

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

TOMAT SORTLARININ (*Solanum lycopersicum* L.) QURACLIQ STRESİ, REHİDRATASIYA VƏ POTENSİAL BİOSTİMULYATORLARIN TƏSİRİNƏ CAVAB REAKSIYALARININ TƏDQIQI

İxtisas: 2406.02 – Biokimya

Elm sahəsi: Biologiya

İddiaçı: **Naimə Namaz qızı Niyazova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun Bioadaptasiya laboratoriyasında və İtaliya Milli Tədqiqatlar Şurasının Davamlı Bitki Mühafizəsi İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər:

Biologiya elmləri doktoru, professor,
AMEA-nın həqiqi üzvü
İradə Məmməd qızı Hüseynova

Dr. Biancaelena Maserti

Rəsmi opponətlər:

Biologiya elmlər doktoru, professor
Ziyəddin Mahmud oğlu Məmmədov

Biologiya elmlər doktoru, professor
Ramiz Tağı oğlu Əliyev

Biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Yaşar Adil oğlu Ömərov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.25 Dissertasiya Şurası.

Dissertasiya şurasının
sədri:

Biologiya elmləri doktoru, professor
Səftər Yusif oğlu Süleymanov

Dissertasiya şurasının
elmi katibi:

Biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Səmirə Məhəmmədrəhim qızı Rüstəмова

Elmi seminarın sədri:

Biologiya elmləri doktoru, dosent
Şahniyar Mikayıl oğlu Bayramov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Müasir dövrdə getdikcə artmaqda olan global iqlim dəyişiklikləri cəmiyyəti, iqtisadiyyatı və ekosistemləri əhatə edən çoxsaylı bir-birilə əlaqəli problemlərin meydana çıxmasına və daha da intensivləşməsinə gətirib çıxarmaqdadır. Qlobal iqlim dəyişiklikləri fonunda dünyanın əksər regionlarında, eləcə də ölkəmizdə yağıntılarının normadan aşağı düşməsi və temperaturun artması quraqlığın intensivləşməsinə səbəb olmuşdur. Quraqlıq dünya miqyasında kənd təsərrüfatı sahəsində istehsalın kəskin azalmasına və dünya əhalisinin qida çatışmamazlığı ilə üzləşməsinə səbəb olacaq əsas təhlükələrdən biri hesab olunur. Hazırda quraqlıq səbəbiylə getdikcə artmaqda olan məhsul itkisi ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsi baxımından böyük narahatlığa səbəb olur.

Dünya miqyasında qida əhəmiyyətinə və tərkibində müxtəlif üzvi turşular, vitaminlər, antioksidant maddələr olması baxımından kənd təsərrüfatı sahəsində ən çox becərilən və iqtisadi cəhətdən böyük əhəmiyyətə malik tərəvəz bitkilərindən biri tomatdır¹. BMT-nin Ərzaq və Kənd Təsərrüfatı Təşkilatının məlumatlarına əsasən, onun illik global istehsalı 189.1 milyon ton təşkil edir². Bu bitki ölkəmizdə də kənd təsərrüfatı istehsalı baxımından tərəvəzçilik sahəsində böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu baxımdan tomat bitkisinin virus, bakteriya, fitopatogen göbələk infeksiyaları, quraqlıq, duzluluq, ağır metallar kimi ətraf mühitin stres faktorlarına davamlılığın artırılması və məhsul itkisinin minimum həddə çatdırılması həm əhalinin ərzaq təhlükəsizliyinin təmin edilməsi, həm də iqtisadi itkinin qarşısının alınması cəhətdən böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Tomat bitkisi ontogenezin bütün mərhələlərində quraqlığın mənfi təsirinə məruz qalır. Quraqlıq tomat bitkisinin böyümə və inkişafına, məhsuldarlığına mənfi təsir göstərir, məhsulun

¹ Liu W. *Solanum lycopersicum*, a model plant for the studies in developmental biology, stress biology and food science. / W. Liu, K. Liu, D. Chen, Z. Zhang, B. Li, M.M. El-Mogy [et al.] // Foods - 2022. 11 (16), 2402.

² FAO. 2022. Agricultural production statistics. 2000–2021. FAOSTAT Analytical Brief Series No. 60. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc3751en>

keyfiyyətinin azalmasına və məhsul itkisinə gətirib çıxarır³. Su defisiti şəraitində bitkidə molekulyar, biokimyəvi, fizioloji və morfoloji səviyyələrdə baş verən dəyişikliklər nəticəsində yarpaqların solması, gövdə diametrinin kiçilməsi, fotosintetik məhsuldarlığın azalması müşahidə olunur⁴.

Bu baxımdan, tomat bitkisinin quraqlıq stresinin təsiri nəticəsində baş verən biokimyəvi dəyişikliklərin və stressdən sonra bərpa proseslərinin tədqiqi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Son bir neçə onillikdə kənd təsərrüfatı bitkilərinin abiotik və biotik stres amillərinin təsiri şəraitində böyümə və inkişafının, eləcə də məhsuldarlığının artırılması məqsədilə ənənəvi kənd təsərrüfatı praktikasında müxtəlif gübrələr, funqisidlər kimi müxtəlif kimyəvi vasitələrin, eləcə də sintetik boy stimulyatorlarının, müxtəlif stres faktorların təsirindən qoruyucu agentlərin tətbiqi artmışdır^{5,6}. Belə aqrokimyəvi maddələrin tətbiqi stres şəraitində məhsuldarlığı artırsa da, ətraf mühitin çirklənməsinə, təbii ekosistemin pozulmasına, biomüxtəlifliyin azalmasına səbəb olur, torpaq, su və bitki orqanizmində toplanaraq insan sağlamlığına mənfi təsirlərə gətirib çıxarır⁷. Bu baxımdan, kənd təsərrüfatında kimyəvi gübrələr və pestisidləri əvəzləyəcək ekoloji təmiz təbii vasitələrin işlənilib hazırlanmasına ehtiyac vardır. Bu sahədə yeni yanaşma və perspektivli vasitə olaraq müxtəlif bioloji mənbələrdən əldə edilmiş

³ Kuo C.E. Early detection of drought stress in tomato from spectroscopic data: A novel convolutional neural network with feature selection. / C.E. Kuo, Y.K. Tu, S.L. Fang, Y.R. Huang, H.W. Chen, M.H. Yao, B.J. Kuo // *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* - 2023. 239. art. 104869.

⁴ Seleiman M.F. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. / M.F. Seleiman, N. Al-Suhaibani, N. Ali, M. Akmal, M. Alotaibi, Y. Refay [et al.] // *Plants-Basel* - 2021. 10 (2), 259.

⁵ Parmar P. Microalgae as next generation plant growth additives: Functions, applications, challenges and circular bioeconomy based solutions. / P. Parmar, R. Kumar, Y. Neha, V. Srivatsan // *Frontiers in Plant Science* - 2023. 14. art.1073546.

⁶ Gonçalves A.L. The use of microalgae and cyanobacteria in the improvement of agricultural practices: a review on their biofertilising, biostimulating and biopesticide roles. / A.L. Gonçalves // *Applied Sciences* - 2021. 11 (2), 871.

⁷ Gitau M.M. Evaluation of the biostimulant effects of two Chlorophyta microalgae on tomato (*Solanum lycopersicum*). / M.M. Gitau, A. Farkas, V. Ördög, G. Maróti // *Journal of Cleaner Production*. 2022. 364. 132689.

biostimulyatorların işlənilib hazırlanması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Son dövrlərdə tədqiqatçılar bitkilərin inkişafı və eyni zamanda mühitin müxtəlif abiotik və biotik faktorlarına qarşı müdafiə mexanizmlərini gücləndirmək məqsədilə üzvi əsaslı biostimulyatorların tətbiqi istiqamətində intensiv tədqiqatlar aparırlar. Bu baxımdan makro- və mikroyosunlardan əldə edilmiş müxtəlif ekstraktların fitostimullaşdırıcı və fitoaktivləşdirici xüsusiyyətlərinin tədqiqi kənd təsərrüfatında ekoloji təmiz vasitələrin istehsalında ümidverici addım hesab oluna bilər⁸.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqat işində Azərbaycan Respublikası Kənd Təsərrüfatı Nazirliyi Tərəvəzçilik Elmi-Tədqiqat İnstitutunun toxum bankından əldə edilmiş 10 yerli tomat (*Solanum lycopersicum* L.) sortundan (İlyas, Elnur, Nuru, Xəzər, Şəkər, Zərrabi, Mirvari, Azərbaycan-94, Elim və Yubiley-60) və İtaliya Milli Tədqiqat Şurası Davamlı Bitki Mühafizəsi İnstitutundan əldə edilmiş 2 xarici tomat sortundan (Marmande və Potato-Tomato) istifadə edilmişdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin əsas məqsədi yerli və Avropa mənşəli tomat sortlarının quraqlıq stresi, rehidratasiya və potensial biostimulyatorların təsirinə cavab reaksiyalarının öyrənilməsi olmuşdur. Bu məqsədlə qarşıya aşağıdakı vəzifələr qoyulmuşdur:

Quraqlıq və rehidratasiya zamanı tomat genotiplərində:

Nisbi su tutumunun, hidrogen peroksidin və malondialdehinin miqdarının tədqiqi;

➤ Antioksidant müdafiə sisteminin fermentativ komponentlərinin aktivliyinin və izoenzim tərkibinin tədqiqi;

➤ Antioksidant müdafiə sisteminin qeyri-fermentativ komponentlərinin miqdarının tədqiqi.

Quraqlıq stresi və göbələk infeksiyası zamanı sianobakteriya və makroyosun ekstraktı tətbiq edilmiş tomat genotiplərində:

Su mübadiləsi göstəricilərinin tədqiqi;

➤ Fotosintetik parametrlərin öyrənilməsi;

⁸ Ali O. Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. / O. Ali, A. Ramsuhag, J. Jayaraman // PLoS One. 2019. 14 (5). e0216710.

- Katalaza fermentinin aktivliyinin tədqiqi;
- Kiçik molekul kütləli metabolitlərin miqdarının tədqiqi;
- Dehidrin geninin ekspressiya analizi;
- Ekstraktların *Botrytis cinerea* fitopatogen göbələyinə inhibirləşdirici təsirinin öyrənilməsi;
- Sianobakteriya ekstraktının toxumların cücərmə faizinə təsirinin tədqiqi.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- Tomat sortları quraqlıq stresinə antioksidant müdafiə sisteminin aktivləşməsi ilə cavab verir.
- Quraqlıq stressi tomat bitkisinə ciddi fizioloji və biokimyəvi dəyişikliklərə səbəb olur, təkrar suvarmadan sonra bitki özünü bu və ya digər dərəcədə bərpa edə bilər.
- Tomat bitkisinin quraqlığa davamlılığının artırılmasında sianobakteriya və makroyosun ekstraktları biostimullaşdırıcı xüsusiyyətə malikdir.
- Sianobakteriya və makroyosun ekstraktlarının tətbiqi dehidrinlərin ekspressiyasını gücləndirir.

