**

Penella va hammualliflar bir yoşli şaftolida 250 ppm askorbin kislotasini bir yoki ikki marta purkagan. Suv beriş tiklangandan keyin fotosintezning tiklanişi navga boğliq bölgan: Scarletprince va CaroTiger bir xil javob bermagan. Ikkalasida ham membrana zararlanişi kamayişi qayd etilgan [7]. Bu natija köçatning stressdan çiqişiga tegişli; hosilga kirgan boğdagi hosildorlik oşişi sifatida talqin qilinmaydi.

2-jadval. Askorbin kislotasi bilan işlov böyiça dalillar

| Obyekt va manba | Manbadagi şaroit | Natijani talqin qiliş |
|---|---|---|
| Şaftoli [7] | 250 ppm; 1 yoki 2 barg işlovi; suv taqçilligi va qayta suğoriş | Fotosintez tiklanişi navga boğliq; yoş daraxt modeli |
| Olma Red Topaz [8] | 0,5 mM; 37 °C da 1 soat issiqlik sinovi | Fotosintez apparatining ayrim körsatkiçlari yaxşilangan; mavsumiy dala hosili bahosi emas |
| Olma Red Spur [9] | Askorbin va limon kislotalari alohida hamda birga; 0, 200, 400 mg/L | Meva sifati va antioksidant körsatkiçlar özgargan; qöşma variant ta’sirini faqat askorbatga boğlab bölmaydi |
| Tok nav va payvandtaglari [10] | 2, 4, 6 mM; idiş tajribasi; 25 yoki 50 mM NaCl | Suv holati, pigment va ösiş javobi genotipga boğliq; boğ tuproğidagi şörlanişga tayyor me’yor emas |

Olma barglarining qisqa issiqlik sinovida askorbin kislotasi fotosintezning fotokimyoviy jarayonlariga ijobiy ta’sir körsatgan [8]. Bunday sinov issiqqa javob mexanizmini örganiş uçun foydali. Ammo bir soatlik nazorat qilinadigan şaroit köp

kunlik issiq tölqini, tuproq namligi va tun haroratining birgalikdagi ta’sirini töliq takrorlamaydi.

Red Spur olmasida askorbin va limon kislotalari qöllangan tajriba mevaning biokimyoviy sifati özgarişi mumkinligini körsatadi [9]. Meva antioksidant faolligi ortişi daraxtning ildiz ösişi yoki hosil oğirligi ham ortganini anglatmaydi. Mahalliy baholaşda qaysi natija ustuvor ekani tajriba boşlanişidan oldin belgilanadi.

Tok böyiça tadqiqot 140 Ruggeri va 1103 Paulsen payvandtaglari hamda Yaghouti va Sultana navlarini soliştirgan. Tuz stressiga çidamlilik va askorbatga javob genotiplar örtasida farqlangan [10]. Bu mevali boğlarda ham nav–payvandtag kombinatsiyasini tajriba omili sifatida hisobga oliş zarurligini körsatadi. Jadvaldagi konsentratsiyalar işlab çiqariş uçun universal purkaş tavsiyasi emas.

**Konsentratsiya va qöşma işlovni ilmiy talqin qiliş**

Preparat nomi bilan faol modda miqdorini ajratiş kerak. mg Si/L, mg $SiO_2$/L va mg silikat tuzi/L bir xil yozuv emas. Masalan, sof $SiO_2$ massasidagi elementar Si uluşi taxminan 0,467 ga teng; 300 mg $SiO_2$ nazariy jihatdan qariyb 140 mg Si ga mos keladi. Bu stexiometrik hisob eruvçanlik yoki ösimlik özlaştiriş darajasini bildirmaydi. Tijorat mahsulotining tarkibi va ifoda birligi alohida tekşiriladi.

Askorbin kislotasi uçun molyar massa 176,12 g/mol bölsa, 1 mM eritma 176,12 mg/L ga teng. Şunga köra, 0,5 mM taxminan 88,06 mg/L; 2 mM esa 352,24 mg/L böladi. Suyultirilgan suvli eritmada 250 ppm qiymati taxminan 250 mg/L, ya’ni 1,42 mM ga mos keladi. Bu hisoblar manbalarni taqqoslaş uçundir; preparat sarfi yoki qöllaş yöriqnomasini almaştirmaydi.

