

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

METALOKSİD NANOHISSƏCİKLƏRİN BUĞDA GENOTİPLƏRİNİN YARPAQLARINDA ANTIOKSİDANT FERMENTLƏRƏ TƏSİRİNİN TƏDQIQI

İxtisas: 2406.02 – Biokimya

Elm sahəsi: Biologiya

İddiaçı: **Günəl Hüseynağa qızı İsmayılova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetində Biofizika və biokimya kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Biologiya elmləri doktoru, professor,
AMEA-nın müxbir üzvü
İbrahim Vahab oğlu Əzizov

Rəsmi

Opponentlər:

Biologiya elmləri doktoru, professor,
AMEA-nın müxbir üzvü
Novruz Məhəmməd oğlu Quliyev
Biologiya elmləri doktoru, professor,
AMEA-nın müxbir üzvü
Pənah Zülfiqar oğlu Muradov
Biologiya üzrə fəlsəfə doktoru
Rəna Rüfət qızı Rəhimova



Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.31 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

biologiya elmləri doktoru, professor
Ralfrid Əhədoviç Həsənov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

biologiya elmləri üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Samirə Cəfər qızı Salayeva

Elmi seminarın sədri:

biologiya elmləri doktoru

Karim Quliyev



DİSSERTASIYANIN ƏSAS MƏZMUNU

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Kənd təsərrüfatı əkin sahələrinin böyük hissəsini taxıl bitkiləri təşkil edir, onlar dünya əhalisinin ərzaq ehtiyaclarının təmin olunmasında mühüm rol oynayır. Müasir dövrün aktual problemlərindən biri qida məhsullarının çatışmazlığı və bu sahədə profilaktik tədbirlərin görülməsi zərurətidir. Problemin həll yolu kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığının artırılması ola bilər.

Son illərdə bitkiçilikdə nanotexnologiyalara (NT) maraq artmışdır ki, bu da kənd təsərrüfatında innovativ aqronanotexnoloji alətlərin tətbiqində, xüsusilə də əlverişsiz ekoloji şəraitə, xəstəliklərə və zərərvericilərə qarşı davamlı, yüksək məhsuldar genotiplərin yaradılmasında böyük əhəmiyyət kəsb edir¹.

Bioloji tədqiqatlarda nanohissəciklərlə (NH) bağlı ilkin təcrübələr, böyümə dövrünün nisbətən qısa olması və tədqiqatların sürətli nəticə verməsi səbəbindən məhz bitkilər üzərində aparılmışdır. Baxmayaraq ki, NH-ların kənd təsərrüfatı bitkiləri üçün toksiklik anlayışı hələ ilkin mərhələdədir, onların təbiətdə artan qatılığı gələcəkdə kənd təsərrüfatına ciddi ziyan vura bilər².

Bununla yanaşı, NH-ların bioloji obyektlərə təsiri nəticələrini qiymətləndirmək üçün yeni metodların işlənilməsi hazırlanması olduqca vacibdir, belə ki NH-lar qatılıq və xüsusiyyətlərinə görə bitkilərdə biokimyəvi prosesləri stimullaşdırır və ya əksinə, inhibə edə bilər³.

Bu baxımdan, bitkilərdə canlı sistemlər üçün təhlükəsizlik profili artıq müəyyən olunmuş NH-ların istifadəsi daha məqsədəuyğundur.

Yuxarıda sadalananlar cari tədqiqat işinin aktuallığını və yerinə yetirilməsinin labüdlüyünü əsaslandırır.

¹ Федоренко, В.Ф. 2011. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе / В.Ф.Федоренко М.Н.Ерохин, В.И.Балабанов [и др.] – Москва: ФГБНУ “Росинформагротех”, – 2011. – 312 с.

² Bhagat, Y. Nanotechnology in agriculture: a review / Y.Bhagat, K. Gangadhara, C.Rabinal [et al.] // Journal of Pure and Applied Microbiology, – 2015, vol. 9, – p. 737-747.

³ Yatts, D., Ling, Y. Nanoparticles could have a negative effect on plant growth // Nanotechnology News, – 2007, № 3. – p. 86-92.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqatın obyektı AR Əkinçilik ETİ-dən əldə edilmiş *Triticum durum* Desf. növünə aid Qırmızı buğda, Qaraqılçiq-2, Yaqut, Qarabağ sortları və *Triticum aestivum* L. növünə aid Mirbəşir-128, Qobustan, Şəki-1 və Dağdaş buğda sortlarının iki həftəlik cücərtiləri, predmeti isə dəmir (III) (Fe_2O_3), alüminium (Al_2O_3), sink (ZnO) və titan (IV) (TiO_2) oksidləri NH-ların molyar məhlullarının bitkilərin morfofizioloji və biokimyəvi xüsusiyyətlərinə təsirlərinin öyrənilməsi olmuşdur.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Tədqiqat işinin məqsədi Fe_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO və TiO_2 NH-ların fərqli qatılıqlarının müxtəlif buğda genotiplərində antioksidant fermentlərin aktivliyi və izoferment spektrlərinə, fotosintetik pigmentlərin miqdarına, bitkilərin morfoloji xüsusiyyətləri və məhsuldarlığına təsirlərinin öyrənilməsi olmuşdur. Bu məqsədə nail olmaq üçün qarşıya aşağıdakı vəzifələr qoyulmuşdur:

- Müxtəlif qatılıqlarda Fe_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO və TiO_2 NH-larının buğda genotiplərinin yarpaqlarında askorbatperoksidaza (APO), polifenoloksidaza (PPO), superoksiddismutaza (SOD) və katalaza (KAT) fermentlərinin aktivliyinə təsirlərinin öyrənilməsi;

- Müxtəlif buğda genotiplərinin iki həftəlik cücərtilərində antioksidant fermentlərin (APO, SOD, KAT) izoferment spektrinin öyrənilməsi;

- Normal suvarma şəraitində Fe_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO və TiO_2 NH-ların molyar məhlullarının müxtəlif yumşaq və bərk buğda genotiplərinin morfofizioloji xüsusiyyətlərinə və məhsuldarlığına təsirlərinin qiymətləndirilməsi;

- Fe_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO və TiO_2 NH-larının təsiri altında buğda genotiplərinin məhsuldarlıq göstəricilərinə görə klaster analizinin aparılması və yüksək məhsuldarlığa malik buğda nümunələrinin seçilməsi;

- Fe_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO və TiO_2 NH-ları məhlullarının buğda cücərtilərində fotosintetik pigmentlərin miqdarına təsirlərinin öyrənilməsi;

- Əldə edilən məlumatlar əsasında bir sıra bərk və yumşaq buğda genotiplərində antioksidant fermentlərin aktivliyi, fotosintetik pigmentlərin miqdarı, morfoloji xüsusiyyətlər və məhsuldarlıq göstəriciləri arasındakı korrelyasiya asılılıqlarının tədqiqi.

Tədqiqat metodları. Buğda toxumları müxtəlif metaloksid NH-larla işləndikdən sonra, iki həftəlik cücərtildə antioksidant fermentlərin aktivliyi, onların izoenzim tərkibi, fotosintetik pigmentlərin miqdarı və məhsuldarlıq göstəriciləri müvafiq metodlardan istifadə edilərək öyrənilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

– Tətbiq edilən metaloksid NH-ların buğda cücərtilərinə təsiri dozadan asılı xarakter daşıyır: aşağı qatılıqlarda Fe_2O_3 , ZnO , TiO_2 NH-ları fizioloji və biokimyəvi prosesləri stimullaşdırır, yüksək qatılıqlarda isə əksinə, toksik təsir göstərir;

– Al_2O_3 NH-ları antioksidant fermentlərin aktivliyinə, fotosintetik pigmentlərin miqdarına və tədqiq edilən bərk və yumşaq buğda genotiplərinin məhsuldarlığına inhibirləşdirici təsir göstərir;

– Normal suvarma şəraitində 0,01 mM qatılıqlı Fe_2O_3 , ZnO , TiO_2 NH-ları müxtəlif bərk və yumşaq buğda genotiplərində fotosintetik pigmentlərin miqdarına, morfoloji xüsusiyyətlərə və məhsulun strukturuna müsbət təsir göstərir;

– Bərk və yumşaq buğda genotipləri NH-ların təsirinə antioksidant fermentlərin fəallığının və izoenzim tərkibinin tənzimlənməsi ilə cavab verir. NH-ların kimyəvi təbiəti, fotokatalitik aktivliyi, hüceyrədaxili biomolekullarla qarşılıqlı təsiri və hüceyrəyə nüfuz etmə qabiliyyətindən asılı olaraq antioksidant fermentlərin izoferment spektrləri dəyişə bilər;

– Normal suvarma şəraitində tədqiq edilən bərk və yumşaq buğda genotiplərində antioksidant fermentlərin aktivliyinə təsiri baxımından NH-ların optimal dozası Fe_2O_3 üçün 0,1 mM, ZnO , TiO_2 NH-ları üçün isə 0,01 mM-dır;

– Həm yumşaq, həm də bərk buğda genotiplərinin cücərtilərində PPO, KAT və SOD fermentlərinin aktivliyi arasında yüksək etibarlı müsbət korrelyasiyalar ($r=0,723^{**}$; $r=0,653^{**}$; $r=0,874^{**}$), APO aktivliyi ilə isə mənfi korrelyasiyalar ($r=-0,632^{**}$; $r=-0,627^{**}$; $r=-0,516^{**}$) mövcuddur;

– Tədqiq edilən buğda genotipləri arasında ən yüksək məhsuldarlıq göstəriciləri Qaraqılçiq-2 (*Triticum durum* Desf.) və Dağdaş (*Triticum aestivum* L.) genotiplərində müşahidə edilmiş, bu təsir TiO_2 və ZnO NH-ların 0,01 mM qatılığının tətbiqi zamanı qeydə

alınmışdır.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Tədqiqat işində, ilk dəfə olaraq, metaloksid NH-ların fərqli qatılıqlarının müxtəlif buğda genotiplərinin biokimyəvi, fizioloji və aqronomik xüsusiyyətlərinə təsirləri kompleks şəkildə öyrənilmiş, bəzi antioksidant fermentlərin aktivliyinə, fotosintetik pigmentlərin miqdarına və tədqiq olunan buğda genotiplərinin məhsuldarlığına normal suvarma şəraitində müsbət təsir göstərən müxtəlif metaloksid NH-ların optimal qatılıqları müəyyən edilmişdir.

Bundan əlavə, SOD, KAT və APO-nun izoenzim spektrləri öyrənilmişdir ki, bu da gələcək biokimyəvi tədqiqatlar üçün yeni üfüqlər açır. Tədqiq olunan göstəricilər arasında korrelyasiya əlaqələri müəyyən edilmiş, bununla yanaşı, NH-ların mümkün təsir mexanizmləri müzakirə olunmuşdur. Alınan nəticələr, NH-ların bitkilərdə boy stimulyatoru kimi fəaliyyət göstərməsi və davamlılığın artırılmasında rolu ilə bağlı fikirləri genişləndirir.