➤ *Nostoc piscinale* sianobakteriyasından alınmış ekstrakt *Botrytis cinerea* fitopatogen göbələyinin inkişafını inhibirləşdirir.

İşin elmi yenilikləri. Azərbaycanda ilk dəfə olaraq *Nostoc piscinale* sianobakteriyasından və makroyosundan əldə edilmiş ekstraktın tomat bitkisinə biostimulyator və antifungal təsiri tədqiq edilmiş, sianobakteriyadan əldə olunmuş ekstraktın *Botrytis cinerea* göbələyinin inkişafını inhibirləşdirən optimal qatılığı (10%) müəyyən olunmuşdur. Tədqiq olunan yerli sortlar arasında rehidratasiyadan sonra Elnur, Azərbaycan-94 və Mirvari sortları daha dinamik özünübərpa qabiliyyətinə malik olmuşdur. Quraqlıq və yenidən suvarılma zamanı yerli tomat sortlarında askorbat peroksidazanın 8, qvayakol peroksidazanın 2, benzidin peroksidazanın isə 5 konstitutiv izoformasını aşkar edilmişdir. Su defisiti şəraitində antioksidant fermentlərin fəallığının artması fonunda Elnur, Xəzər, Nuru, Zərrabi, Mirvari və Azərbaycan-94 sortlarında APX5, APX7 və APX8 izoformalarının, Elnur, Xəzər, Nuru, Zərrabi, Mirvari və Azərbaycan-94 sortlarında QPO2 izoformasının, tədqiq edilən bütün sortlarda BPO2 və BPO3

izoformalarının intensivliyinin artmasına əsasən bu izoformaların bitkinin quraqlığa davamlılığında mühüm rol oynaması qənaətinə gəlinmişdir. Göstərilmişdir ki, yerli İlyas və xarici Potato-Tomato sortunda quraqlıq şəraitində dehidrin geninin ekspressiyası güclənmiş, sianobakteriya və makroyosun ekstraktının tətbiqindən sonra İlyas və Potato-Tomato sortlarında statistik əhəmiyyətli dərəcədə azalmış. Əldə olunan nəticələr əsasında müxtəlif tomat sortlarının quraqlıq və rehidratasiya proseslərinə eləcə də potensial biostimulyatorların təsirinə sort-spesifik cavab reaksiyaları nümayiş etdirdiyi qənaətinə gəlinmişdir.

İşin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Əldə olunan nəticələr quraqlıq stressi və rehidratasiya sonrası bərpa prosesləri zamanı tomat bitkisiində baş verən fizioloji və biokimyəvi dəyişikliklərin tədqiqi ilə bitkilərin stressə cavab mexanizmlərinin daha yaxşı anlaşılmasına kömək edir və bu sahədə mövcud bilikləri zənginləşdirir. Tədqiqatdan alınan nəticələr tomat genotiplərinin əlverişsiz ekoloji şəraitə davamlılığını artırmaq üçün strategiyaların işlənilib hazırlanması üçün vacibdir. Sianobakteriya və makroyosun ekstraktlarının bitkilərə biostimulyator və antifungal təsirlərinin araşdırılması bu ekstraktların biotexnologiyada istifadəsinə yeni imkanlar açır, kənd təsərrüfatında ekoloji təmiz və effektiv biostimulyatorların inkişafı üçün mühüm əsas yaradır. Əldə olunan nəticələr təbii biostimulyatorların ənənəvi kənd təsərrüfatında geniş istifadə edilən kimyəvi gübrələr, fungusidlər kimi müxtəlif kimyəvi agentlərə alternativ vasitə kimi istifadəsini təşviq edərək, ekoloji davamlı kənd təsərrüfatı metodlarının tətbiqinə, ekosistemin qorunmasına və ətraf mühitin çirklənməsinin azaldılmasına mühüm töhfə verə bilər. Sianobakteriya ekstraktlarının patogen göbələklərə qarşı antifungal təsiri, bitkilərdə xəstəliklərə qarşı mübarizədə kimyəvi agentlərin istifadəsini azalda və daha sağlam məhsul yetişdirilməsinə imkan yarada bilər. Beləliklə, aparılan tədqiqatlar və əldə edilən nəticələr tətbiqi baxımdan mühüm əhəmiyyət kəsb edir, həm də gələcək tədqiqatlar üçün zəmin yaradır.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas elmi nəticələri Ümummili lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Kimya və kimya

mühəndisliyində dayanıqlı inkişaf” mövzusunda II beynəlxalq konfransında (Bakı, 2021), Ümummili lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Kimya və kimya mühəndisliyinə doğru: daha yaxşı bir dünya qurmaq üçün yeniliklər” mövzusunda IV beynəlxalq konfransında (Bakı, 2023), “Elm və düşüncənin qeyri-adi inkişaf metodları” XVIII beynəlxalq elmi və praktiki konfransında (Madrid, 2023), “Heydər Əliyev və müasir biologiya elminin inkişafı: nailiyyətlər və çağırışlar” beynəlxalq konfransında (Bakı, 2023), “Elmi trendlər: tarix, inkişaf və mövcud problemlər” XVI beynəlxalq elmi və praktiki konfransında (Krakov, 2025), həmçinin AR ETN Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun laboratoriya iclaslarında və seminarlarında təqdim edilərək müzakirə olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilat. Dissertasiya işi AR ETN Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunda və İtaliya Milli Tədqiqatlar Şurası Davamlı Bitki Mühafizəsi İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Nəşrlər. Dissertasiyanın materialları əsasında yerli və xarici nəşrlərdə 5 məqalə, 6 tezis olmaqla 11 elmi əsər nəşr olunmuşdur.

Dissertasiyanın quruluşu və həcmi. Dissertasiya işinin ümumi həcmi giriş, 6 fəsil, yekun, nəticələr, tövsiyyələr, istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı, ixtisarlara siyahısından və əlavələrdən ibarətdir. Dissertasiyanın strukturunda giriş 7 səhifə olub 11504 işarədən, birinci fəsil 36 səhifə olub 56426 işarədən, ikinci fəsil 15 səhifə olub 3147 işarədən, üçüncü fəsil 25 səhifə olub 34066 işarədən, dördüncü fəsil 20 səhifə olub 31218 işarədən, beşinci fəsil 3 səhifə olub 3031 işarədən, altıncı fəsil 4 səhifə olub 5355 işarədən, yekun, nəticələr 9 səhifə olub 17318 işarədən, tövsiyyələr 386 işarədən və istifadə edilmiş 254 sayda ədəbiyyat siyahısı 26 səhifə 43102 işarədən ibarətdir. Dissertasiya 158 səhifə kompüter yazısından ibarət olmaqla, ümumi həcmi 233166 işarə təşkil edir.

I FƏSİL. İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Bu bölmədə tədqiqat obyektı olan tomat bitkisi ilə bağlı geniş ədəbiyyat məlumatları analiz edilmiş, bitkilərin stresə fizioloji, biokimyəvi və molekulyar cavab reaksiyaları, oksidləşdirici stres, antioksidant müdafiə sisteminin fermentativ və qeyri-fermentativ komponentlərinin geniş ədəbiyyat təhlili aparılmış, sianobakteriya və makroyosunların biostimulyator xüsusiyyətləri və onların kənd təsərrüfatının müxtəlif sahələrində tətbiqinə aid ədəbiyyat məlumatları araşdırılmışdır.

II FƏSİL. TƏDQIQATIN OBYEKTİ VƏ METODLARI

Tədqiqat obyektı olaraq AR KTN Tərəvəzçilik ET İnstitutundan əldə edilmiş 10 yerli – Elim, Azərbaycan-94, Nuru, İlyas, Yubiley- 60, Mirvari, Zərrabi, Elnur, Xəzər, Şəkər və iki Avropa mənşəli – Potato-Tomato, Marmande tomat sortları götürülmüşdür. Quraqlıq, təkrar suvarılma, sianobakteriya və makroyosun ekstraktarı tətbiq edilmiş bitkilərin yarpaqlarında nisbi su tutumunun⁹, stress indikatorları hesab olunan hidrogen peroksidin¹⁰ və malondialdehidinin¹¹, fotosintetik pigmentlərin¹² həll olan zülalların¹³, stres zamanı osmotik tənzimlənmədə iştirak edən

⁹ Turner N.C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. / N.C. Turner // Plant Soil. 1981. 58 (1). 339–66.

¹⁰ Bellincampi, D. Extracellular H₂O₂ induced by oligogalacturonides is not involved in the inhibition of the auxin-regulated rolB gene expression in tobacco leaf explants/ Bellincampi, D., Dipierro, N., Salvi G. [et al.] // Plant physiology, –2000, 122 (4), –p. 1379-1386.

¹¹ Hodges D.M. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. / D.M. Hodges, J.M. DeLong, C.F. Forney, R.K. Prange // Planta. 1999. 207. 604–611.

¹² Sumanta N. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. / N. Sumanta, C.I. Haque, J. Nishika, R. Suprakash // Res J Chem Sci. 2014. 2231. 606X.

¹³ Bradford, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Analytical biochemistry, – 1976, 72 (1-2), – p. 248-254.

osmolitlərin -prolinin¹⁴ və həll olan şəkərlərin¹⁵, fenol birləşmələrinin¹⁶, askorbin turşusunun miqdarı¹⁷ və katalaza, askorbat peroksidaza, benzidin peroksidaza, qvayakol peroksidaza kimi antioksidant fermentlərin aktivlikləri spektrofotometrik üsulla, izoenzim tərkibi nativ poliakrilamid gel elektroforez metodu ilə analiz edilmişdir¹⁸.

Molekulyar metodlar ilə dehidrin *tas14* geninin ekspresiyası analiz edilmiş, sianobakteriya ekstraktının antifungal xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Ekstraktın tomat toxumlarının cücərməsinə biostimulyator təsiri toxumların cücərmə faizinə görə müəyyən edilmişdir. Statistik analizlər Tukey HSD post-hoc test ilə aparılmış, nəticələrdə $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**) orta qiymətlər arasındakı statistik əhəmiyyətli, ns-statistik cəhətdən əhəmiyyətsiz fərqləri ifadə etmişdir.

III FƏSİL. NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

3.1. Quraqlıq və təkrar suvarılma zamanı tomat bitkisinə nisbi su tutumunun tədqiqi. Quraqlığa və təkrar survarılmaya məruz qalmış tomat sortlarında nisbi su tutumunun miqdarı təyin olunmuş, quraqlıq şəraitində bütün sortlarda NST-nin miqdarının azalması müşahidə olunmuş, təkrar suvarmadan sonra minimal bərpa Xəzər genotipində, maksimal bərpa isə Zərrabi genotipində qeydə

¹⁴ Bates, L.S., Waldren, R.A., Teare, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies // Plant and soil, – 1973. 39, – p. 205-207.