**Nima uçun doza böyiça yagona xulosa çiqarilmaydi**

Bir tadqiqotdagi past va boşqasidagi yuqori konsentratsiyani töğridan-töğri soliştirib, kuçliroği yaxşiroq degan xulosa çiqariş mumkin emas. Purkalgan eritma hajmi, barg yuzasi, namlaniş, işlov soni va ösimlik yoşi farq qiladi. Şu bois mahalliy protokolda konsentratsiya bilan birga bir daraxtga ketgan eritma va faol modda miqdori ham yozilişi taklif etiladi.

Eritmaning pH qiymati, suv sifati va yordamçi moddalari natijani çalkaştirişi mumkin. Kaliy yoki natriy silikat sinovida şu ionlar hissasini nazorat qiliş, askorbat bilan işlovda

esa eritma muhitini qayd etiş kerak. Bir xil barg namlanişini ta’minlaydigan suvli nazorat tajriba sifatini oşiradi. Taşuvçi yoki qöşimça modda işlatilsa, u nazorat variantida ham mos miqdorda bölişi zarur.

**Birgalikda beriş va sinergiya örtasidagi farq**

Kremniy va askorbin kislotasi turli yöllar orqali stress javobiga ta’sir qilişi mumkin. Şu asosda ularni birgalikda sinaş ilmiy gipoteza böla oladi. Biroq alohida tadqiqotlardagi ijobiy natijalar ularning aralaşmasi albatta kuçliroq işlaşini isbotlamaydi. Uşbu şarhga kiritilgan mevali ekin dalillari asosida qöşma işlov uçun universal sinergiya yoki optimal nisbat belgilanmaydi.

Sinergiyani tekşiriş uçun ikkala modda alohida va birga, bir xil şaroitda taqqoslanadi. Qöşma variantning nazoratdan yuqori bölişi yetarli emas: tanlangan ölçov şkalasida alohida ta’sirlardan kutiladigan javob bilan ham taqqoslaş kerak. Faktorlar özaro ta’siri statistik modelda baholanadi; ijobiy natija faqat tekşirilgan doza, nav va şaroit doirasida talqin qilinadi.

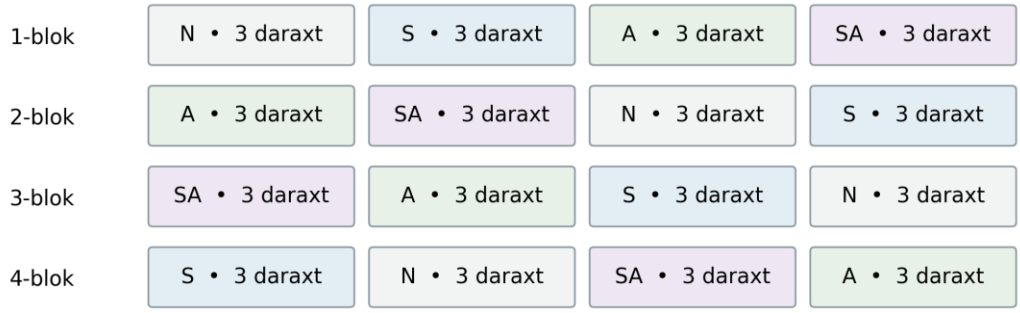
Birgalikdagi biologik ta’sir eritmalarni bitta bakda aralaştirişga teng emas. Mahsulotlarning mosligi va yorliq talabi tekşirilmasdan aralaşma tavsiya qilinmaydi. Dastlab kiçik sinovda barg kuyişi, doğ, ösiş töxtaşi yoki boşqa fitotoksik alomatlar kuzatiladi. Kuzatuv natijasi qoniqarsiz bölsa, işlov keng maydonga yoyilmaydi.

**Navoiy şaroitida tekşiriş uçun tajriba loyihasi**

Quyidagi loyiha ötkazilgan tajriba hisoboti emas. U bir xil nav, payvandtag va yoşdagi boğda qöşimça işlov ta’sirini baholaş uçun taklif etiladi. Dastlab tuproq va suğoriş suvi holati, daraxtning boşlanğiç ösişi va oziqlanişi tekşiriladi. Keskin drenaj yoki suv ta’minoti muammosi mavjud bölsa, avval şu çeklov bartaraf etiladi; biostimulyator bunday nuqsonni yaşiriş vositasi bölmaydi.