Beləliklə, müxtəlif buğda genotiplərinin NH-ların təsirlərinə reaksiyalarının təhlili Azərbaycanda kənd təsərrüfatının inkişafı üçün vacib olan davamlı genotiplərin müəyyən olunmasında yeni imkanlar yaradır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. NH-ların fotosintetik aparatın fəaliyyətinə və cücərtilərin morfoloji xüsusiyyətlərinə təsirlərinin öyrənilməsi xarici təsirlər vasitəsilə məhsuldarlığın idarə olunmasını əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Aparılmış tədqiqatlar zamanı müxtəlif buğda genotiplərinin iki həftəlik cücərtilərində metaloksid NH-ların antioksidant müdafiə sistemi fermentlərinin aktivliyinə, morfofizioloji xüsusiyyətlərinə və məhsuldarlıq göstəricilərinə müsbət və ya mənfi təsiri öyrənilmişdir ki, bu da öz növbəsində böyük praktik əhəmiyyətə malikdir. Aparılan təcrübələrdə APO aktivliyinin artması hidroksil radikallarının bərpasına yönəlməklə bitkilərin müdafiə funksiyasını sübut edir. Risklərin minimallaşdırılması, NH-ların mənfi təsirlərinin qarşısının alınması, həmçinin kənd təsərrüfatı bitkilərinin təhlükəsizliyinin təmin olunması məqsədilə Fe_2O_3 , ZnO , TiO_2 NH-ların optimal dozaları tövsiyə edilmişdir. Bu dozalar, tədqiq olunan buğda genotiplərinin morfofizioloji xüsusiyyətlərinə və məhsuldarlığına adi suvarma

şəraitində müsbət təsir göstərmişdir. Həmçinin, NH-ların mümkün təsir mexanizmləri müzakirə olunmuşdur. Yüksək dozalı Fe_2O_3 NH-ların təsirlərinə davamlı olan Dağdaş genotipinin bitki seleksiyasında davamlı buğda genotiplərinin yaradılmasında qiymətli başlanğıc material kimi istifadəsi tövsiyə olunur.

Tədqiqat nəticələri kənd təsərrüfatında stresə davamlı və məhsuldarlıq göstəriciləri yaxşılaşdırılacaq yeni buğda genotiplərinin yetişdirilməsində NH-ların istifadəsini optimallaşdıran tövsiyələrin hazırlanmasında tətbiq oluna bilər.

Elmi-tədqiqat işinin aprobasiyası. Dissertasiyanın nəticələri Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi “Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXIII Respublika elmi konfransı”nda (Bakı, 2019), Bakı Dövlət Universitetinin 100 illiyinə həsr olunmuş “Müasir Biologiyada İnnovativ Yanaşmalar” mövzusunda IX Beynəlxalq Elmi Konfransda (Bakı, 2019), “Müasir elmdə integrasiya prosesləri: yeni yanaşmalar və aktual problemlər” mövzusunda XIX Beynəlxalq elmi-praktik konfransda (RF, Anapa, 2024), “Kimya, Fizika, Biologiya, Riyaziyyat: nəzəri və tətbiqi tədqiqatlar” mövzusunda LXXXI-LXXXIII Beynəlxalq elmi-praktik konfransda (RF, Moskva, 2024), “Azərbaycanda ətraf mühitin sağlamlaşdırılmasında Ümummilli Lider Heydər Əliyevin rolu” mövzusunda elmi-praktiki konfransda (Bakı, 2024), “Təbiət elmləri və tibb: nəzəriyyə və təcrübə” mövzusunda LXXVII Beynəlxalq elmi-praktik konfransda (RF, Novosibirsk, 2024), II Beynəlxalq Bitki Mühafizəsi Konfransında (Pakistan, Tandojam, 2025) müzakirə olunmuşdur.

Dissertasiya materialları üzrə yerli və xarici nəşrlərdə 10 məqalə və 8 konfrans materialı olmaqla, ümumilikdə 18 elmi əsər çap edilmişdir.

Elmi-tədqiqat işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin Biofizika və biokimya kafedrasında icra olunmuşdur.

Dissertasiya işinin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş (12473 işarə), 5 fəsil (I fəsil (42718 işarə), II fəsil (17158 işarə), III fəsil (32455 işarə), IV fəsil (75533 işarə), V fəsil (9529 işarə)), yekun (2747 işarə), nəticələr (2184 işarə), praktik tövsiyələr (512 işarə), 282 sayda ədəbiyyat siyahısı və ixtisarlarn siyahısından (323 işarə) ibarət

olub, 178 kompüter səhifəsində əks olunmuşdur, ümumi həcmi 195632 işarə təşkil edir. Dissertasiya işinə 20 şəkil və 8 cədvəl daxildir.

I FƏSİL. ƏDƏBİYYAT İCMALI

Bu fəsildə NT-ların inkişaf tarixi haqqında məlumat verilmiş, müxtəlif metaloksid NH-ların bitkilərin morfofizioloji xüsusiyyətlərinə, antioksidant sisteminin (AOS) fəaliyyətinə təsirlərinə dair biblioqrafik məlumatlar müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir. Ədəbiyyat mənbələrinə əsasən, bitkiçilikdə NT-ların tətbiqi gələcəkdə yüksək məhsuldar, xüsusilə də əlverişsiz ekoloji şəraitə davamlı genotiplərin yaradılmasına imkan yaradacaqdır.

II FƏSİL. TƏDQIQATIN MATERIAL VƏ METODLARI

Tədqiqat obyektini kimi AR Əkinçilik ETİ-dən əldə edilmiş Qırmızı buğda, Qaraqılçıq-2, Yaqut, Qarabağ bərk buğda sortları və Mirbəşir-128, Qobustan, Şəki-1, Dağdaş yumşaq buğda sortları seçilmişdir. Buğda toxumları metaloksid NH-ların müxtəlif qatılıqlı molyar məhlulları ilə nanoprayminq və sonifikasiya üsullarından istifadə olunaraq işlənmişdir⁴. Normal suvarma şəraitində iki həftəlik cücərtildə spektrofotometrik və titrimetrik analiz üsullarından istifadə olunmaqla PPO⁵, APO¹², SOD⁶ və KAT⁷ fermentlərinin aktivlikləri təyin edilmişdir. Antioksidant fermentlərin izoferment tərkibinin təyini 3 saat müddətində 4°C temperaturda 30 mA sabit

⁴ Marthandan, V. J. Seed priming: a feasible strategy to enhance drought tolerance in crop plants. / V.J. Marthandan, R. Geetha, K. Kumutha [et al.] // Int. J. Mol. Sci., – 2020, vol. 21, – p. 1-23.

⁵ Ермаков И.П. и др. Физиология растений: учебник для студ. вузов. Москва: Академия, – 2007. – 465 с.

⁶ Никерова, К.М. Определение активности супероксиддисмутазы и полифенол-оксидазы в древесине *Betula pendula* var. *carelica* (*Betulaceae*) при разной степени нарушения ксилогенеза / К.М.Никерова, Н.А.Галибина, Ю.Л.Мошенская [и др.] // Растительные ресурсы, – Санкт-Петербург – 2019, т. 55, №2, – с. 213-230

⁷ Шапкарин, В.В. Биохимия: сборник лабораторных работ / В.В. Шапкарин, А.П.Королев, С.Б.Гридина [и др.] – Кемерово: изд-во Кемеровского технолог. ин-та пищевой промышленности, – 2005. – 84 с.

elektrik cərəyanında poliakrilamid gellərində (PAGE) elektroforez metodu ilə öyrənilmişdir^{8, 9, 10}. KAT 7%, SOD və APO üçün 10%-li gellərdən istifadə olunmuşdur. İzoenzimler gellərin hər fermentə uyğun müvafiq rəngləyici buferlərlə rənglənməsi nəticəsində aşkarlanmışdır. Fotosintetik pigmentlərin miqdarı spektral analiz üsulu ilə müəyyən edilmişdir¹¹. Buğda genotiplərinin məhsuldarlıq göstəriciləri beynəlxalq deskriptorlarla qiymətləndirilmişdir.

Statistik analizlər. Dissertasiya işində bütün təcrübələr 3 bioloji təkrarda aparılmış, Studentin t-kriterisi əsasında əldə olunmuş nəticələrin etibarlılıq göstəriciləri və xətlər müəyyən edilmiş, $p \leq 0,01$ və $p \leq 0,05$ qiymətlərindəki fərqlər qənaətbəxş hesab edilmişdir. Tədqiq olunan göstəricilər arasında korrelyasiya analizi Pearson, buğda genotiplərinin məhsuldarlıq göstəricilərinə əsasən klasterləşdirilməsi isə Ward üsulları ilə Evklid genetik məsafə indeksinin qiymətləndirilməsi əsasında IBM SPSS Statistics 26.0 proqramı vasitəsilə həyata keçirilmişdir.

III FƏSİL. METALOKSİD NANOHISSƏCİKLƏRİN BUĞDA YARPAQLARINDA ANTİOKSİDANT FERMENTLƏRİN AKTİVLİYİNƏ TƏSİRİ

Bu fəsildə müxtəlif qatılıqlı metaloksid NH-ların SOD, KAT, APO və PPO fermentlərinin aktivliklərinə təsirləri öyrənilmiş, izoferment analizi aparılmış və əldə olunmuş nəticələrin bibliografik mənbələrlə müqayisəli təhlili təqdim edilmişdir.

⁸Davis, B.J. Disc Electrophoresis-II method and application to human serum proteins // Annals of the New York Academy of Sciences, – 1964, vol. 121, – p. 404-427.

⁹ Mittler, R., Zilinskas, B.A. Detection of ascorbate peroxidase activity in native gels by inhibition of the ascorbate-dependent reduction of nitroblue tetrazolium. // Analytical Biochemistry, – 1993, vol. 212. – p. 540-546.

¹⁰ Anderson M.D., T.K.Prasad, C.R.Steward. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotyls of maize seedlings // Plant Physiol, – 1995, vol. 109 (4), – p. 1247-1257.

¹¹ Калинина, А.В., Лящева, С.В. Состав и содержание пигментов фотосинтеза в листьях проростков озимой мягкой пшеницы // – Самара: Известия Самарского научного центра Российской академии наук, – 2018, т. 20, № 2 (2), – с. 286-290.

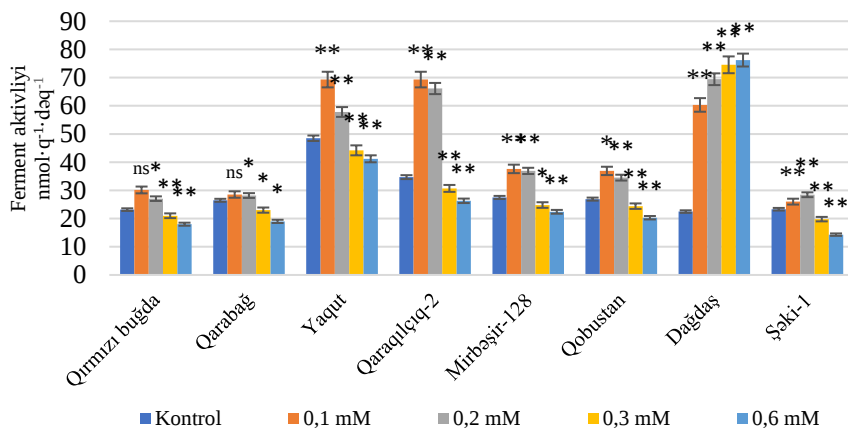
3.1. Üçvalentli dəmir oksid NH-ların müxtəlif qatılıqlarının buğda yarpaqlarında antioksidant fermentlərin aktivliyinə təsiri

Həyat fəaliyyətində bitkilər vaxtaşırı və ya davamlı olaraq əlverişsiz ətraf mühit amillərinin təsirlərinə məruz qalır ki, bu da bitki hüceyrələrində AOS tərəfindən idarə olunan oksigenin fəal formaları (OFF) istehsalının artmasına səbəb olur.