¹⁵ DuBois M. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. / M. DuBois, K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers, F. Smith // Analytical Chemistry. 1956. 28(3). 350–356.

¹⁶ Odabasoglu F. Comparison of antioxidant activity and phenolic content of three lichen species. / F. Odabasoglu, A. Aslan, A. Cakir, H. Suleyman, Y. Karagoz, M. Halici, Y. Bayir // Phytother Res. 2004. 18 (11). 938–941.

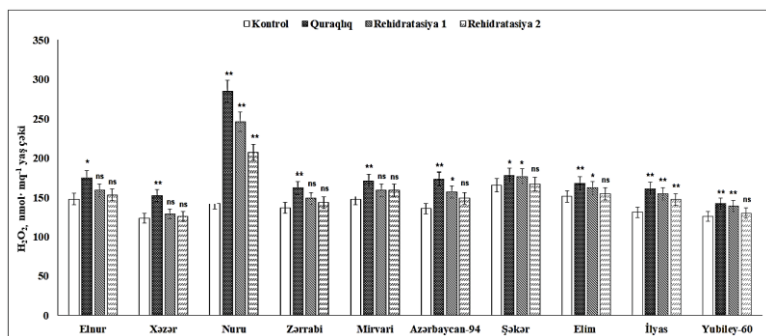
¹⁷ Matei, N., Dobrinas, S., Radu, G.L. Spectrophotometric determination of ascorbic acid in grapes with the Prussian Blue reaction // Ovidius University Annals of Chemistry, – 2012. 23 (2), – p. 174-179.

¹⁸ Davis, B.J. Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins // Annals of the New York Academy of Sciences, – 1964, 121(2), – p. 404- 427

alınmışdır.

3.2. Quraqlıq və təkrar suvarma şəraitində tomat sortlarında hidrogen peroksidin və malondialdehidinin miqdarının tədqiqi. Quraqlıq stresi bitkilərdə oksigenin fəal formalarının artan generasiyasına səbəb olur ki, bu da bitki hüceyrələrində metabolik proseslərin pozulması, hüceyrədə yüksək miqdarda H_2O_2 -nin toplanması, membran lipidlərinin peroksidləşməsi ilə nəticələnir. Yerli tomat sortlarında stresin indikatoru sayılan hidrogen peroksidin (H_2O_2) və malondialdehidinin (MDA) miqdarı analiz olunmuş, quraqlıq şəraitində bu göstəricilərdə əhəmiyyətli artım müşahidə edilmişdir. Göstərilmişdir ki, təkrar suvarmadan 3 gün sonra H_2O_2 -nin miqdarı Elnur, Xəzər, Zərrabi və Mirvari sortlarında tam, Azərbaycan-94, Şəkər, Elim sortlarında isə qismən bərpa olunmuşdur (Şəkil 1). Rehidratasiyadan 7 gün sonra götürülmüş bütün nümunələrdə Nuru və İlyas sortları istisna olmaqla H_2O_2 -nin miqdarı tam bərpa olunmuşdur.

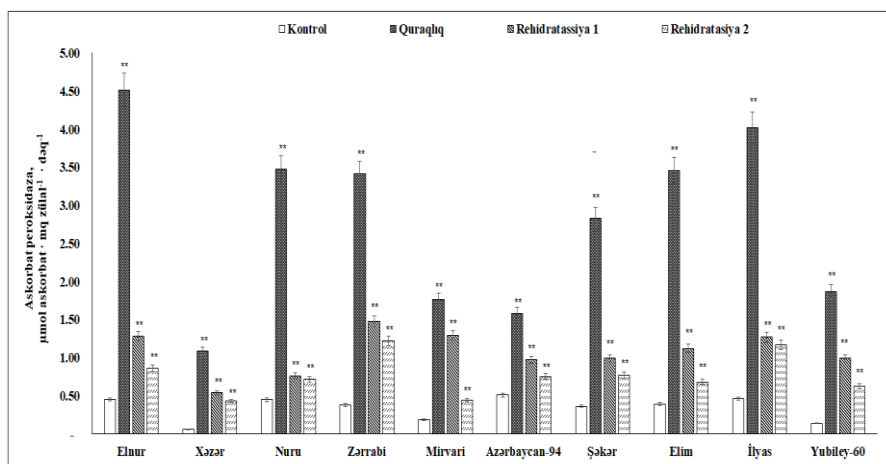
Quraqlıq zamanı MDA-nın miqdarında daha çox artım Xəzər, Nuru və Elnur sortlarında müşahidə edilmişdir. təkrar suvarmadan sonra Azərbaycan-94 və Şəkər sortlarında tam, Elnur, Zərrabi və Yubiley-60 genotiplərində isə qismən bərpa qeyd olunmuşdur.



Şəkil 1. Yerli tomat sortlarının yarpaqlarında hidrogen peroksidin miqdarı

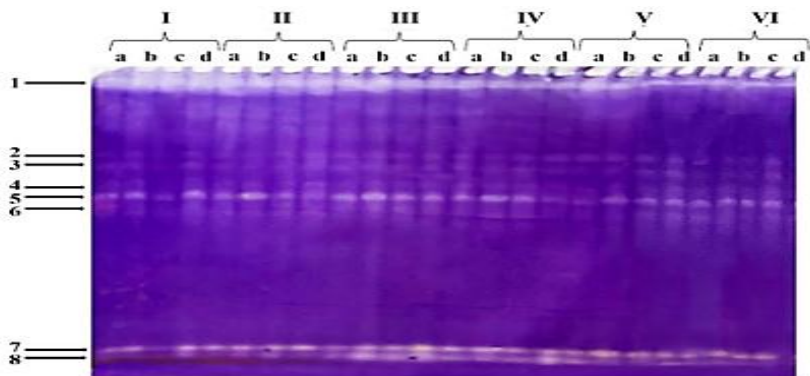
MDA-nın miqdarının təkrar suvarmadan sonrakı bərpa dinamikasında aşkarlanan müxtəliflik bu genotiplərin sort-spesifik fərqləri ilə izah oluna bilər.

3.3. Quraqlıq və təkrar suvarma şəraitində tomat yarpaqlarında antioksidant müdafiə sisteminin fermentativ komponentlərinin tədqiqi. Bitkilər oksigenin fəal formalarının toksik səviyyələrinin zərərsizləşdirmək üçün fermentativ və qeyri-fermentativ antioksidantların aktivləşməsinə əsaslanan müxtəlif müdafiə mexanizmlərindən istifadə edirlər. Quraqlıq və zamanı tomat yarpaqlarında antioksidant müdafiə sisteminin fermentativ komponentləri müqayisəli tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, quraqlıq bütün sortlarda askorbat peroksidazanın (APX) aktivliyində nəzarət variantla müqayisədə əhəmiyyətli artıma səbəb olur (Şəkil 2). Bu artım Elnur, Nuru, Zərrabi, İlyas və Elim sortlarında daha kəskin olmuşdur. Təkrar suvarmadan 3 və 7 gün sonra bütün genotiplərdə APX-in aktivliyi əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır.



Şəkil 2. Tomat sortlarının yarpaqlarında askorbat peroksidazanın aktivliyi

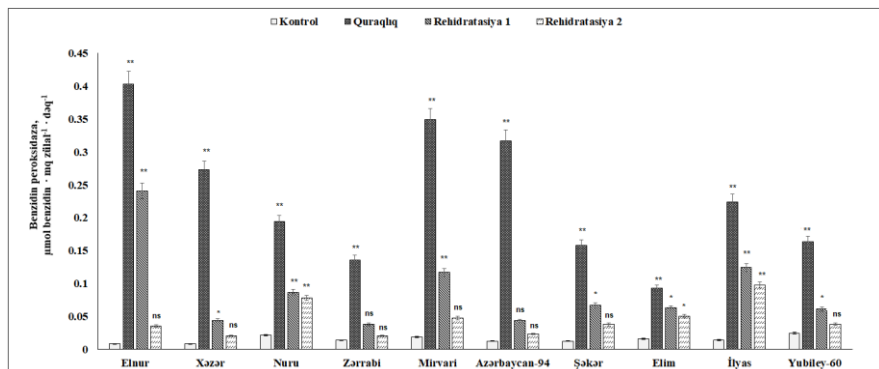
Elektroforetik analiz zamanı bütün variantlarda tomat yarpaqlarında APX-in müxtəlif mobilliyə malik 8 izoenzimi aşkar edilmişdir (Şəkil 3).



Şəkil 3. Tomat sortlarının yarpaqlarında APX-in izoenzim tərkibinin analizi. a – suvarılan; b – quraqlıq; c – təkrar suvarmadan 3 gün sonra, d – təkrar suvarmadan 7 gün sonra götürülmüş nümunələr. I - Elnur, II - Xəzər, III - Nuru, IV - Zərrabi, V - Mirvari, VI - Azərbaycan-94

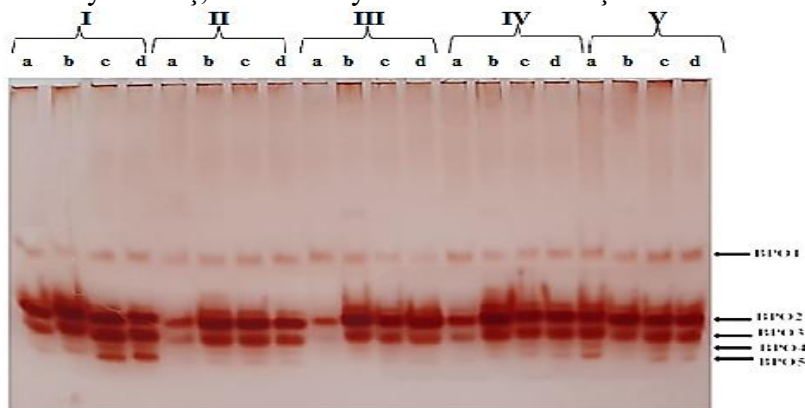
Quraqlığa məruz qalmış Elnur, Xəzər, Nuru, Zərrabi, Mirvari və Azərbaycan-94 sortlarında 5-ci, 7-ci və 8-ci izoformaların intensivliyinin artması, rehidratasiyadan sonra isə intensivliyin azalması müşahidə olundu. Alınan nəticələr bu izoformaları kodlaşdıran genlərin ekspressiyasının quraqlıq stressi ilə tənzimləndiyini sübut edir. Quraqlığa şəraitində bütün sortlarda benzidin peroksidazanın (BPO) aktivliyi nəzarət variantla müqayisədə statistik əhəmiyyətli dərəcədə artmış, bu artım Mirvari, Elnur, Xəzər, Azərbaycan-94 və İlyas sortlarında daha kəskin olmuşdur (Şəkil 4). Təkrar suvarmadan 3 gün sonra BPO-nun aktivliyinin Xəzər, Şəkər, Elim və Yubiley-60 sortlarında qismən, Zərrabi və Azərbaycan-94 sortlarında isə tam bərpa müşahidə olunmuşdur. Rehidratasiyadan 7 gün sonra Nuru və İlyas sortlarından başqa, bütün sortlarda BPO-nun aktivliyi tam, Elim sortunda qismən bərpa olunaraq nəzarət variantına yaxınlaşmışdır.