Asosiy tuzilma ikki omilli 2 × 2 tajribadir: kremniy yöq yoki bor, askorbin kislotasi yöq yoki bor. Natijada N — nazorat, S — kremniy, A — askorbin kislotasi, SA — qöşma variant olinadi. Aniq preparat va doza kiçik moslik sinovi hamda mahsulot talabi asosida tanlanadi. Har bir variantdagi suv, oziqa, kesiş va hosil yuklamasi imkon qadar bir xil saqlanadi.

2-rasm. Taklif etilayotgan blokli tajribaning namunaviy joylaşuvi. N — suvli nazorat; S — kremniy; A — askorbin kislotasi; SA — qöşma işlov. Joylaşuv har bir blokda tasodifiy belgilanadi. Bu sxema haqiqiy tajriba yoki olingan natijalarni ifodalamaydi.




4 blok × 4 variant × 3 daraxt = 48 hisob daraxti

Rasmda har bir variant uçta hisob daraxtidan iborat uçastka sifatida körsatilgan. Tört blokdagi 16 uçastka jami 48 hisob daraxtini taşkil etadi; himoya daraxtlari bunga kirmaydi. Purkaş uçastkaga berilsa, statistik tajriba birligi uçastka böladi. Undagi uç daraxt va köplab barg ölçovlari mustaqil takrorlar sifatida sun’iy köpaytirilmaydi. Zarur takror soni kutiladigan farq va özgaruvçanlik böyiça aniqlaştiriladi.

Boşlanğiç ölçov işlovdan oldin, keyingi ölçovlar bir xil fenologik bosqiç va kun vaqtida olinadi. Bir xil barg holati va toj tomoni tanlanişi ölçovlar orasidagi farqni kamaytiradi. Suv stressi tadqiqot maqsadi bölsa, suğoriş alohida omil sifatida rejalaştiriladi; tasodifiy suv uzilişini nazorat qilinadigan stress deb hisoblaş mumkin emas.

Daraxtning mavsumiy javobini köriş uçun kamida ikki vegetatsiya davrida tekşiriş maqsadga muvofiq. Bir yillik natija keyingi yildagi gullaş va hosilga ta’sirni töliq körsatmaydi. Xöjalikda boşqa navlar mavjud bölsa, ularning ma’lumotlari aralaştirilmaydi: nav ta’siri alohida tahlil qilinadi yoki alohida tajriba taşkil etiladi.

**Baholaş körsatkiçlari va xulosalar**

3-jadval. Ta’sirni baholaşda birgalikda kuzatiladigan körsatkiçlar

| Yönaliş | Körsatkiç misoli | Talqin mezoni |
|---|---|---|
| Ösiş | Novda uzunligi, barg maydoni, tana kesimi | Boşlanğiç ölçam va hosil yuklamasi bilan qiyoslaş |
| Suv holati | Barg nisbiy suv miqdori yoki suv potensiali | Bir xil vaqt va namlik şaroitida ölçaş |
| Fotosintez | $CO_2$ assimilyatsiyasi, xlorofill fluoresensiyasi | Xlorofill miqdorini fotosintez tezligi bilan tenglaştirmaslik |
| Şikastlaniş | Elektrolit çiqişi, lipid oksidlanişi belgisi | Antioksidant ferment faolligi bilan birga baholaş |
| Mahsulot | kg/daraxt, meva soni, ölçam va sifat | Sotiladigan mahsulot uluşi va bir xil yetilganlik |
| Amaliy samara | Preparat, mehnat va işlov xarajati | Qöşimça sifatli mahsulot qiymati bilan taqqoslaş |

Antioksidant ferment faolligining ortişi öz-özidan ösimlik soğlomlaşganini isbotlamaydi: bu kuçliroq stress javobi ham bölişi mumkin. Şuning uçun ferment, şikastlaniş va ösiş körsatkiçlari birgalikda talqin qilinadi [3, 5, 7]. Bargning suv holati yaxşilanib, hosilda farq çiqmasa, natija fiziologik samara sifatida qayd etiladi; iqtisodiy foyda deb e’lon qilinmaydi.

Ma’lumotlar bloklar va ikkala moddaning özaro ta’sirini hisobga oladigan model bilan tahlil qilinadi. Takroriy ölçovlarda ayni uçastkaning vaqt böyiça boğliqligi saqlanadi. Örtaça qiymatga qöşimça ravişda ta’sir kattaligi va işonç oraliği beriladi. Statistik ahamiyat topilmaganda, bu avtomatik ravişda ta’sir mutlaqo yöq degani emas; tajriba aniqligi va oraliq kengligi ham körsatiladi.