Tədqiqatlar zamanı müxtəlif buğda toxumlarının işlənməsi üçün (0,1 mM; 0,2 mM; 0,3 mM və 0,6 mM) Fe_2O_3 NH-ları istifadə edilmişdir.

3.1.1. Müxtəlif qatılıqlarda dəmir (III) oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində askorbatperoksidazanın aktivliyinə təsiri

Tədqiqat nəticələri buğda genotiplərinin kontrol və nümunələrində APO aktivliyində fərqi olduğunu göstərmişdir (şəkil 1).



Şəkil 1. Buğda cücərtilərində Fe_2O_3 NH-ların APO aktivliyinə təsiri

0,1 mM və 0,2 mM qatılıqlarda NH-ların təsiri OFF-lərin yaranmasına səbəb olmuş, bu isə hüceyrənin müdafiə mexanizmlərini aktivləşdirərək APO aktivliyinin artması ilə nəticələnmişdir. Qarabağ və Qırmızı buğda genotiplərində NH-ların ferment aktivliyinə təsiri az miqdarda olsa da, Yaqud və Qaraqılçiq-2 genotiplərində APO aktivliyi

kontrol ilə müqayisədə, müvafiq olaraq, 42%, 19% və 100%, 91% artmışdır. Yumşaq buğda genotiplərinə gəldikdə isə, Şəki-1 genotipinin cücərtilərində fermentin aktivliyi kontrol ilə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməmişdir. Halbuki Mirbəşir-128 və Qobustan genotiplərində bu göstərici, müvafiq olaraq, 36%, 34% və 37%, 28% artmışdır.

APO fermentinin ən yüksək aktivliyi Dağdaş cücərtilərində NH-ların 0,6 mM qatılığında müşahidə olunmuşdur, ən aşağı aktivlik isə eyni qatılıqda Şəki-1 genotipində qeydə alınmışdır. NH-ların qatılıqlarının artması Dağdaş genotipi istisna olmaqla, bütün digər nümunələrdə APO fermentinin aktivliyinin azalmasına səbəb olmuşdur ki, bu da metaloksid NH-ların yüksək dozalarının toksik təsirinin göstəricisidir.

Fe_2O_3 NH-ların 0,3 mM və 0,6 mM qatılıqlarında Qaraqılçiq-2, Qırmızı buğda və Qarabağ nümunələrində fermentativ aktivlik kontrol ilə müqayisədə, müvafiq olaraq, 2%, 25%, 10%, 20% və 13%, 28%, Yaqut genotipinin cücərtilərində 9%, 15% azalmış, Qobustan və Mirbəşir-128 genotiplərinin cücərtilərində isə azalaraq, uyğun olaraq, 7%, 25%; 10%, 19% təşkil etmişdir. Şəki-1 genotipinin cücərtilərində də kontrol ilə müqayisədə ferment aktivliyində azalma müşahidə olunmuş və müvafiq olaraq, 15% və 39%-ə bərabər olmuşdur.

NH-ların yüksək qatılıqlarının inhibirləşdirici təsiri, hüceyrə müdafiə mexanizmlərinin həddindən artıq yüklənməsi və əmələ gələn OFF-lərin artması ilə izah oluna bilər.

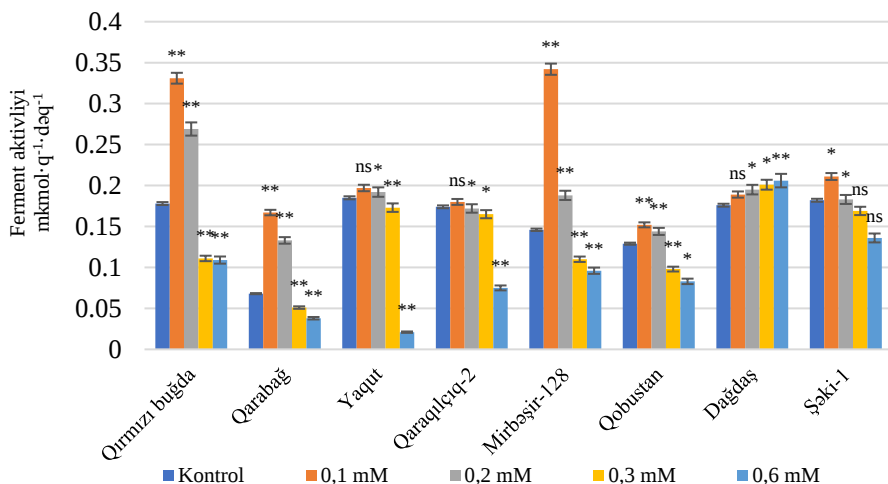
Alınan nəticələrin təhlili göstərdi ki, 0,1mM qatılıqda Fe_2O_3 NH-ların təsiri altında Qaraqılçiq-2 və Yaqut genotiplərində OFF-lər orta səviyyədə generasiyası olunmuşdur ki, bu da sadalanan genotiplərdə digər variantlarla müqayisədə sərbəst radikalların oksidləşmə proseslərinin balanslı şəkildə tənzimlənməsi ilə fərqləndiyini göstərir.

3.1.2. Müxtəlif qatılıqlarda dəmir (III) oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində polifenoloksidazanın aktivliyinə təsiri

Fermentin maksimal aktivliyi Mirbəşir-128 genotipində NH-ların 0,1 mM qatılığında müşahidə olunur (şəkil 2). Minimum PPO

aktivliyi isə Yaqut genotipində NH-ların 0,6 mM qatılığında qeydə alınmışdır, bu zaman fenolların oksidləşməsi demək olar ki, baş verməmişdir.

Şəkil 2-dən aydın olur ki, Dağdaş genotipi istisna olmaqla bütün genotiplərdə Fe_2O_3 NH-ların qatılığının artması ilə PPO aktivliyi azalır. Yaqut genotipinin cücərtilərində isə NH-ların 0,6 mM qatılığının təsirindən polifenolların oksidləşməsi 87% azalmışdır ki, bu da NH-ların sitotoksik təsiri ilə izah oluna bilər. Qırmızı buğda və Qarabağ cücərtilərində NH-ların ilk iki qatılığında ferment aktivliyinin artması müşahidə edilmiş, Yaqut və Qaraqılçiq-2 genotiplərində isə təcrübə variantları kontroldan az fərqlənmişdir. Bu fərqlərin hər bir buğda genotipinin fərdi xüsusiyyətləri ilə bağlı olduğu ehtimal edilir.



Şəkil 2. Buğda cücərtilərində Fe_2O_3 NH-ların PPO aktivliyinə təsiri

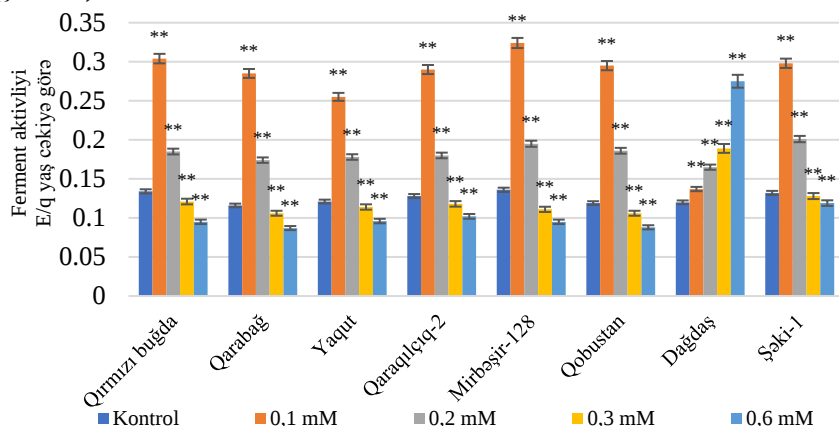
Yumşaq buğda genotiplərinə gəldikdə, sınaqdan keçirilmiş dörd genotipin üçün toxumlarının NH-ların 0,6 mM qatılığı ilə işlənməsi polifenolların oksidləşmə sürətinin azalmasına səbəb olmuşdur ki, bu da xüsusilə Qobustan genotipinin cücərtilərində daha aydın müşahidə edilmiş və kontrol variantı ilə müqayisədə təxminən 36% təşkil etmişdir. Fermentin yüksək aktivliyi Mirbəşir-128 genotipinin cücərtilərində NH-ların 0,1 mM qatılığında qeydə alınmışdır, amma

0,6 mM qatılıqda bu genotipin cücərtilərində NH-lar PPO aktivliyinin artmasına, demək olar ki, təsir göstərməmişdir. Bu, ehtimal ki, hüceyrə membranlarının və zülalların zədələnməsi ilə bağlıdır və Fe_2O_3 yüksək dozalarına cavab olaraq OFF-lərin həddindən artıq toplanması ilə əlaqədardır. Dağdaş genotipində NH-ların qatılığının artması ilə PPO aktivliyi də artmışdır ki, bu da genotipin genetik xüsusiyyətləri ilə izah oluna bilər.

Beləliklə, aparılan tədqiqatlarda müəyyən edilmişdir ki, buğda cücərtilərində fenol mübadiləsinin sürəti bitkinin fərdi xüsusiyyətlərindən və NH-ların dozasından asılı olaraq dəyişir. Bu baxımdan müxtəlif buğda genotiplərində metaloksid NH-ların təsiri altında polifenolların oksidləşməsinin tədqiqi böyük əhəmiyyət kəsb edir.

3.1.3. Müxtəlif qatılıqlarda dəmir (III) oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində katalazanın aktivliyinə təsiri

KAT fermentinin maksimal aktivliyi Mİrbəşir-128 genotipində NH-ların 0,1 mM qatılığında müşahidə edilmişdir ki, bu da kontroldan təxminən 2,5 dəfə yüksək olmuşdur. Minimal ferment aktivliyi isə Qarabağ genotipində NH-ların 0,6 mM qatılığında qeydə alınmışdır (şəkil 3).

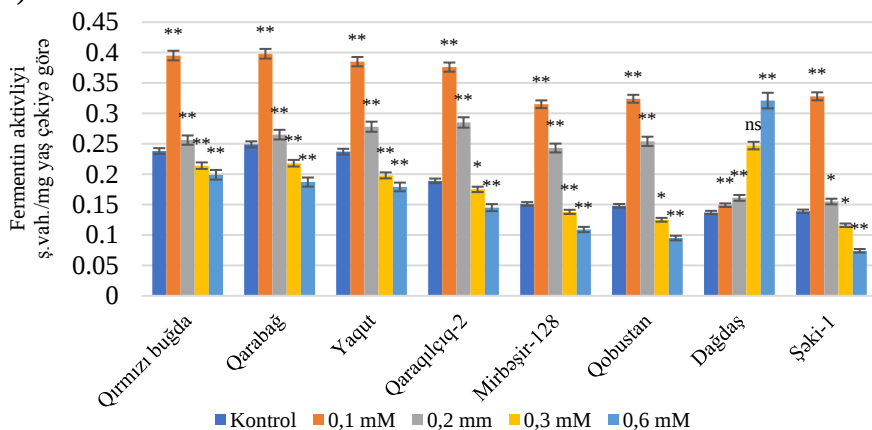


Şəkil 3. Buğda cücərtilərində Fe_2O_3 NH-ların KAT aktivliyinə təsiri

Aşağı qatılıqlarda (0,1-0,2 mM) NH-lar fermentinin aktivliyinə stimullaşdırıcı təsir göstərmişdir. NH-ların 0,6 mM qatılığında isə KAT aktivliyi, Dağdaş genotipi istisna olmaqla, bütün tədqiq olunan buğda genotiplərində əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır. Bu, NH-ların yüksək dozalarının təsiri nəticəsində çoxsaylı OFF-lərin toplanması və nəticədə fermentativ aktivliyinin zəifləməsi və hüceyrə membranlarının deqradasiyası ilə izah oluna bilər. Bununla yanaşı, buğda cücərtilərində fərdi xüsusiyyətlərini də nəzərə almaq mütləqdir. Tədqiqatların nəticələrinə əsasən, NH-ların optimal qatılığı 0,1 mM olmuşdur.