Elektroforetik analizlərin nəticələrinə əsasən Xəzər, Elnur, Nuru, Mirvari, İlyas və Yubiley-60 sortlarında BPO-nun 5, Elimdə 4, Azərbaycan-94, Şəkər, Zərrabi sortlarında 3 izoformasını aşkar olunmuşdur (Şəkil 5).



Şəkil 4. Tomat sortlarının yarpaqlarında benzidin peroksidazanın aktivliyi

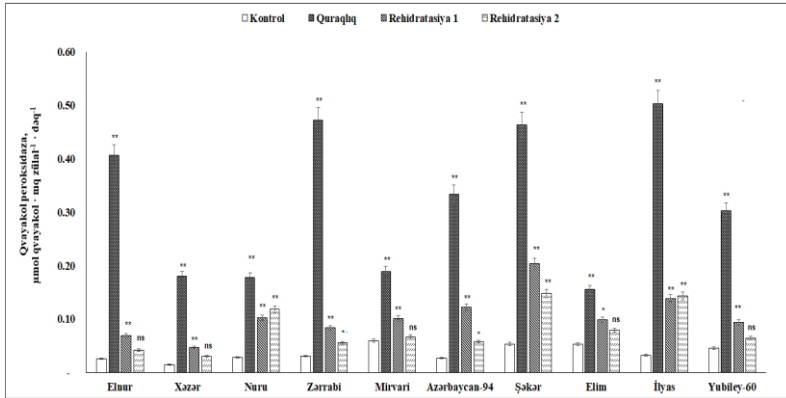
Quraqlığa şəraitində BPO2 və BPO3 izoformalarının intensivliyi artmış, rehidratasiyadan sonra azalmışdır.



Şəkil 5. Tomat sortlarının yarpaqlarında BPO-nun izoenzim tərkibinin analizi. a-kontrol; b-quraqlıq; c-rehidratasiyadan 3 gün sonra, d-rehidratasiyadan 7 gün sonra götürülmüş nümunələr. I - Nuru, II - Mirvari, III - Azərbaycan-94, IV - İlyas, V - Yubiley-60

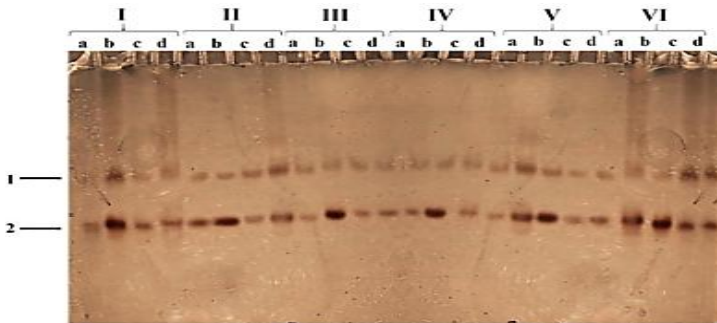
Elim və Nuru sortlarında BPO4 və BPO5 izoformalarının intensivliyi quraqlıq şəraitində azalmış, təkrar suvarmadan sonra bərpa olunmuşdur. Quraqlıq şəraitində qvayakol peroksidazanın (QPO) aktivliyi bütün tomat sortlarında müxtəlif dərəcədə artmış,

Elnur, Zərrabi, Azərbaycan-94, Şəkər və İlyas sortlarında daha kəskin olmuşdur (Şəkil 6).



Şəkil 6. Tomat sortlarının yarpaqlarında qvayakol peroksidazanın aktivliyi

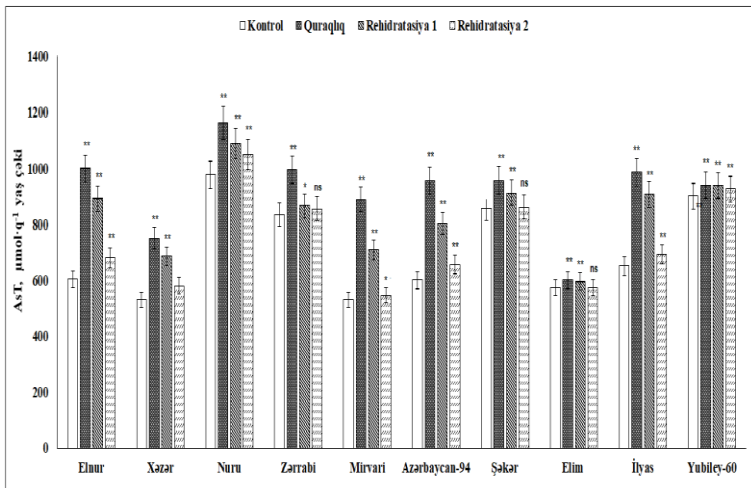
Rehidratasiyadan 7 gün sonra Elnur, Xəzər, Mirvari, Elim və Yubiley-60 sortlarında fermentin aktivliyi tam bərpa olunmuşdur. Elektroforetik analiz zamanı QPO-nun 2 izoformasını aşkar olunmuşdur (Şəkil 7).



Şəkil 7. Tomat sortlarının yarpaqlarında QPO-nun izoenzim tərkibinin analizi. a - kontrol; b - quraqlıq; c - 3 günlük rehidratasiyadan sonra, d - 7 günlük rehidratasiyadan sonra götürülmüş nümunələr. I - Elnur, II - Xəzər, III - Nuru, IV - Zərrabi, V - Mirvari, VI - Azərbaycan-94

Quraqlığa məruz qalmış Elnur, Xəzər, Nuru Zərrabi, Mirvari və Azərbaycan-94 sortlarında QPO-nun 2-ci izoformasının intensivliyi əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Fərqli elektroforetik mobilliyə malik izoformaların aşkarlanması, onların fərqli xromosomlarda olan genlər tərəfindən kodlaşdırıldığını göstərir.

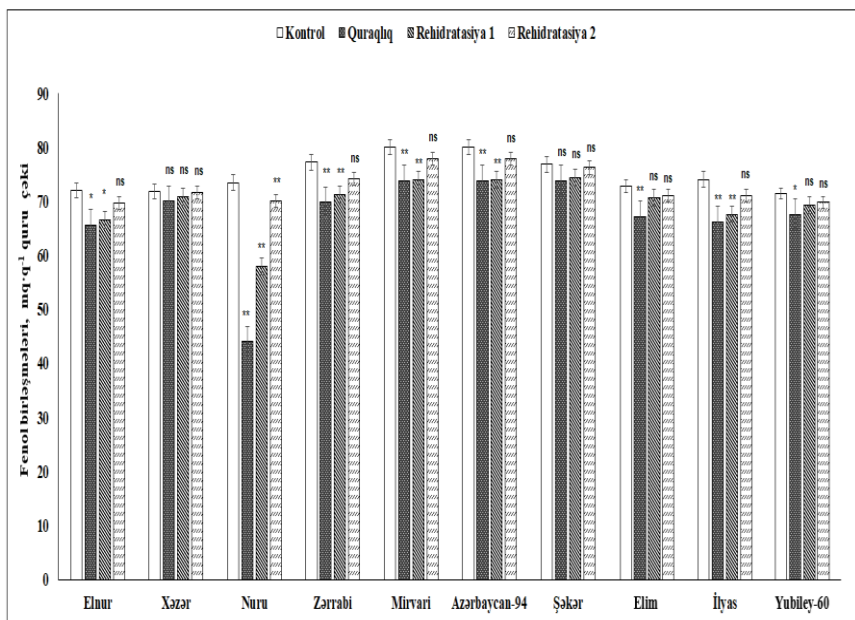
3.4. Tomat genotiplərində quraqlıq və təkrar suvarma şəraitində askorbin turşusunun miqdarının tədqiqi. Askorbin turşusu (AsT) bitkilərin böyüməsində və inkişafında mühüm rol oynayan qeyri-fermentativ antioksidantlardan biri olmaqla bitkilərin stresdən müdafiəsində antioksidant müdafiə sisteminin fermentativ komponentlərinin xüsusilə də APX-in stres zamanı aktivliyini induksiya edir. Tədqiqatlarımız nəticəsində AsT-nin miqdarının nəzarət variantlarla müqayisədə quraqlığa məruz qalmış bütün sortlarda əhəmiyyətli dərəcədə artması aşkarlanmışdır (Şəkil 8). Su qıtlığı zamanı AsT-nin miqdarında ən yüksək artım tempi Mirvari sortunda (67%), ən aşağı artım tendensiyası isə Elim və Yubiley-60 sortlarında müşahidə edilmişdir. Rehidratasiyadan 3 gün sonra AsT-nin miqdarı Elnur, Xəzər, Nuru, Mirvari, Azərbaycan-94, Şəkər və İlyas sortlarında azalmış, Yubiley-60 sortunda isə dəyişməz qalmışdır.



Şəkil 8. Tomat sortlarının yarpaqlarında askorbin turşusunun miqdarı

Rehidrasiyadan 7 gün sonra Zərrabi və Mirvari sortlarında AsT-nin miqdarı qismən, Şəkər və Elim sortlarında isə tam bərpa olunmuşdur.

3.5. Tomat genotiplərində quraqlıq və təkrar suvarma şəraitində fenol birləşmələrin miqdarının tədqiqi. Quraqlıq stressi ikincili metabolitlərin sintezi də daxil olmaqla bir çox metabolik yollarda dəyişikliklərə gətirib çıxarır. Tədqiqatlarımızda quraqlıq Xəzər və Şəkər sortları istisna olmaqla, bütün sortlarda fenol birləşmələrin miqdarının nəzərə cərpacaq dərəcədə azalmasına səbəb olmuşdur (Şəkil 9).