**Dalillardan kelib çiqadigan xulosa**

Tanlangan tadqiqotlar kremniy va askorbin kislotasi mevali ekinlarda stressga javob, fotosintez va ayrim sifat belgilarini yaxşilaşi mumkinligini körsatadi. Şu bilan birga, vegetativ ösiş, fiziologik tiklaniş va hosil bir xil darajada özgarmaydi. Nav, payvandtag, ösimlik yoşi hamda tajriba muhiti natijaning amaliy qöllanişini çegaralaydi.

Kremniy uçun modda şakli va tarkibidagi hamroh ionlar, askorbin kislotasi uçun esa konsentratsiya va işlov vaqti aniq qayd etilişi kerak. Mavjud dalillar asosida butun Navoiy viloyati uçun yagona doza yoki hosil oşiş foizini belgilaş mumkin emas. Ikki moddaning qöşma samarasi nazoratli faktorli tajribada tekşirilişi lozim.

Amaliy joriy etişning asosli ketma-ketligi — maydon çeklovlarini aniqlaş, kiçik moslik sinovi, takrorli dala bahosi va iqtisodiy hisobdir. Natija tasdiqlangandagina muayyan nav–payvandtag hamda xöjalik şaroiti uçun tavsiya işlab çiqiladi. Mazkur şarh şu tekşiruv uçun ilmiy asos beradi; mahalliy sinov örnini egallamaydi.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Pavlovic J., Kostic L., Bosnic P., Kirkby E. A., Nikolic M. Interactions of Silicon With Essential and Beneficial Elements in Plants. Frontiers in Plant Science. 2021;12:697592. DOI: 10.3389/fpls.2021.697592

2. Ma J. F., Tamai K., Yamaji N., et al. A silicon transporter in rice. Nature. 2006;440:688–691. DOI: 10.1038/nature04590

3. Foyer C. H., Noctor G. Ascorbate and Glutathione: The Heart of the Redox Hub. Plant Physiology. 2011;155(1):2–18. DOI: 10.1104/pp.110.167569

4. Świerczyński S., Zydlik Z., Kleiber T. The Influence of Foliar Nutrition of Apple Trees with Silicon on Growth and Yield as Well as Mineral Content in Leaves and Fruits. Agronomy. 2022;12(7):1680. DOI: 10.3390/agronomy12071680

5. Gao H., Yu W., Yang X., et al. Silicon enhances the drought resistance of peach seedlings by regulating hormone, amino acid, and sugar metabolism. BMC Plant Biology. 2022;22:422. DOI: 10.1186/s12870-022-03785-5

6. Helaly M. N., El-Hoseiny H., El-Sheery N. I., Rastogi A., Kalaji H. M. Regulation and physiological role of silicon in alleviating drought stress of mango. Plant Physiology and Biochemistry. 2017;118:31–44. DOI: 10.1016/j.plaphy.2017.05.021

7. Penella C., Calatayud Á., Melgar J. C. Ascorbic Acid Alleviates Water Stress in Young Peach Trees and Improves Their Performance after Rewatering. Frontiers in Plant Science. 2017;8:1627. DOI: 10.3389/fpls.2017.01627

8. Mihaljević I., Viljevac Vuletić M., Tomaš V., Zdunić Z., Vuković D. Photosynthetic responses of heat-stressed apple leaves to foliar application of salicylic and ascorbic acid. Photosynthetica. 2024;62(1):79–89. DOI: 10.32615/ps.2024.006

9. Allahveran A., Farokhzad A., Asghari M., Sarkhosh A. Foliar application of ascorbic and citric acids enhanced ‘Red Spur’ apple fruit quality, bioactive compounds

and antioxidant activity. Physiology and Molecular Biology of Plants. 2018;24:433–440. DOI: 10.1007/s12298-018-0514-7

10. Pileh F., Ebadi A., Zamani Z., et al. Improving salt stress tolerance in grapevine rootstocks and cultivars through foliar application of ascorbic acid. Scientific Reports. 2025;15:41860. DOI: 10.1038/s41598-025-25788-6

Manbalar naşriyot sahifalari va ilmiy bazalardagi tavsiflar orqali tekşirildi. Murojaat sanasi: 31.10.2026. Manbalardagi nomlar asl yozuvida saqlandi.