3.1.4. Müxtəlif qatılıqlarda dəmir (III) oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində superoksiddismutazanın aktivliyinə təsiri

Fe_2O_3 NH-ların 0,1mM və 0,2 mM qatılıqları bütün tədqiq olunan genotiplərdə SOD aktivliyinin artmasına səbəb olmuş, 0,3 və 0,6 mM qatılıqlarda isə Dağdaş genotipi istisna olmaqla, SOD aktivliyinin əhəmiyyətli dərəcədə azalması müşahidə edilmişdir (şəkil 4).



Şəkil 4. Buğda cücərtilərində Fe_2O_3 NH-ların SOD aktivliyinə təsiri

Məlum olduğu kimi, NH-ların aşağı qatılıqları stimullaşdırıcı təsir göstərir, halbuki, yüksək dozalarda onlar çoxsaylı OFF-lərin

yanarması ilə hüceyrə strukturlarını zədələyərək, AOS fəaliyyətini inhibirləşdirir.

Maksimal aktivlik Qarabağ genotipində NH-ların 0,1 mM qatılığında müşahidə edilmişdir ki, bu da kontrol ilə müqayisədə təxminən 83% yüksək olmuşdur. Ön aşağı aktivlik isə NH-ların 0,6 mM qatılığında Şəki-1 genotipində qeydə alınmışdır.

Beləliklə, Fe₂O₃ NH-ların qatılığının artması ilə Dağdaş genotipində müxtəlif antioksidant fermentlərinin aktivliyinin yüksəlməsi, bu genotipin davamlı buğda sortlarının seleksiyasında istifadəsini tövsiyə etməyə imkan verir.

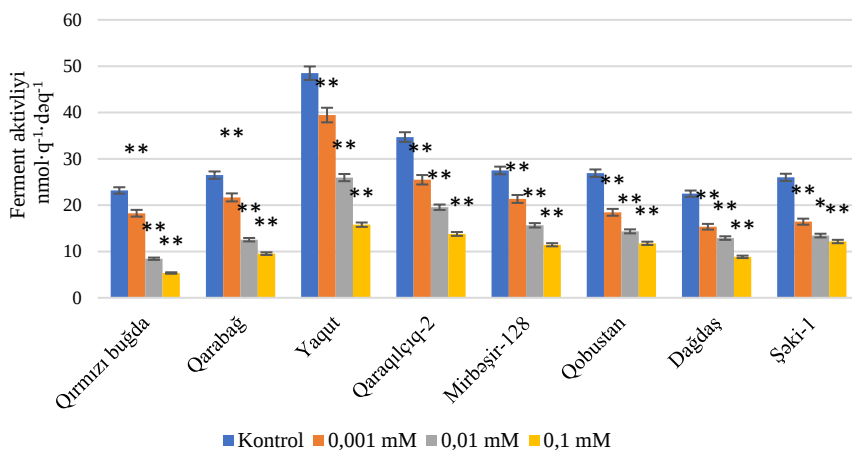
3.2. Alüminium oksid NH-ların müxtəlif qatılıqlarının buğda yarpaqlarında antioksidant fermentlərin aktivliyinə təsiri

Eksperimentlərdə müxtəlif buğda genotiplərinin toxumları alüminium oksid NH-ların 0,001 mM, 0,01 mM və 0,1 mM məhlulları ilə işlənilmişdir.

3.2.1. Müxtəlif qatılıqlarda alüminium oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində askorbatperoksidazanın aktivliyinə təsiri

Bərk buğda genotipləri arasında fermentin minimal aktivliyi Qırmızı buğda genotipində NH-ların 0,1 mM qatılığında müşahidə edilmişdir ki, bu da kontrol göstəricilərindən 4-5 dəfə aşağıdır. Yumşaq buğda genotiplərinə gəldikdə isə fermentin minimal aktivliyi NH-ların 0,1 mM qatılığında Dağdaş genotipində qeydə alınmışdır. Fermentin maksimal aktivliyi kontrol qrupa aid Yaqut bərk buğda genotipi və Mirbəşir-128 yumşaq buğda genotipində müşahidə edilmişdir (şəkil 5).

Beləliklə, məlumatların təhlili göstərdi ki, NH-ların qatılıqları artdıqca APO aktivliyi azalmışdır. Nəticədə, NH-ların artan dozalarının fermentlərin aktivliyinə və müvafiq olaraq, bitkilərdə AOS-un fəaliyyətinə mənfi təsiri aşkar edilmişdir.

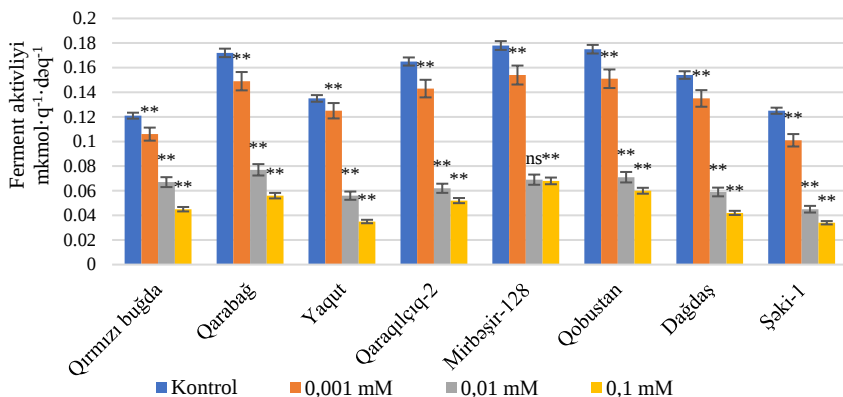


Şəkil 5. Buğda cücərtilərində Al_2O_3 NH-ların APO aktivliyinə təsiri

3.2.2. Müxtəlif qatılıqlarda alüminium oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində polifenoloksidazanın aktivliyinə təsiri

Tədqiq olunan bütün qatılıqlarda NH-lar ferment aktivliyinə inhibirləşdirici təsir göstərmişdir. Ən yüksək PPO aktivliyi Mirbəşir-128 genotipinin kontrol variantlarında, ən aşağı aktivlik isə Şəki-1 genotipində NH-ların 0,1 mM qatılığında müşahidə edilmişdir ki, bu da kontroldan 73% aşağıdır (şəkil 6).

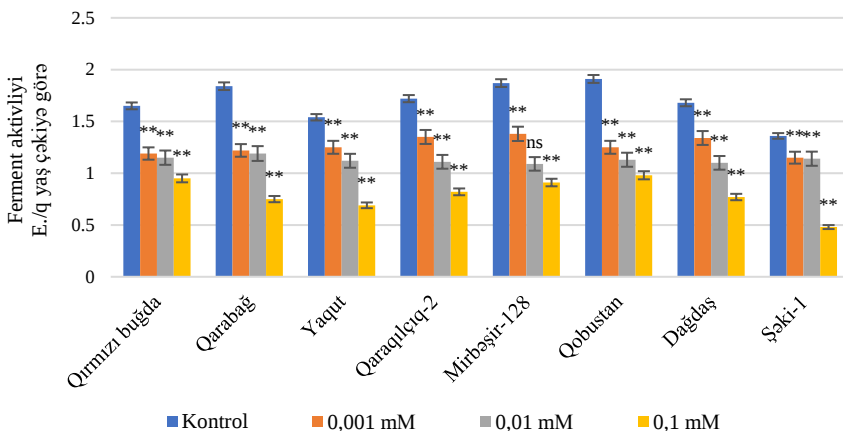
Nəticələrin təhlili zamanı müəyyən olunmuşdur ki, NH-ların qatılıqlarının artması ilə onların inhibirləşdirici təsiri də artır. Bu səbəbdən Al_2O_3 NH-ların kənd təsərrüfatında istifadəsi məqsədsüyük deyildir.



Şəkil 6. Buğda cücərtilərində Al_2O_3 NH-ların PPO aktivliyinə təsiri

3.2.3. Müxtəlif qatılıqlarda alüminium oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində katalazanın aktivliyinə təsiri

Fermentin aktivliyinin maksimal qiyməti (1,91 E/q) Qobustan genotipinin kontrol nümunələrində müşahidə edilmişdir. Minimal KAT aktivliyi isə Şəki-1 genotipinin cücərtilərində NH-ların 0,1 mM qatılığında qeydə alınmışdır (şəkil 7).



Şəkil 7. Buğda cücərtilərində Al_2O_3 NH-ların KAT aktivliyinə təsiri

Nəticələrin analizi NH-ların artan qatılıqlarının AOS-un fəaliyyətinə inhibirləşdirici təsirlərinin güclənməsini üzə çıxararaq, qeyd olunan NH-ların aqronomiyada tətbiqi ilə bağlı riskləri müəyyən etməyə imkan yaratmışdır.

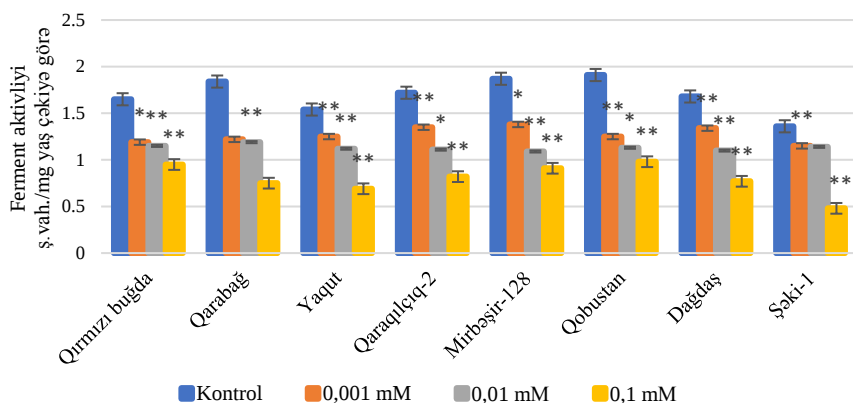
3.2.4. Müxtəlif qatılıqlarda alüminium oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində superoksiddimutazanın aktivliyinə təsiri

NH-ların təsiri dozadan asılı xarakter daşımış, fermentin ən yüksək aktivliyi Qobustan genotipinin kontrol nümunələrində, minimal aktivliyi isə NH-ların 0,1 mM qatılığında Şəki-1 cücərtilərində müşahidə edilmişdir (şəkil 8).