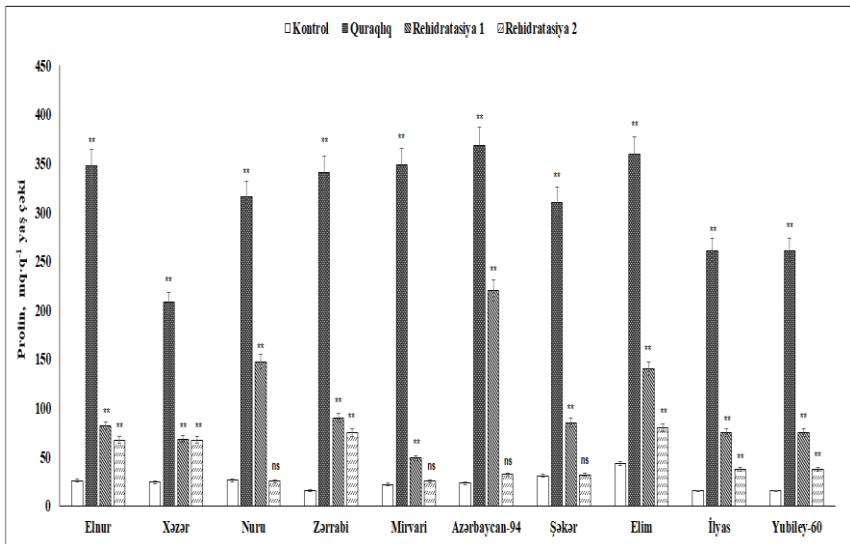


Şəkil 9. Tomat sortlarının yarpaqlarında fenol birləşmələrin miqdarı

Fenol birləşmələrin miqdarında daha kəskin azalma Nuru sortunda müşahidə olunmuşdur (40%). Rehidratasiyadan 7 gün sonra götürülmüş bütün sortlarda (Nuru sortu istisna olmaqla) tam bərpa müşahidə edilmişdir. Su defisiti şəraitində fenol birləşmələrin miqdarının azalması, bu maddələrin sintezində

iştirak edən fermentlərin oksidləşdirici inaktivasiyası ilə izah oluna bilər.

3.6. Tomat genotiplərində quraqlıq və təkrar suvarma şəraitində prolinin miqdarının tədqiqi. Bitkilər stres şəraitində osmolitlərin toplanması ilə stressə davamlılıq göstərilir. Prolin bitkilərdə su çatışmazlığı şəraitində osmotik balansın tənzimlənməsində iştirak edən mühüm osmolitdir. Su defisiti tədqiq olunan bütün tomat sortlarının yarpaqlarında prolinin miqdarın kəskin artıma səbəb olmuşdur (Şəkil 10).

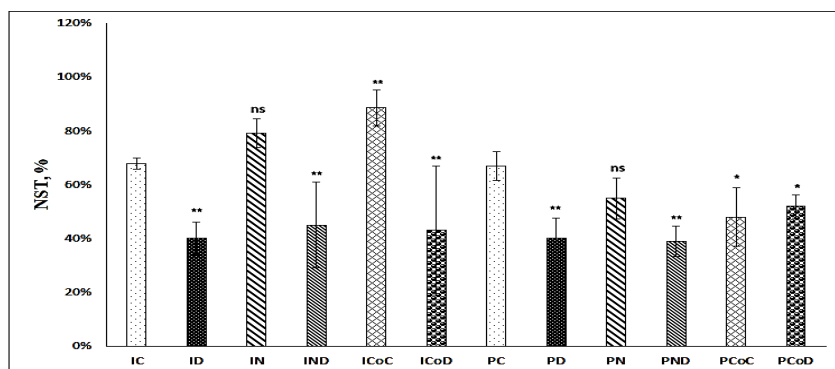


Şəkil 10. Tomat sortlarının yarpaqlarında prolinin miqdarı

Prolinin maksimum toplanması Azərbaycan-94 sortunda müşahidə edilmiş, rehidratasiyadan 3 və 7 gün sonra azalaraq (uyğun olaraq 40% və 91,3 %) demək olar ki, tam bərpa olunmuşdur. Rehidratasiyadan 7 gün sonra Nuru, Mirvari, Azərbaycan-94 və Şəkər sortlarından götürülmüş nümunələrdə tam bərpa qeydə alınmışdır. Əldə edilmiş bu nəticələr fərqli tomat sortlarının su stresinə və rehidratasiyaya müxtəlif cavab reaksiyalarını və müxtəlif bərpa dinamikasını nümayiş etdirir.

IV FƏSİL. QURAQLIQ STRESİNƏ MƏRUZ QALMIŞ TOMAT SORTLARINDA SİANOBAKTERİYA VƏ MAKROYOSUN EKSTRAKTLARININ POTENSİAL BİOSTİMULYATOR TƏSİRİNİN TƏDQIQI

4.1. Sianobakteriya və makroyosun ekstraktları tətbiq olunmuş tomat sortlarında su statusunun tədqiqi. Quraqlıq stresinə məruz qalmış İtalyan mənşəli Potato-Tomato (quraqlığa orta həssas) və yerli İlyas (quraqlığa orta davamlı) tomat sortlarında potensial biostimulyatorların təsirindən baş verən dəyişikliklər tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, suvarılan şəraitdə bu sortlarda NST-nin miqdarı müvafiq olaraq 67% və 68%, quraqlıq zamanı isə hər iki sortda azalaraq 40% olmuşdur (Şəkil 11).



Şəkil 11. Sianobakteriya və makroyosun ekstraktı tətbiq edilmiş tomat yarpaqlarında nisbi su tutumu. İ-İlyas, P-Potato-Tomato, C-nəzarət, D-quraqlıq, N-*N. piscinale* ekstraktı tətbiq edilmiş (suvarılan), ND-*N. piscinale* ekstraktı tətbiq edilmiş (quraqlıq), CoC-makroyosun ekstraktı tətbiq edilmiş (suvarılan), CoD-makroyosun ekstraktı tətbiq edilmiş (quraqlıq)

N. piscinale ekstraktı tətbiqindən sonra quraqlığa məruz qalmış Potato-Tomato sortunda NST-nin miqdarı 39%, İlyas sortunda isə 45% təşkil etmişdir. Göründüyü kimi *N.piscinale* ekstraktı quraqlıq zamanı xarici sortda əhəmiyyətli dəyişikliyə səbəb olmasa da, yerli sortda bitkinin su statusunu bir qədər yuxarı səviyyədə saxlaya

bilmişdir. Anoloji nəticələr makroyosun ekstraktının təsiri zamanı da müşahidə edilmişdir. Bu fakt makroyosun ekstraktının quraqlıq zamanı bitkinin su statusunun saxlanmasında müsbət təsirini göstərir.

4.2. Quraqlı şəraitində sianobakteriya və makroyosun ekstraktları tətbiq olunmuş tomat sortlarında fotosintetik parametrlərin tədqiqi. Su itkisinin qarşısının alınmasında bitkinin istifadə etdiyi əsas mexanizmlərdən biri ağızcıqların bağlanmasıdır. Tədqiqatlar göstərdi ki, quraqlıq zamanı həm İlyas, həm də Potato-Tomato sortlarında ağızcıqların keçiriciliyi əhəmiyyətli dərəcədə azalır (Cədvəl).

Cədvəl.

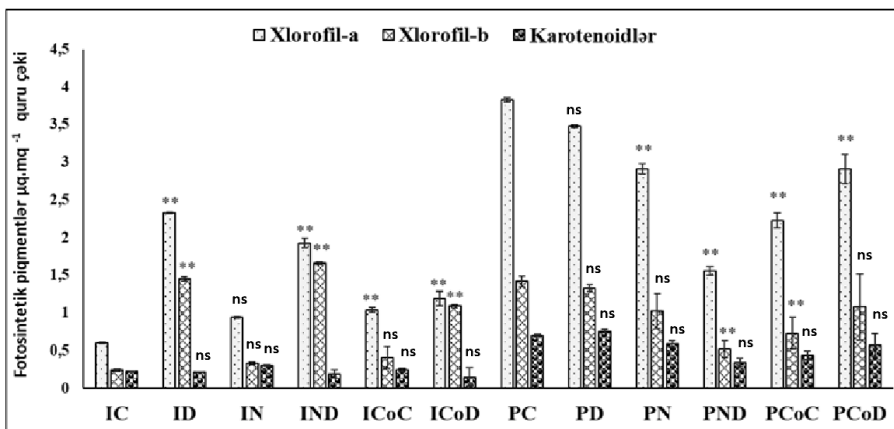
Tomat sortlarının yarpaqlarında fotosintetik parametrlər

Variantlar	Ağızcıqların keçiriciliyi ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	ENS ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	ΦFS2
IC	0.67 ± 0.08	206 ± 7.5	0.7 ± 0.08
ID	$0.010 \pm 0.006^{**}$	$101 \pm 6.8^{**}$	$0.38 \pm 0.02^{**}$
IN	0.65 ± 0.05^{ns}	203 ± 6.9^{ns}	0.60 ± 0.06^{ns}
IND	$0.010 \pm 0.005^{**}$	$101 \pm 5.9^{**}$	$0.39 \pm 0.04^{**}$
ICoC	$0.71 \pm 0.03^*$	208 ± 5.2^{ns}	0.65 ± 0.01^{ns}
ICoD	$0.02 \pm 0.006^{**}$	$102 \pm 8.9^{**}$	$0.41 \pm 0.09^{**}$
PC	0.53 ± 0.04	203.5 ± 8.4	0.64 ± 0.04
PD	$0.009 \pm 0.002^{**}$	$99.9 \pm 7.7^{**}$	$0.30 \pm 0.02^{**}$
PN	$0.45 \pm 0.16^*$	$231.5 \pm 5.06^{**}$	0.69 ± 0.01^{ns}
PND	$0.004 \pm 0.002^{**}$	$89.3 \pm 14.6^{**}$	$0.27 \pm 0.04^{**}$
PCoC	$0.65 \pm 0.096^*$	$169.7 \pm 7.95^*$	0.66 ± 0.03^{ns}
PCoD	$0.031 \pm 0.015^{**}$	$152.2 \pm 41.9^*$	$0.46 \pm 0.12^{**}$

İxtisarlər səh. 16-da verilmişdir.

N.piscinale ekstraktının təsiri İlyas və Potato-Tomato sortlarında ağızcıqların keçiriciliyinə əhəmiyyətli təsir göstərməyə də, makroyosun ekstraktının tətbiqi həm suvarılan, həm də quraqlıq variantlarda ağızcıqların keçiriciliyində əhəmiyyətli artıma səbəb olmuşdur (uyğun olaraq, suvarılan variantda 1,06 dəfə və 2 dəfə; quraqlıq variantında 1.2 dəfə və 3,4 dəfə). Su defisiti hər iki tomat sortunda elektronların nəqliyyat sürətini əhəmiyyətli dərəcədə

zəiflədir (~ 2 dəfə). Quraqlıq şəraitində sianobakteriya ekstraktı tətbiqi olunmuş sortlarda əhəmiyyətli dəyişiklik müşahidə edilməmiş, suvarılan variantda isə yalnız Potato-Tomato sortunda bir qədər stimulyasiya qeyd olunmuşdur (~ 1.13 dəfə). Makroyosun ekstraktının tətbiqi İlyas sortunda ENS-ə təsir etmir, Potato-Tomato sortunda isə əhəmiyyətli dərəcədə artırır (~ 1.5 dəfə). Quraqlığa məruz qalmış hər iki sortda fotosistem II-nin kvant effektivliyi ~ 2 dəfə azalmışdır. Makroyosun ekstraktının təsiri nəticəsində hər iki sortda quraqlıq şəraitində $\Phi FS2$ -nin fəallığı artmış və bu artım Potato-Tomato sortunda statistik əhəmiyyətli olmuşdur. Güman olunur ki, makroyosun ekstraktı tomat bitkisinin yarpaqlarında quraqlıq şəraitində ağızcıqların keçiriciliyini artıraraq yüksək fotosintetik fəallığa gətirib çıxardır. Fotosintetik pigmentlər bitkilərin enerji metabolizmində mühüm rol oynayır. Quraqlıq şəraitində İlyas sortunda xlorofilin miqdarının nəzarət variantla müqayisədə artması, Potato-Tomato sortunda isə statistik əhəmiyyətsiz azalması aşkarlanmışdır (Şəkil 12).