NH-lar bütün qatılıqlarda ferment aktivliyinə inhibirləşdirici təsir göstərmişdir. 0,1 mM qatılıqda isə NH-lar buğda cücərtilərində SOD aktivliyinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb olmuşdur ki, bu da onların zərərli təsirini sübut edir.

3.3. Sink oksid NH-ların müxtəlif qatılıqlarda buğda yarpaqlarında antioksidant fermentlərin aktivliyinə təsiri

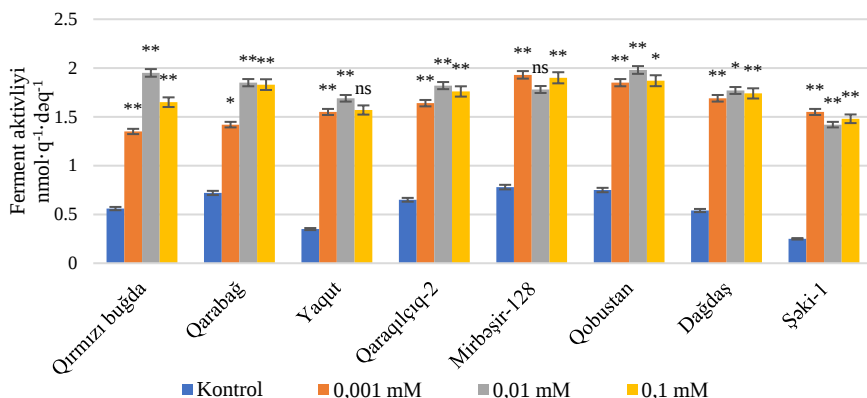
Tədqiqatlarda NH-ların 0,001 mM, 0,01 mM və 0,1 mM məhlullarının müxtəlif buğda cücərtilərində antioksidant fermentlərin aktivliyinə təsiri öyrənilmişdir.



Şəkil 8. Buğda cücərtilərində Al_2O_3 NH-ların SOD aktivliyinə təsiri

3.3.1. Müxtəlif qatılıqlarda sink oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində askorbatperoksidazanın aktivliyinə təsiri

NH-lar tədqiq edilən bütün qatılıqlarda buğda cücərtilərində APO aktivliyinə müsbət təsir göstərmişdir. Şəkil 9-a əsasən, NH-ların 0,01 mM qatılığı, Şəki-1 və Mirbəşir-128 genotipləri istisna olmaqla, digər genotiplərdə ferment aktivliyinə təsirin optimal qatılığı kimi müəyyən olunmuşdur.



Şəkil 9. Buğda cücərtilərində ZnO NH-ların APO aktivliyinə təsiri

Fermentin maksimal aktivliyi Qobustan genotipində 0,01 mM qatılıqda (bu göstərici kontrol nümunələrindən 164% yüksəkdir), minimal aktivliyi isə 0,001 mM qatılıqda Qırmızı buğda genotipinin cücərtilərində qeydə alınmışdır. Tədqiq edilən buğda genotipləri üçün NH-ların 0,01 mM qatılığı optimal hesab olunsada, 0,1 mM və 0,001 mM qatılıqlar da fermentin aktivliyinə müsbət təsir göstərmişdir. Bu da NH-ların APO-nun fəaliyyətinə təsirinin buğda genotiplərinin fərdi xüsusiyyətlərindən asılılığını güman etməyə əsas verir.

3.3.2. Müxtəlif qatılıqlarda sink oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində polifenoloksidazanın aktivliyinə təsiri

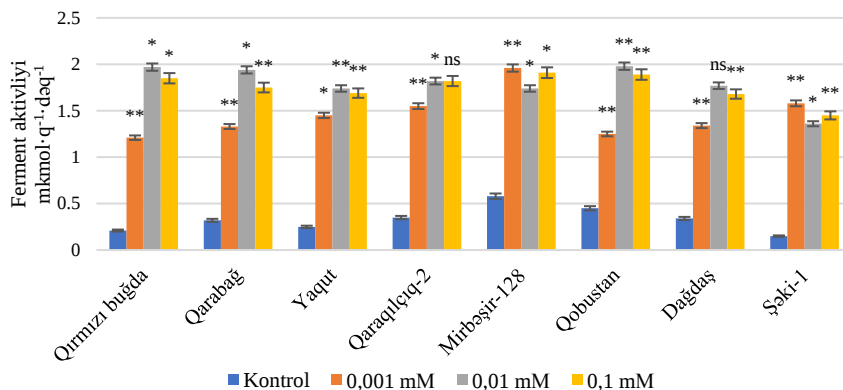
Aparılan təcrübələrin nəticələrinə görə, NH-lar qeyd olunan qatılıqlarda buğda cücərtilərində PPO aktivliyinə stimullaşdırıcı təsir

göstərmiş, optimal qatılıq kimi 0,01 mM müəyyən edilmişdir. Ferment aktivliyinin maksimal göstəriciləri NH-ların 0,01 mM qatılığında, ən aşağı göstəricilər isə 0,001 mM qatılıqda Mirbəşir-128 və Şəki-1 genotipləri istisna olmaqla digər buğda cücərtiləri üçün xarakterik olmuşdur (şəkil 10).

Fermentin maksimal aktivliyi Qobustan genotipində NH-ların 0,01 mM qatılığının təsiri zamanı müşahidə edilmişdir ki, bu da kontrol göstəricilərindən 4-5 dəfə yüksəkdir. Minimal aktivlik isə NH-ların 0,001 mM qatılığının təsiri altında Qırmızı buğda genotipində qeydə alınmışdır.

3.3.3. Müxtəlif qatılıqlarda sink oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində katalazanın aktivliyinə təsiri

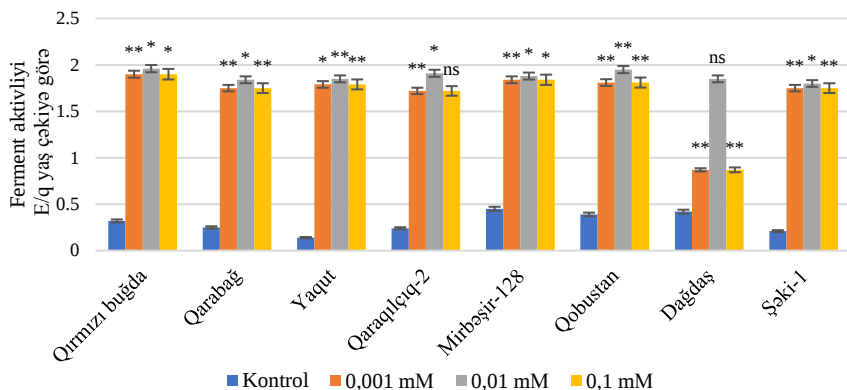
KAT fermentinin ən yüksək aktivliyi bərk buğda genotipləri arasında Qırmızı buğda cücərtilərində NH-ların 0,01 mM qatılığında müşahidə edilmişdir ki, bu da həmin genotipin kontrol göstəricilərindən 5 dəfə yüksəkdir, yumşaq buğda genotipləri arasında isə maksimal aktivlik Qobustan cücərtilərində eyni qatılığın təsiri altında qeydə alınmışdır.



Şəkil 10. Buğda cücərtilərində ZnO NH-ların PPO aktivliyinə təsiri

Fermentin ən aşağı aktivliyi NH-ların 0,001 mM qatılıqlı təsiri altında bərk buğda genotiplərindən Qaraqılçıq-2, yumşaq buğda

cücərtilərindən isə Dağdaş genotipi üçün xarakterik olmuşdur ki, bu da NH-ların KAT aktivliyinə təsirinin tədqiq olunan bitkilərin fərdi xüsusiyyətlərindən asılılığını söyləməyə əsas verir (şəkil 11). Buna baxmayaraq, əldə etdiyimiz nəticələrə əsasən NH-ların KAT aktivliyinə təsiri zamanı 0,01 mM qatılıq optimal hesab olunmuşdur.



Şəkil 11. Buğda cücərtilərində ZnO NH-ların KAT aktivliyinə təsiri

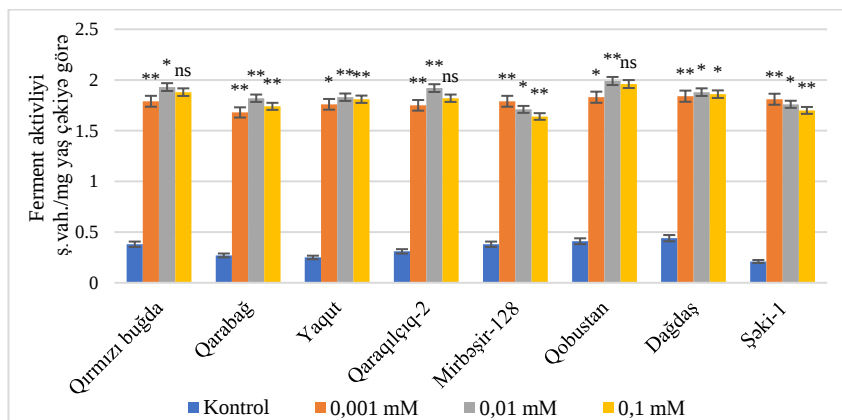
3.3.4. Müxtəlif qatılıqlarda sink oksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində superoksiddismutazanın aktivliyinə təsiri

Şəkil 12-dən müşahidə olunduğu kimi, bərk və yumşaq buğda cücərtilərinə NH-ların təsir nəticələri müxtəlif olmuşdur. Bərk və yumşaq buğda cücərtilərində, Mirbəşir-128 və Şəki-1 genotipləri istisna olmaqla, NH-ların fərqli qatılıqlarının təsiri altında SOD aktivliyi kontrolla müqayisədə yüksəlmişdir, buna baxmayaraq NH-ların optimal qatılığı kimi 0,01 mM müəyyən olunmuşdur.

Bərk buğda genotipləri arasında SOD-un maksimal aktivliyi NH-ların 0,01 mM qatılığının təsiri altında Qırmızı buğda cücərtilərində müşahidə edilmişdir ki, bu da kontroldan 5 dəfə yüksək olmuşdur. Yumşaq buğda genotipləri arasında isə NH-ların eyni qatılığının təsiri altında Qobustan cücərtilərində qeydə alınmışdır.

SOD fermentinin ən aşağı aktivliyi bərk və yumşaq buğda nümunələri arasında Qarabağ və Mirbəşir-128 genotiplərində,

müvafiq olaraq, 0,001 mM və 0,1 mM qatılıqlarda müşahidə edilmişdir.



Şəkil 12. Buğda cücərtilərində ZnO NH-ların SOD aktivliyinə təsiri

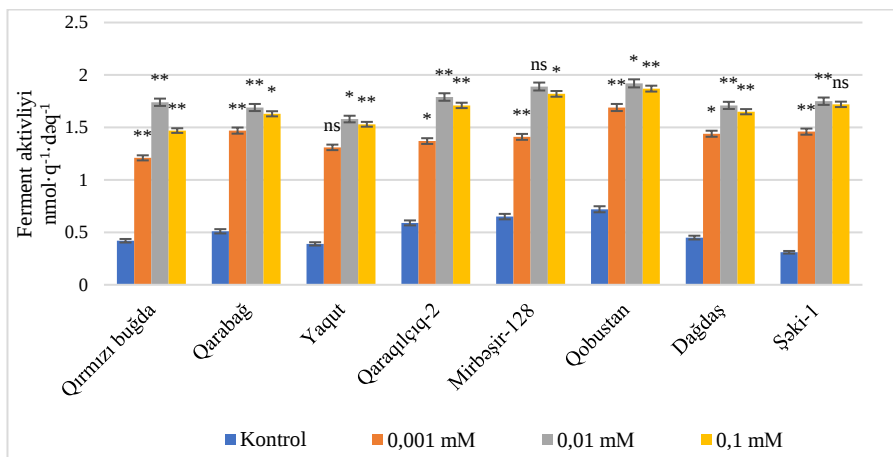
Beləliklə, alınan nəticələrdən güman olunur ki, tədqiq olunan buğda genotiplərində NH-ların SOD aktivliyinə təsiri genotipik xüsusiyyətlərdən də asılıdır.

3.4. Titan dioksid NH-ların müxtəlif qatılıqlarda buğda yarpaqlarında antioksidant fermentlərin aktivliyinə təsiri

Tərəfimizdən TiO_2 NH-ların 0,001 mM, 0,01 mM və 0,1 mM qatılıqlarda buğda genotiplərinin yarpaqlarında antioksidant fermentlərin aktivliyinə təsiri öyrənilmişdir.

3.4.1. Müxtəlif qatılıqlarda titan dioksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində askorbatperoksidazanın aktivliyinə təsiri

NH-lar tədqiq edilmiş bütün qatılıqlarda müxtəlif buğda cücərtilərində APO aktivliyinə stimullaşdırıcı təsir göstərmiş, onların optimal qatılığı isə 0,01 mM olmuşdur (şəkil 13). Fermentin maksimal aktivliyi Qobustan genotipində NH-ların 0,01 mM qatılığında, minimal aktivliyi isə 0,001 mM qatılıqda Qırmızı buğda nümunələrində qeydə alınmışdır.



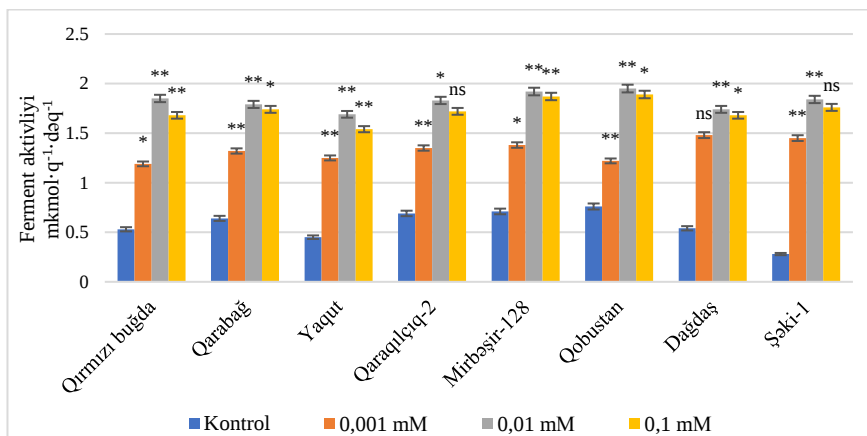
Şəkil 13. Buğda cücərtilərində TiO_2 NH-ların APO aktivliyinə təsiri

NH-ların 0,1 mM qatılığının APO aktivliyinə müsbət təsir göstərməsinə baxmayaraq, bu qatılığın stimullaşdırıcı təsiri daha az olmuşdur. Bundan əlavə, risklərin minimuma endirilməsi və NH-ların mənfi təsirlərinin qarşısının alınması məqsədi ilə tədqiq olunan buğda genotiplərində 0,01 mM qatılıq daha təhlükəsiz hesab olunmuşdur.

3.4.2. Müxtəlif qatılıqlarda titan dioksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində polifenoloksidazanın aktivliyinə təsiri

Təcrübələrin nəticələrinə əsasən, NH-lar tədqiq edilmiş bütün buğda genotiplərində PPO aktivliyinə müsbət təsir göstərmişdir (şəkil 14).

Aparılan tədqiqatlar zamanı buğda yarpaqlarında NH-ların PPO aktivliyinə təsiri ilə bağlı ən optimal qatılıq 0,01 mM müəyyən edilmişdir. NH-ların digər qatılıqlarının da kontrol göstəriciləri ilə müqayisədə, ferment aktivliyinin yüksəlməsinə səbəb olduğu müşahidə edilmişdir. Buna baxmayaraq, maksimal göstərici Qobustan genotipində NH-ların 0,01 mM qatılığında qeydə alınmışdır ki, bu da kontroldan 156% yüksəkdir.



Şəkil 14. Buğda cücərtilərində TiO_2 NH-ların PPO aktivliyinə təsiri

PPO-nun minimal aktivliyi NH-ların 0,001 mM qatılığında Qırmızı buğda genotiplərində müşahidə edilmişdir.

3.4.3. Müxtəlif qatılıqlarda titan dioksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində katalazanın aktivliyinə təsiri

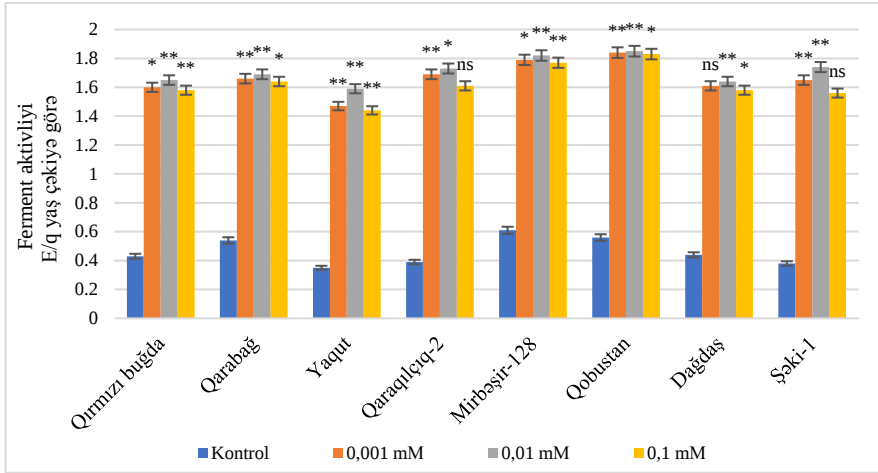
NH-lar bütün qatılıqlarda tədqiq olunan buğda genotiplərində ferment aktivliyinə stimullaşdırıcı təsir göstərmişdir.

KAT-ın maksimal aktivliyi NH-ların 0,01 mM qatılığında Qobustan genotipinin cücərtilərində, bərk buğda sortlarından isə Qaraqılçığ-2 genotipində müşahidə edilmişdir. KAT-ın minimal aktivliyi isə müvafiq olaraq, 0,1 mM qatılıqda Şəki-1 və Yaqut genotiplərində qeydə alınmışdır (şəkil 15).

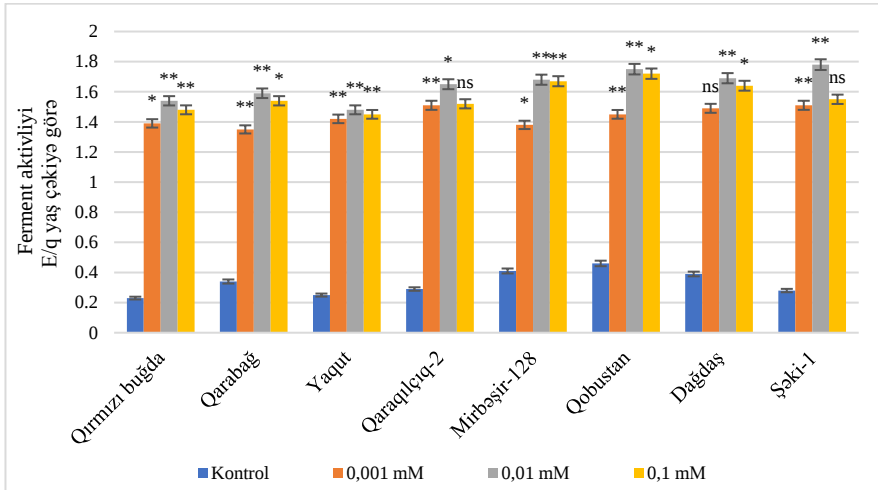
3.4.4. Müxtəlif qatılıqlarda titan dioksid NH-ların *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində superoksiddismutazanın aktivliyinə təsiri

Tədqiq olunan bütün buğda genotiplərində NH-lar ferment aktivliyinə stimullaşdırıcı təsir göstərmişdir. Fermentin maksimal aktivliyi bərk buğda genotiplərindən Qaraqılçığ-2, yumşaq buğda

genotiplərdən isə Şəki-1 cücərtilərində NH-ların 0,01 mM qatılığının təsiri zamanı müşahidə edilmişdir (şəkil 16).



Şəkil 15. Buğda cücərtilərində TiO₂ NH-ların KAT aktivliyinə təsiri



Şəkil 16. Buğda cücərtilərində TiO₂ NH-ların SOD aktivliyinə təsiri

Əldə edilən göstəricilər kontroldan əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olduğundan NH-ların 0,01 mM qatılığı ferment aktivliyinə təsir

baxımından optimal hesab edilə bilər. Fermentin minimal aktivliyi isə NH-ların 0,001 mM qatılığında, uyğun olaraq, Qarabağ və Mirbəşir-128 genotiplərində müşahidə edilmişdir.

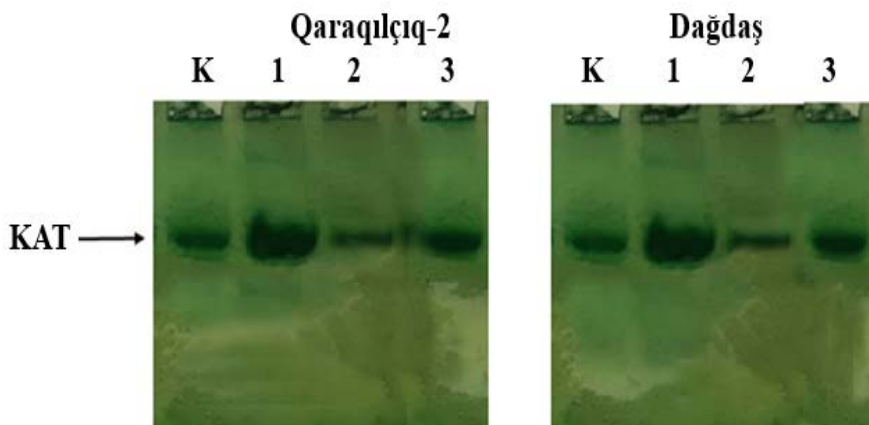
Bu fəsilə təqdim olunan məlumatlara əsasən, iddia etmək olar ki, müxtəlif NH-ların antioksidant fermentlərin fəaliyyətinə təsirləri mövcuddur və bu, dozadan asılı xarakter daşıyır. Belə ki, NH-ların bitkilərə təsirinin nəticələri həm onların növündən, həm də tətbiq olunan qatılığından asılıdır, buna görə də NH-lardan istifadə etməzdən əvvəl metabolik proseslərə müsbət təsir göstərən, fotosintetik prosesləri sürətləndirən, xlorofil a və b-nin miqdarını və antioksidant fermentlərin aktivliyini artıran növlərini seçmək və onların optimal dozalarını müəyyənlişdirmək vacibdir.