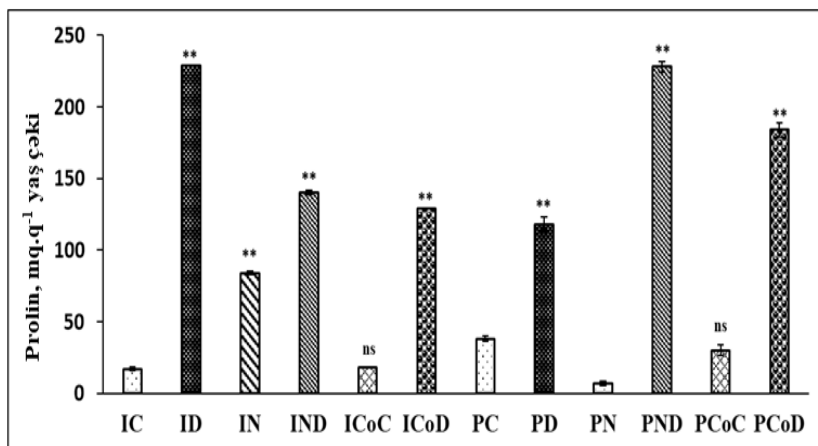


Şəkil 12. Tomat sortlarının yarpaqlarında fotosintetik pigmentlərin miqdarı (İxtisarlar səh. 16-da verilmişdir)

Bitkilər su qıtlığı şəraitində yarpaq səthinin sahəsini azaltmaqla su itkisini minimuma endirmək üçün transpirasiya sahəsini azalmağa uyğunlaşıblar. Buna görə də yarpaq sahəsinə düşən xlorofilin

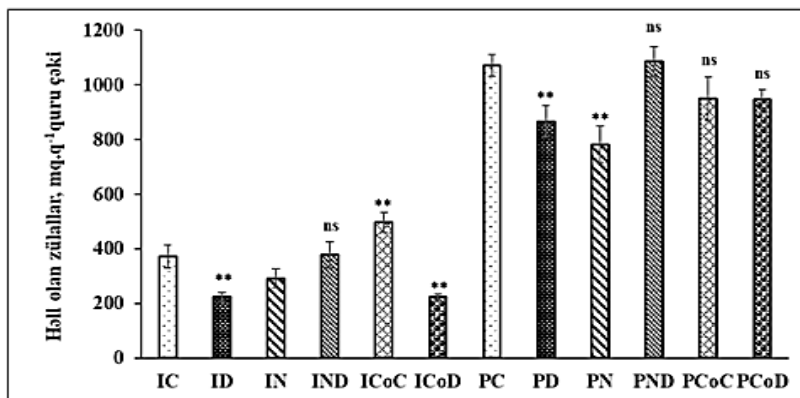
miqdarının artması İlyas sortunun xlorofil sintezinin induksiyalanması ilə su qıtlığı şəraitində fotosintetik aktivliyi saxlama mexanizmi olaraq izah oluna bilər.

4.3. Sianobakteriya və makroyosun ekstraktları tətbiq olunmuş tomat sortlarında prolinin miqdarının tədqiqi. Torpaqda suyun səviyyəsi azaldıqda bitki hüceyrələrində osmotik adaptasiyanı təmin etmək üçün osmolitlərin *de novo* sintezi baş verir ki, belə maddələrdən biri də bitkilərin stresə cavab reaksiyasının markerlərindən olan prolindir. Quraqlıq şəraitində İlyas sortunun yarpaqlarında prolinin miqdarı kəskin artaraq $229 \text{ mq} \cdot \text{q}^{-1}$ yaş çəki, Potato-Tomato sortunda isə $118 \text{ mq} \cdot \text{q}^{-1}$ yaş çəki təşkil etmişdir (Şəkil 13). İlyas sortunun quraqlıq variantına sianobakteriya ekstraktının təsirindən yarpaqlarda prolinin miqdarı 39%, makroyosun ekstraktının təsirindən isə 44% azalmışdır. Quraqlığa məruz qalmış Potato-Tomato sortunda həm sianobakteriya həm də makroyosun ekstraktının tətbiqindən sonra prolinin miqdarı artmağa davam etmişdir. İlyas sortunda sianobakteriya və makroyosun ekstraktının ekzogen tətbiqi nəticəsində su defisiti şəraitində prolinin miqdarının azalması, bu ekstraktların stresin təsirinin azaldılmasında müsbət təsiri kimi qiymətləndirilir.



Şəkil 13. Tomat yarpaqlarında prolinin miqdarı (İxtisarlər səh. 16-da verilmişdir).

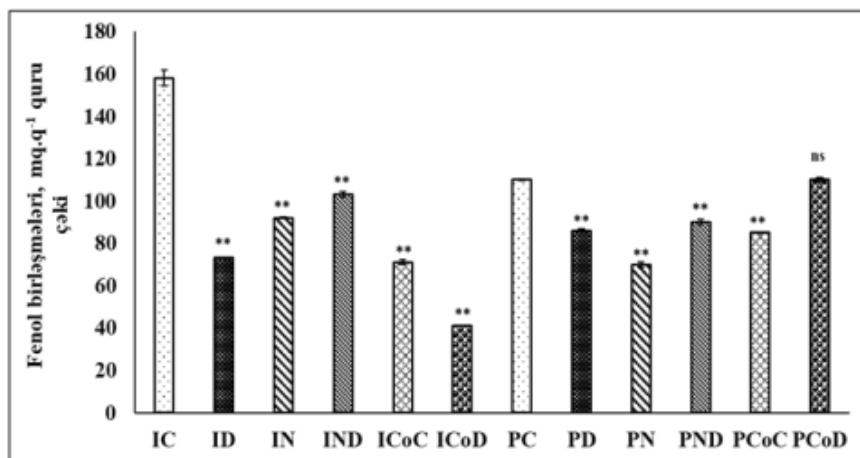
4.4. Sianobakteriya və makroyosun ekstraktları tətbiq olunmuş tomat sortlarında həll olan zülalların, fenol birləşmələrin və həll olan şəkərlərin miqdarının tədqiqi. Quraqlıq şəraitində İlyas və Potato Tomato sortlarında həll olan zülalların miqdarı nəzarət variantla müqayisədə müvafiq olaraq ~1.7 və 1.2 dəfə azalmış, sianobakteriya tətbiqindən sonra hər iki sortda artaraq kontrol varianta yaxınlaşmış və müvafiq olaraq 378 və 1085 mq·q⁻¹ quru çəki təşkil etmişdir (Şəkil 15). Makroyosun ekstraktı tətbiq edilmiş İlyas sortunda zülalların miqdarının suvarılan şəraitdə əhəmiyyətli artımı müşahidə edildiyi halda, quraqlıq şəraitində isə azalaraq quraqlıq varianta yaxınlaşmışdır. Makroyosun ekstraktı tətbiq edilmiş Potato-Tomato sortunda isə zülalların miqdarının kontrol variantla müqayisədə həm suvarılan həm də quraqlıq variantda statistik əhəmiyyətli olmayan azalması aşkarlanmışdır. Sianobakteriya ekstraktının tətbiqi zamanı zülalların miqdarında müşahidə olunan artım, stresin təsirinin minimallaşdırılmasında bu ekstraktların müsbət təsirinin nəticəsi ola bilər.



Şəkil 14. Tomat sortlarının yarpaqlarında həll olan zülalların miqdarı (İxtisarlar səh. 16-da verilmişdir).

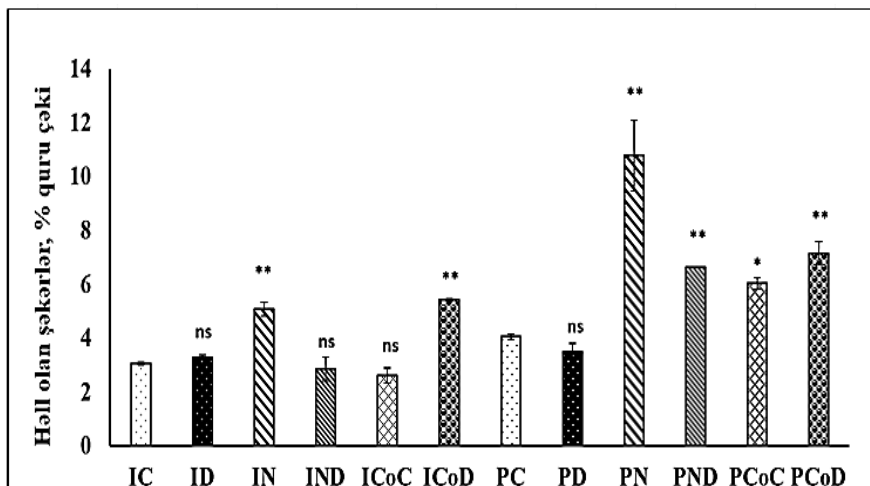
Fenol birləşmələri (FB) OFF-nin təsirinin aradan qaldırılmasında və hüceyrə zədələnməsinin qarşısının alınmasında əhəmiyyətli rola malik antioksidan birləşmələrdir. Analizlər göstərir ki, FB miqdarı quraqlığa məruz qalmış İlyas və Potato-Tomato

sortlarında nəzarət variantla müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə azalaraq müvafiq olaraq, 73 və 86 mq·q⁻¹ quru çəki təşkil etmişdir (Şəkil 15). Sianobakteriya ekstraktının tətbiqi quraqlıq zamanı FB miqdarını yerli sortda artırmışdır. Ekstraktın İtaliya mənşəli sortda tətbiqi quraqlıq zamanı FB-nin artım tempinə cüzi təsir etmişdir. Makroyosun ekstraktının tətbiq zamanı da quraqlıq şəraitində fenol birləşmələrin miqdarında İlyas sortunda azalma qeyd olunduğu halda, Potato-Tomato sortunda artımı müşahidə edilmişdir.



Şəkil 15. Tomat sortlarının yarpaqlarında fenol birləşmələrin miqdarı (İxtisarlar səh. 16-da verilmişdir).