3.5. Antioksidant sistem fermentlərinin izoferment analizi

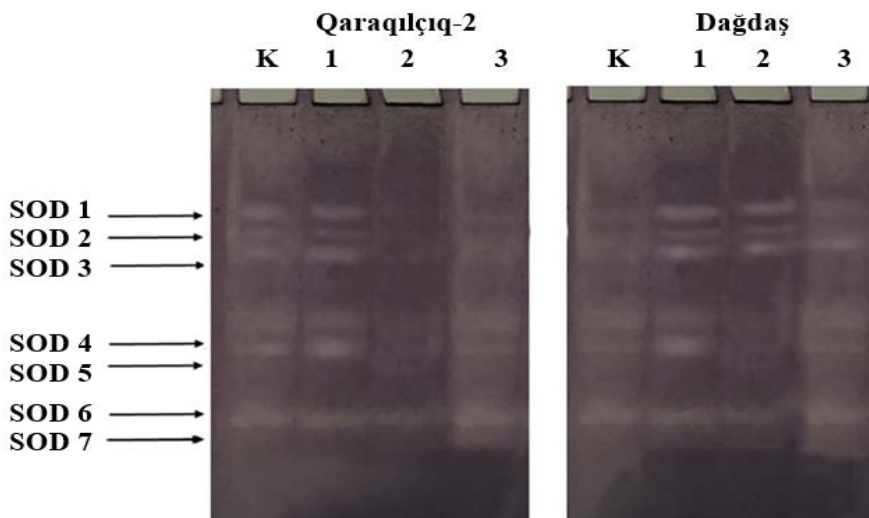
NH-ların optimal qatılıqlarının təsiri altında KAT, SOD və APO fermentlərinin izoenzim tərkibi yüksək məhsuldar iki sortda – Qaraqılçiq-2 (bərək buğda) və Dağdaş (yumşaq buğda) genotiplərində öyrənilmişdir (şəkil 17, 18 və 19).

Alınmış nəticələr göstərdi ki, TiO_2 və ZnO NH-ları KAT, SOD fermentlərinin ekspressiyasını əhəmiyyətli dərəcədə artırır, halbuki Fe_2O_3 NH-ların təsiri daha zəif olmuşdur. APO fermentinin elektroforeqramlarında isə spektr intensivliyi Fe_2O_3 NH-ların təsiri altında daha güclü olmuşdur. Bu isə NH-ların antioksidant fermentlərin aktivliyində tənzimləyici rol oynadığını sübut edir.

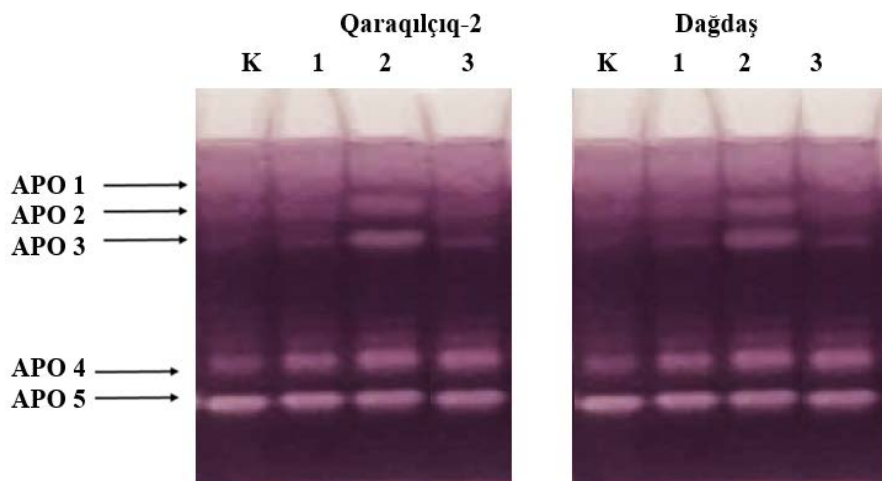
Ekspərimentlər zamanı SOD-un 7, APO-nun 5 və KAT-ın isə 1 izoformasını müəyyən edilmişdir ki, onların ekspressiya səviyyəsi NH-ların növündən asılı olaraq dəyişmişdir.



Şəkil 17. Qaraqılçıq-2 və Dağdaş genotiplərinin yarpaqlarında KAT fermentinin izoenzim tərkibi: K-kontrol, 1-TiO₂ NH ilə işlənmiş, 2-Fe₂O₃ NH ilə işlənmiş, 3-ZnO NH ilə işlənmiş nümunələr.



Şəkil 18. Qaraqılçıq-2 və Dağdaş genotiplərinin yarpaqlarında SOD fermentinin izoenzim tərkibi: K-kontrol, 1-TiO₂ NH ilə işlənmiş, 2-Fe₂O₃ NH ilə işlənmiş, 3-ZnO NH ilə işlənmiş nümunələr.



Şəkil 19. Qaraqılçıq-2 və Dağdaş genotiplərinin yarpaqlarında APO fermentinin izoenzim tərkibi: K-kontrol, 1-TiO₂ NH ilə işlənmiş, 2-Fe₂O₃ NH ilə işlənmiş, 3-ZnO NH ilə işlənmiş nümunələr.

IV FƏSİL. METALOKSİD NANOHİSSƏCİKLƏRİN MÜXTƏLİF BUĞDA GENOTİPLƏRİNDƏ MORFOFİZIOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRƏ VƏ MƏHSULDARLIĞA TƏSİRİ

Kənd təsərrüfatının bütün sahələrində müxtəlif NH-ların istifadəsinin mütərəqqi təkmilləşdirilməsi tendensiyası müşahidə edilir, bu da metalların bioloji təhlükəsizliyinin dərinədən öyrənilməsinə səbəb olur. Unutmayaq ki, bəzi metallar və onların oksidləri toksik və prooksidant xüsusiyyətlərə malik ola bilər¹².

Tədqiq olunan buğda genotiplərinin cücərtilərində Fe₂O₃, TiO₂ və ZnO NH-ların morfoloji xüsusiyyətlərə, məhsuldarlığa və fotosintetik piqmentlərin miqdarına təsiri haqqında müqayisəli məlumatlar mövcud deyil.

¹² Короткова, А.М. Морфофизиологические изменения у пшеницы (*Triticum vulgare* L.) под влиянием наночастиц металлов (Fe, Cu, Ni) и их оксидов (Fe₃O₄, CuO, NiO) / А.М.Короткова, С.В.Лебедев, Ф.Г.Каюмов [и др.] // Сельскохозяйственная биология, – 2017, т. 52, №1, – с. 172-182.

İlk dəfə olaraq, buğda genotiplərində yuxarıda qeyd olunan NH-ların təsirinin öyrənilməsinə həsr olunmuş kompleks analizlər aparılmışdır.

Kənd təsərrüfatı bitkilərinin becərilməsi zamanı NH-ların istifadəsi üzrə aparılan son işlər onların bitki toxumlarının böyüməsinə və inkişafına dinamik təsir göstərdiyini sübut etmişdir. Bitkilərdə fotosintetik aparatın fəaliyyəti əsasən istifadə olunan NH-lardan və antioksidant fermentlərin aktivliyindən asılıdır. Buna görə də NH-ların məhsulun strukturuna və fotosintetik aparatın fəaliyyətinə təsirinin öyrənilməsi böyük nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir¹³.

Normal şəraitdə toxumların cücərməsi uzun zaman aparır, amma onların NH-larla işlənməsi yüksək cücərmə nəticələri əldə etməyə imkan verir, bu da həmin NH-ların geniş istifadəsi üçün şərait yaradır.

APO, SOD, KAT, PPO aktivliyinə təsir edərək NH-ların 0,01 mM qatılığının optimal olduğunu nəzərə alaraq, tədqiqatlarımızda normal suvarma şəraitində müxtəlif buğda genotiplərinin cücərtilərində Fe_2O_3 , TiO_2 , ZnO və Al_2O_3 NH-ların məhz 0,01 mM məhlullarının fotosintetik pigmentlərin miqdarına və məhsuldarlığa təsiri öyrənilmişdir. Təqdim olunan məlumatların təhlili göstərmişdir ki, Al_2O_3 NH-ları istisna olmaqla, digər NH-lar qeyd olunan göstəricilərə müsbət təsir göstərmişdir.

Nəticələrin təhlili zamanı əldə edilən göstəricilərin Fe_2O_3 NH-ların təsiri altında maksimum səviyyədə olduğu müəyyən olunmuşdur ki, bu da onların kənd təsərrüfatında geniş miqyaslı istifadəsi üçün zəmin yaradır.

Beləliklə, buğda toxumlarının səpindən öncə NH-larla işlənilməsi nəinki morfofizioloji parametrlərdə qeyri-müəyyən dəyişikliklərə, həm də genotiplərin NH-lara qarşı fərqli həssaslığına səbəb olmuşdur.

NH-ların 0,01 mM qatılığının bitkilərdə ferment aktivliyinə və fotosintetik pigmentlərin miqdarına minimal inhibirləşdirici təsirini nəzərə alsaq, bu qatılığın növbəti tədqiqatlarda istifadəsi ən təhlükəsiz və səmərəli hesab oluna bilər.

¹³Chen, YE. Comparison of photosynthetic characteristics and antioxidant systems in different wheat strains / Y. Su, CM. Zhang [et al.] // J. Plant Growth Regul. – 2018, vol. 37, – p. 347–359.

V FƏSİL. MÜXTƏLİF BUĞDA GENOTİPLƏRİNDƏ MORFOFİZİOLOJİ VƏ BİOKİMYƏVİ GÖSTƏRİCİLƏRİN ÇOXÖLÇÜLÜ STATİSTİK ANALİZLƏRİ

Kənd təsərrüfatı qarşısında dayanan əsas məqsədlərdən biri ərzaq çatışmazlığı probleminin həllidir. Bu səbəbdən, taxıl bitkilərinin məhsuldarlığının artırılması müasir dövrün əsas prioritetlərindən hesab olunur¹⁴.

Buğda genotiplərində antioksidant ferment aktivliyinin məhsuldarlığa təsirini qiymətləndirmək üçün fotosintetik pigmentlərin tərkibi, AOS-un biokimyəvi göstəriciləri və məhsuldarlıq elementləri arasında əlaqəni müəyyən edən korrelyasiya analizini aparmaq zərurəti yaranmışdır. Bu parametrlər arasındakı korrelyasiyalar, bitkilərin optimal böyüməsini təmin edən və onların stresli ətraf mühit şəraitinə davamlılığını artıran mümkün mexanizmlərin müəyyən edilməsinə kömək edəcəkdir.

5.1. *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində məhsuldarlıq elementlərinin korrelyasiya analizi

Tədqiq olunan bütün buğda genotiplərində məhsuldarlıq elementləri arasında 1% ehtimallıqla statistik əhəmiyyətli müsbət korrelyativ asılılıqlar aşkar edilmişdir, yalnız yumşaq buğda genotiplərində sünbüldəki dənin kütləsi ilə məhsuldarlıq (q/m^2) əlamətləri arasında mənfi, statistik qeyri-etibarlı korrelyasiya ($r=-0,100$) müşahidə olunmuş, bərk buğda genotiplərdə isə uyğun əlamətlər arasında müəyyən edilmiş korrelyasiya 5% ehtimallıqla etibarlı ($r=0,306^*$) olmuşdur.

Beləliklə, tədqiq olunan bitkilərin maksimal məhsuldarlığına nail olmaq üçün məhsuldarlığın əsas göstəricilərinin optimal səviyyədə saxlanması vacibdir.