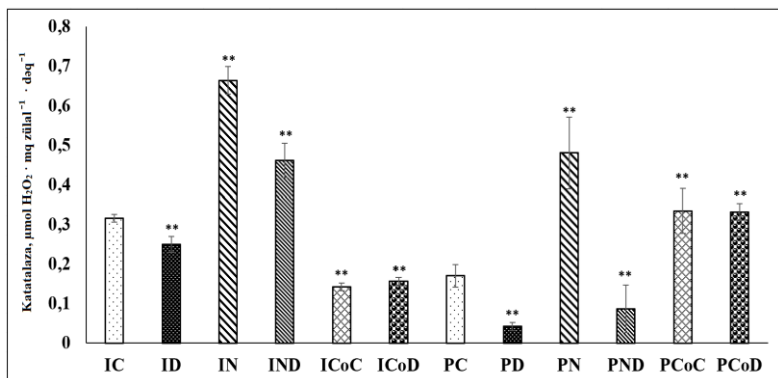
Aparılan analizlərin nəticələri göstərir ki, sianobakteriyaların bitkinin stressdən müdafiəsində biostimulyator kimi istifadəsi üçün perspektiv yollardan biri hesab oluna bilər. Şəkərlər su çatışmamazlığı şəraitində hüceyrə daxili osmotik balansın saxlanılmasında mühüm rola malik olmaqla yanaşı, müdafiə proteinləri və hüceyrə membranının qorunması üçün vacib olan kimyəvi birləşmələrin sintezi üçün substrat hesab edilir. Analizlər nəticəsində məlum oldu ki, quraqlıq zamanı həll olan şəkərlərin miqdarı İlyas sortunda demək olar ki, dəyişməmiş, Potato-Tomato sortunda isə statistik əhəmiyyətli olmayaraq bir qədər azalmışdır. (Şəkil 16).



Şəkil 16. Tomat sortlarının yarpaqlarında həll olan şəkərlərin miqdarı (İxtisarlar səh. 16-da verilmişdir).

Sianobakteriya ekstraktının tətbiqindən sonra İlyas sortunda quraqlıqla müqayisədə statistik əhəmiyyətli fərq olmasa da, Potato-Tomato sortunda şəkərlərin miqdarı əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Quraqlıq şəraitində makroyosun ekstraktı tətbiq edilmiş hər iki sortda bu birləşmələrin miqdarında nəzarət variantla müqayisədə əhəmiyyətli artım qeyd olunmuşdur. Ümumilikdə, əldə olunan nəticələrə əsasən demək olar ki, ekstraktların tətbiqi tomat bitkisinin yarpaqlarında həll olan şəkərlərin miqdarının artmasına səbəb olmuşdur.

4.5. Sianobakteriya və makroyosun ekstraktları tətbiq olunmuş tomat sortlarında katalaza fermentinin aktivliyinin tədqiqi. Katalaza (KAT) H_2O_2 -nin parçalanmasını kataliz edən hem tərkibli tetramer fermentdir. Analizlər nəticəsində su qıtlığı şəraitində fermentin aktivliyinin həm İlyas, həm də Potato-Tomato sortunda əhəmiyyətli dərəcədə azalması məlum olmuşdur (müvafiq olaraq, ~1.3 və ~4.3 dəfə) (Şəkil 17). Quraqlıq şəraitində *N. piscinale* ekstraktı tətbiq edilmiş İlyas sortunun yarpaqlarında KAT-ın aktivliyi quraqlıq variantla müqayisədə artaraq $0.46 \mu\text{mol } H_2O_2 \cdot \text{mq}^{-1} \cdot \text{zülal} \cdot \text{dəq}^{-1}$, suvarılan şəraitində isə kontrol variantla müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə artaraq $0.66 \mu\text{mol } H_2O_2 \cdot \text{mq}^{-1} \cdot \text{zülal} \cdot \text{dəq}^{-1}$ olmuşdur.



Şəkil 17. Tomat sortlarının yarpaqlarında katalaza fermentinin aktivliyi (İxtisarlər səh. 16-da verilmişdir)

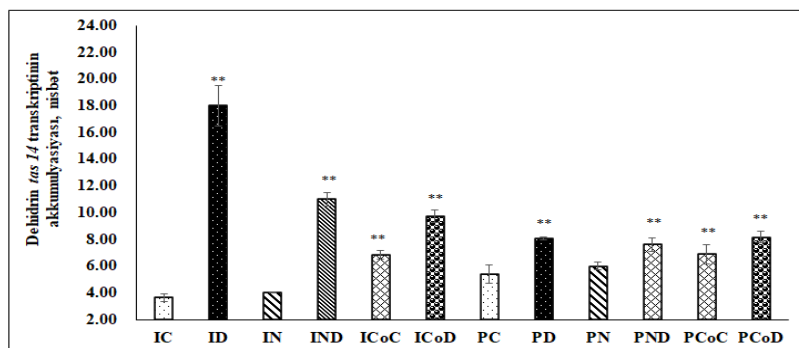
Quraqlığa məruz qalmış İlyas sortuna makroyosun ekstraktının tətbiqi fermentin aktivliyinin statistik əhəmiyyətli azalmasına səbəb olmuşdur. *N. piscinale* ekstraktı suvarılan şəraitdə Potato-Tomato sortunda KAT fermentinin aktivliyini nəzarət variantla müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə stimullaşdırmışdır. Maraqlıdır ki, Potato-Tomato sortuna makroyosun ekstraktının tətbiqi həm normal suvarılan həm də quraqlıq şəraitində nəzarət variantla müqayisədə fermentin aktivliyini ~ 1.96 dəfə artırmışdır. Belə qənaətə gəlmək olar ki, makroyosun ekstraktının tətbiqi antioksidant ferment aktivliyini stabil səviyyədə saxlamağa kömək edir.

4.6. Sianobakteriya və makroyosun ekstraktları tətbiq olunmuş tomat sortlarında quraqlığın təsirindən dehidrin *tas 14* transkriptinin akkumulyasiyasının tədqiqi. Abiotik stres bitki hüceyrələrində dehidrin genlərinin ekspresiyasının aktivləşdirir.

Quraqlıq stresi İlyas sortunda *tas 14* transkriptinin akkumulyasiyasını nəzarət variantla müqayisədə 4.95, Potato-Tomato sortunda isə 1,49 dəfə gücləndirmişdir. (Şəkil 18). *N.piscinale* ekstraktının tətbiqindən sonra İlyas sortunda *tas 14* transkriptinin akkumulyasiyası quraqlıq şəraitində statistik əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır (11). Oxşar tendensiya quraqlığa məruz qalmış İlyas sortuna makroyosun ekstraktının tətbiqindən sonra da müşahidə olundu (9.75).

Quraqlığa cavabdeh dehidrin genlərinin ekspressiya analizlərinin nəticələrinə əsasən belə qənaətə gəlmək olar ki, *N. piscinale* və

makroyosun ekstraktının tətbiqi quraqlıq şəraitində İlyas sortunun stresdən müdafiəsində əhəmiyyətli rol oynaya bilər.

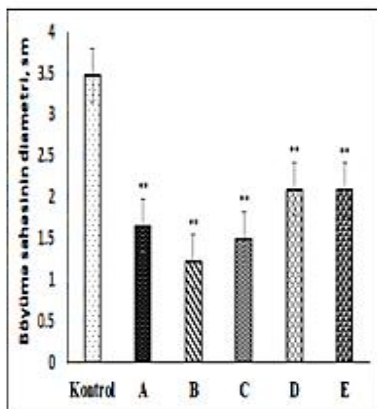


Şəkil 18. Tomat sortlarının yarpaqlarında *tas14* transkriptinin akkumulyasiyası (İxtisarlər səh. 16-da verilmişdir)

N. piscinale və makroyosun ekstraktı tətbiq edilmiş Potato-Tomato sortunda isə həm quraqlıq, həm də normal suvarılma şəraitində *tas 14* transkriptinin akkumulyasiyası kontrol variantla müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır.

V FƏSİL. *NOSTOC PISCINALE* EKSTRAKTININ VƏ MEDIUMUNUN BOTRYTİS CİNİREA FİTOPATOGEN GÖBƏLƏYİNİN İNKİŞAFINA İNHİBİRLƏŞDİRİCİ TƏSİRİNİN TƏDQIQI

Sianobakteriyalar patogen göbələklərin böyüməsini inhibirləşdirən və hətta məhvəninə gətirib çıxaran antibioz adlandırılan kimyəvi maddələr sintez edirlər. Analizlər nəticəsində müəyyən olundu ki, *N.piscinale* sianobakteriyasından əldə edilmiş ekstraktın və mediumun müxtəlif qatılıqları 48 saatlıq inkubasiyadan sonra *B.cinerea* göbələyinin inkişafını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır ki, bu da ekstraktın fitoptogen göbələyin böyümə və inkişafına inhibirləşdirici təsiri kimi dəyərləndirilə bilər. (Şəkil 19). Göbək infeksiyasının kontrolla müqayisədə maksimum inhibirləşməsi sianobakteriya ekstraktının 10% qatılığında müşahidə olundu.



Şəkil 19. *N. piscinale* ekstraktının müxtəlif qatılıqlarının *B.cinerea* göbələk infeksiyasının inkişafına inhibirləşdirici təsiri. A - 1% ekstrakt B -10% ekstrakt, C - 25% ekstrakt, D - 50% ekstrakt və E - 100% ekstrakt

N.piscinale-nin inkişaf mühitindən əldə edilmiş mediumun tətbiqi nəticəsində nəzarət variantla müqayisədə mediumun bütün tətbiq edilmiş qatılıqlarında fitopatogen göbələyin inkişafının əhəmiyyətli dərəcədə azalması aşkar edilmişdir.

VI FƏSİL. MÜXTƏLİF QATILIQLI *NOSTOC PISCINALE* EKSTRAKTININ VƏ MEDİUMUNUN TOMAT TOXUMLARININ CÜCƏRMƏSİNƏ POTENSİAL BİOSTİMULYATOR TƏSİRİNİN TƏDQIQI

Sianobakteriyalardan əldə edilmiş ekstraktların bitkiyə və toxumlara tətbiqinin toxumların cücərməsinə, mineral maddələrin qəbuluna, cücərtilərin inkişafına və çiçəkləməyə müsbət təsiri haqqında məlumatlar mövcuddur. Tədqiqatlarımız zamanı sianobakteriya ekstraktının və mediumunun müxtəlif qatılıqlarının tomat toxumlarının cücərmə dinamikasına təsiri öyrənilmişdir. müəyyən olunmuşdur ki, *N. piscinale* ekstraktının tətbiqi nəticəsində Marmande sortu ilk 3 gün ərzində, İlyas sortu isə ilk 4 gün ərzində toxumların yüksək cücərmə faizi nümayiş etdirmiş və sonrakı günlər maksimum həddə çatmışdır.

NƏTİCƏLƏR

1. Yerli tomat (*Solanum lycopersicum* L.) sortlarında quraqlıq stresi və rehidratasiya zamanı fizioloji-biokimyəvi parametrlər müqayisəli tədqiq olunmuşdur. Aşkar olunmuşdur ki, bitkinin su balansının əsas göstəricilərindən biri hesab edilən nisbi su tutumu (NST) quraqlığa məruz qalmış bütün sortlarda statistik əhəmiyyətli dərəcədə azalır. Daha ciddi dəyişikliklər Yubiley-60 və Zərrabi sortlarında (uyğun olaraq, 30,9% və 35.4%), nisbətən aşağı göstəricilər isə İlyas və Nuru sortlarında (uyğun olaraq, 24,7% və 24%) qeyd alınmışdır. Rehidratasiyadan 3 və 7 gün sonra Yubiley-60 sortunda özünübərpa prosesi nisbətən ləng getmiş, digər sortlarda isə NST bu və ya digər dərəcədə bərpa olunmuşdur. Bu fakt bəzi növlərin daha sürətli su qəbuluna və membran keçiriciliyinə malik olması ilə izah oluna bilər [2, 4].

2. Quraqlığa məruz qalmış bütün sortlarda stresin indikatoru sayılan hidrogen peroksidin və malondialdehidinin miqdarında statistik əhəmiyyətli artım müəyyən edilmişdir. Rehidratasiyadan sonra tədqiq olunan sortlar arasında Elnur, Xəzər, Azərbaycan-94, Zərrabi və Mirvari sortlarında bu göstəricilər demək olar ki, tam bərpa olunmuşdur, bu da həmin sortların daha dinamik özünübərpa qabiliyyətini əks etdirir [8, 9].

3. Göstərilmişdir ki, su qıtlığı zamanı askorbatperoksidaza (APX), qvayakolperoksidaza (QPO) və benzinperoksidaza (BPO) fermentlərinin fəallığı artır, rehidratsiyadan sonra bütün sortlarda statistik əhəmiyyətli azalma müşahidə olunur. Suvarılma zamanı tədqiq olunan sortlarda APX-nin 8, QPO-nun 2, BPO-nun 5 konstitutiv izoformasını aşkar edilmiş, su qıtlığı şəraitində Elnur, Xəzər, Nuru, Zərrabi, Mirvari və Azərbaycan-94 sortlarında APX5, APX7 və APX8 izoformalarının, Elnur, Xəzər, Nuru, Zərrabi, Mirvari və Azərbaycan-94 sortlarında QPO2 izoformasının, bütün sortlarda isə BPO2 və BPO3 izoformalarının intensivliyi artmışdır. Alınan nəticələrə görə, bu izoformaların bitkinin quraqlığa davamlılığında mühüm rol oynaması qənaətinə gəlinmişdir [4, 6, 9].

4. Quraqlıq stresinin təsirindən suvarılan variantla müqayisədə askorbat turşusunun (AsT) (uyğun olaraq, $1,04 \div 1.67$ dəfə) və prolinin miqdarında (uyğun olaraq, $8,3 \div 21,9$ dəfə) artım, fenol birləşmələrinin miqdarında isə Xəzər və Şəkər sortları istisna olmaqla, digər tomat sortlarında azalma aşkar olunmuşdur. Bu azalma stres zamanı kiçik molekullu kütləli metabolitlərin sintezində iştirak edən fermentlərin oksidləşdirici inaktivasiyası və ya deqaradasiyası ilə izah oluna bilər. Təkrar suvarmadan sonra AsT-nin miqdarı Elim və Şəkər sortlarında,

prolinin miqdarı Nuru, Mirvari, Azərbaycan-94 və Şəkər sortlarında, fenol birləşmələrin miqdarı isə Elnur, Zərrabi, Mirvari, Azərbaycan-94 və İlyas sortlarında tam bərpa olunmuşdur [3, 9].

5. Azərbaycanda ilk dəfə olaraq sianobakteriyadan (*N. piscinale*) və makroyosundan əldə edilmiş ekstraktların yerli (İlyas) və İtaliya (Potato-Tomato) mənşəli tomat bitkisinə potensial biostimulyator təsirləri tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, hər iki sortda ağızcıqların keçiriciliyi və elektronların nəqliyyat sürəti (ENS) quraqlıq şəraitində azalır. Makroyosun ekstraktının təsirindən sonra bu göstəricilər Potato-Pomodoro sortunda bərpa olunsada, İlyas sortunda dəyişməmiş və ya cüzi artmışdır [5].

6. Quraqlığa məruz qalmış hər iki sortda katalaza (KAT) fermentinin fəallığı və həll olan zülalların miqdarı azalmış, ekstrakt tətbiq edilmiş variantlarda yenidən artmışdır. Potato Tomato sortunun makroyosun ekstraktı tətbiq edilmiş variantlarında KAT fəallığında əhəmiyyətli artım müşahidə edilmişdir. İlyas sortunda stres zamanı *tas 14* transkriptinin miqdarı artmış, ekstraktların tətbiqindən sonra əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır [11].

7. Quraqlıq zamanı prolinin miqdarı hər iki sortda artmış, sianobakteriya və makroyosun ekstraktlarının tətbiqindən sonra İlyas sortunda əhəmiyyətli dərəcədə azalmış, Potato-Tomato sortunda isə artmaqda davam etmişdir. Fenol birləşmələrinin miqdarı quraqlığın təsirindən hər iki sortda əhəmiyyətli dərəcədə azalmış, sianobakteriya ekstraktının ekzogen tətbiqi ilə bir qədər artmış, makroyosun ekstraktının təsirindən isə Potato-Tomato sortunun yarpaqlarında artaraq nəzarət variantına yaxınlaşmışdır. Quraqlıq zamanı həll olan şəkərlərin miqdarı kontrol variantla müqayisədə sianobakteriya ekstraktı tətbiq edilmiş İlyas sortunun yarpaqlarında əhəmiyyətli dəyişiklik göstərməmiş, Potato-Tomato sortunun yarpaqlarında ~1.6, makroyosun ekstraktı tətbiq edilmiş İlyas sortunun yarpaqlarında 1,7, Potato-Tomato sortunun yarpaqlarında 1,8 dəfə artmışdır [5].

8. İlk dəfə olaraq *N. piscinale* sianobakteriyasından alınmış ekstraktın *B.cinerea* göbələyinin inkişafını inhibirləşdirən optimal qatılığı (10%) müəyyən olunmuşdur. Sianobakteriya ekstraktının tətbiqi eyni zamanda toxumların cücərmə faizini də əhəmiyyətli dərəcədə artırmışdır. Bu nəticələr göstərir ki, *N. piscinale* ekstraktı həm bitkinin böyüməsini stimullaşdırır, həm də antifunqal təsirlərə malikdir [11].

TÖVSIYƏLƏR

1. Dinamik özünü bərpa qabiliyyəti nümayiş etdirən Elnur, Mirvari, Azərbaycan-94 sortlarının praktiki seleksiya proqramlarında quraqlığa davamlı tomat sortlarının yaradılması zamanı ilkin material olaraq götürülməsi tövsiyyə olunur.

2. Sianobakteriya və makroyosun ekstraktlarının tomat bitkisi əkinlərində funqusidlər və bioloji gübrələr kimi müxtəlif kimyəvi agentlərə alternativ vasitə kimi istifadəsi məqsədəuyğun olar.

Dissertasiya mövzusu üzrə çap olunan əsərlərin siyahısı

1. Niyazova N.N., Əliyeva D.R. The effect of drought stress on antioxidant enzymes and lipid peroxidation in two tomato genotypes. //Transactions of the Institute of Molecular Biology and Biotechnologies of ANAS, Baku -2020, vol 4, -p.73-76.
2. Niyazova N.N. Quraqlıq stresinə məruz qalmış yerli tomat sortunda bəzi fizioloji parametrlərin tədqiqi. //“Kimya və kimya mühəndisliyində dayanıqlı İnkişaf” mövzusunda Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi Konfransının Materiallar Toplusu. Baku, Higher Oil School, 13-28 April, Baku, -2021, -p. 255.
3. Niyazova N.N.. The effect of drought stress on ascorbate peroxidase enzyme activity and content of ascorbic acid in leaves of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. //Transactions of The Institute of Molecular Biology and Biotechnologies of ANAS, Baku -2021, vol 5, -p.47-50.
4. Niyazova N.N. The study of benzydine peroxidase activity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) varieties under drought conditions followed by recovery. //Transactions of The Institute of Molecular Biology and Biotechnologies ANAS, Baku, - 2022, vol 6, № 2, -p.17-23.
5. Niyazova N.N., Maserti B. The studying of the potential effects of macroalgal and cyanobacterial extracts as biostimulants of tolerance on tomato plants in drought conditions. //Proceedings of XXVIII International Scientific and Practical Conference

- “Unusual methods of development of science and thoughts”, July, 17-19, -2023, Madrid, Spain, -p.15-16.
6. Niyazova N.N. Quraqlıq və təkrar suvarmaya məruz qalmış tomat sortlarının yarpaqlarında bəzi biokimyəvi parametrlərin tədqiqi. //Ümummilli lider Heydər Əliyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Dayanıqlı kimya və kimya mühəndisliyinə doğru: daha yaxşı bir dünya qurmaq üçün yeniliklər” Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların IV Beynəlxalq Elmi Konfransının Materiallar Toplusu. Baku, Higher Oil School, 12 Aprel-3 May, Baku, - 2023, - s. 441-443.
 7. Niyazova N.N., Aliyeva D.R., Huseynova I.M.. Assessment of long-term drought on tomato leaves based on antioxidative response.//International Scientific Conference “The development of modern biology: achievements and challenges”, 19-20 December, Baku, -2023, -p.3-8
 8. N.N.Niyazova. Lipid peroxidation dynamics in tomato varieties under drought stress and post-recovery period. //Annali d'Italia, № 59, -2024, -p.3-8
 9. N.N.Niyazova, I.M.Huseynova. The antioxidant defense system of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) varieties under drought stress and upon post-drought recovery. Biochemistry (Moscow), -2024, vol. 89, № 6, -p.1146-1157
 10. Niyazova N.N., Aliyeva D.R., Huseynova I.M. The study of antioxidant enzyme activity and proline accumulation in local tomato varieties under drought and post-drought recovery. //Zəfər gününə həsr olunmuş “İnnovativ ekosistemlərin inkişafında universitetlərin rolu” mövzusunda Respublika Elmi-Praktik Konfransının materialları, Gəncə, -2024, -səh. 90-92
 11. Niyazova N.N. Investigating the biostimulant and antifungal effects of cyanobacterial extract in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plant. //Abstracts of XVI International Scientific and Practical Conference “Scientific Trends: History, Development And Existing Problems”, Krakow, Poland, -2025, -p. 9-11.



Dissertasiyanın müdafiəsi 30 may 2025-ci il tarixində saat 11 da Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.25 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1073, Bakı şəh., İzzət Nəbiyev küçəsi, 11.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun rəsmi internet saytında (<https://www.imbb.az/>) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 30 aprel 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 29. 04.2025

Kağızın formatı: A5

Həcm: 36551

Tiraj: 100