14 Chaudhry, N. Bioinspired nanomaterials in agriculture and food industry: current state, predicted applications and problems / N.Chaudhry, S.Dwivedi, V.Chaudhry [et al.] // Microbe. Pathog., – 2018, vol. 123, – p. 196-200.

5.2. *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində fotosintetik piqmentlərin miqdarı ilə antioksidant fermentlərin aktivliyi arasındakı korrelyasiya əlaqələri

Təqdim olunan təhlil, bitkilərin müxtəlif stres amillərinə qarşı davamlılıq mexanizmlərinin öyrənilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu qarşılıqlı əlaqə həm bitkilərin fizioloji vəziyyətini, həm də onların uyğunlaşma potensialını əks etdirməyə imkan verir.

Əldə edilmiş məlumatlara əsasən, bərk buğda genotiplərində fotosintetik piqmentlərin miqdarı ilə PPO aktivliyi arasında müsbət korrelyasiyalar, SOD və KAT fermentlərinin aktivlikləri ilə isə mənfi korrelyasiyalar müəyyən edilmişdir (cədvəl 1), bu da piqment miqdarının dəyişməsi zamanı cücərtilərin qoruyucu reaksiyasını nümayiş etdirir. Yumşaq buğda genotiplərinə gəldikdə isə piqmentlər arasında güclü müsbət əlaqə qorunub saxlanılmış, piqmentlərlə antioksidant fermentlərin aktivlikləri arasında isə ya zəif əlaqə aşkarlanmış, ya da korrelyasiya təyin edilməmişdir ki, bu da onların qarşılıqlı təsir mexanizmlərindəki fərqləri səciyyələndirir (cədvəl 2).

Cədvəl 1.

Bərk buğda sortlarının cücərtilərində fotosintetik piqmentlərin miqdarı ilə antioksidant fermentlərin aktivliyi arasındakı korrelyasiya əlaqələri (*Triticum durum* Desf.)

	Xl. a	Xl. b	Xl. a+b	Xl a/b	Kar.	APO	PPO	KAT	SOD
Xl. a	1	0,970**	0,997**	-0,513**	0,975**	0,027	0,375**	-0,283*	-0,348**
Xl. b		1	0,986**	-0,666**	0,975**	-0,068	0,426**	-0,228	-0,298*
Xl. a+b			1	-0,553**	0,983**	0,006	0,387**	-0,274*	-0,340**
Xl a/b				1	-0,564**	0,492**	-0,558**	-0,177	-0,104
Kar.					1	-0,040	0,399**	-0,253*	-0,320**

Qeyd: **- yüksək dərəcədə statistik etibarlı, $p \leq 0,01$; *- statistik etibarlı, $p \leq 0,05$ (Pearson-un korrelyasiya əmsalı üzrə)

Cədvəl 2.

Yumşaq buğda sortlarının cücərtilərində fotosintetik piqmentlərin miqdarı ilə antioksidant fermentlərin aktivliyi arasındakı korrelyasiya əlaqələri (*Triticum aestivum* L.)

	Xl. a	Xl. b	Xl. a+b	Xl. a/b	Kar.	APO	PPO	KAT	SOD
Xl. a	1	0,993**	0,999**	0,463**	0,937**	0,144	0,366**	-0,212	-0,201
Xl. b		1	0,996**	0,378**	0,936**	0,112	0,403**	-0,186	-0,184
Xl. a+b			1	0,443**	0,937**	0,141	0,370**	-0,210	-0,201
Xl a/b				1	0,459**	0,215	-0,027	-0,252*	-0,220
Kar.					1	0,047	0,387**	-0,190	-0,185

Qeyd: **- yüksək dərəcədə statistik etibarlı, $p \leq 0,01$; *- statistik etibarlı, $p \leq 0,05$ (Pearson-un korrelyasiya əmsalı üzrə)

5.3. *Triticum durum* Desf. və *Triticum aestivum* L. cücərtilərində fotosintetik piqmentlərin miqdarı ilə məhsuldarlıq göstəriciləri arasındakı korrelyasiya əlaqələri

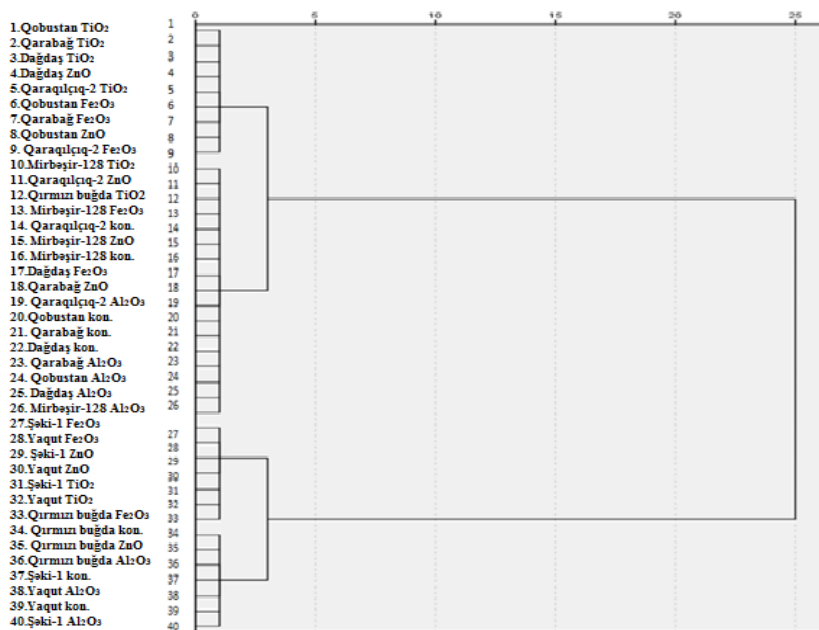
Aparılan hesablamalar nəticəsində bərk və yumşaq buğda genotiplərində fotosintetik piqmentlərin miqdarı ilə məhsuldarlıq göstəriciləri arasında müsbət korrelyasiyalar (müvafiq olaraq, $r=0,379^{**}$, $r=0,351^{**}$, $r=0,407^{**}$ və $r=0,523^{**}$, $r=0,492^{**}$, $r=0,411^{**}$) müşahidə edilmişdir.

Bütün buğda genotiplərində karotinoidlərlə məhsuldarlıq elementləri arasında güclü müsbət korrelyasiyalar aşkar olunmuşdur ki, bu da onların fotosintez aparatının qorunmasında və taxıl bitkilərinin məhsuldarlığının artırılmasında mühüm rol oynadığını vurğulayır. Xlorofillər arasındakı nisbət xüsusilə məhsuldarlığa müsbət təsir göstərmişdir ki ($r=0,462^{**}$), bu da yumşaq genotiplərdə piqmentlərin fərqli metabolik dinamikasının olduğunu sübut edir. Bərk buğda cücərtilərində xlorofillər arasındakı nisbət ilə dən kütləsi arasında mənfi asılılıq ($r=-0,470^{**}$) müşahidə edilmişdir, bu da fotosistemlərin işıqlandırma şəraitinə uyğunlaşması ilə izah oluna bilər.

Korrelyasiya analizi ilə yanaşı, NH-ların təsiri altında buğda genotiplərinin məhsuldarlıq elementlərinə görə klaster analizi aparılmış və dendroqram qurulmuşdur (şəkil 20). Evklid genetik

məsafə indeksinin qiymətləri əsasında tərtib olunmuş dendroqrama əsasən I klaster TiO_2 , ZnO və Fe_2O_3 NH-ların 0,01 mM qatılıqlarının təsiri altında yüksək məhsuldar genotipləri (Qobustan, Qarabağ, Dağdaş və Qaraqılçıq-2) birləşdirməklə, onları digər genotiplərdən fərqləndirməkdə effektiv olmuş, II klaster orta məhsuldar genotipləri, III klaster aşağı məhsuldar, IV klaster isə digər qruplarla müqayisədə ən aşağı məhsuldarlıq nümayiş etdirən Qırmızı buğda, Şəki-1, Yaqut genotiplərini cəmləmişdir. Beləliklə, tətbiq olunmuş klasterləşmə tədqiq olunan bərk və yumşaq buğda genotiplərinin NH-ların 0,01 mM qatılığında məhsuldarlıq göstəricilərinə görə qruplaşdırılmasında səmərəli olmuşdur.

Aparılan analizlərin nəticələri bitkilərin biokimyəvi statusu ilə məhsuldarlığı arasındakı əlaqəni daha dərinlən anlamağa imkan verir və bu, kənd təsərrüfatı bitkilərinin stresə davamlılığını artırmaq üçün effektiv metodların inkişafına zəmin yaradır.



Şəkil 20. Buğda genotiplərinin məhsuldarlıq göstəricilərinə görə klaster analizi

NƏTİCƏLƏR

1. Fe_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO və TiO_2 nanohissəciklərinin antioksidant fermentlərinin aktivliyinə, fotosintetik pigmentlərin miqdarına və məhsuldarlıq göstəricilərinə təsirləri onların qatılıqlarından və tədqiq olunan genotiplərin irsiyyəti, metabolik dəyişikliklərə uyğunlaşma reaksiyaları ilə şərtlənən xüsusiyyətlərindən asılı olaraq dəyişir [9, 13, 14].
2. Tədqiq olunan bərk və yumşaq buğda genotiplərində biokimyəvi göstəricilərə təsiri baxımından Fe_2O_3 nanohissəciklərinin optimal qatılığı 0,1 mM müəyyən edilmişdir [3, 7].
3. 0,01 mM qatılıqda Fe_2O_3 nanohissəciklərin buğda genotiplərinə tətbiqi zamanı fotosintetik pigmentlərin miqdarının kontrol ilə müqayisədə 5-19%, məhsuldarlığın isə orta hesabla 2-13% yüksəlməsi müşahidə olunmuş, maksimal götürəicilər Qaraqılçiq-2 və Dağtaş genotiplərində izlənilmişdir [5, 8].
4. Bərk və yumşaq buğda genotiplərinin (Mirbəşir-128 və Şəki-1 istisna olmaqla) iki həftəlik cücərtilərində ZnO nanohissəciklərinin APO, PPO, KAT və SOD aktivliklərinə təsiri zamanı optimal qatılıq 0,01 mM müəyyən olunmuşdur. Bu NH-ların qatılığının 10 qat artırılması da tədqiq olunan cücərtilərdə fermentlərin aktivliyinə müsbət təsir göstərmiş, lakin stimullaşdırıcı effekti daha az olmuşdur [10].
5. Normal suvarma şəraitində, 0,01 mM qatılıqlı ZnO nanohissəcikləri pigmentlərin (xlorofillər a və b, karotinoidlər) miqdarını kontrolla müqayisədə 4-13% artırmış, məhsuldarlığı isə 2-16% yüksəltmişdir [8, 15].
6. TiO_2 nanohissəcikləri 0,01 mM qatılıqda antioksidant fermentlərin aktivliyinə stimullaşdırıcı təsir göstərmiş, eyni zamanda, fotosintetik pigmentlərin miqdarı kontrolla müqayisədə 9-13% artmasına, məhsuldarlığın isə 5-16% yüksəlməsinə səbəb olmuşdur. Xüsusilə, Qırmızı buğda genotipində məhsuldarlıq kontrol ilə müqayisədə 83% artmışdır [9, 16].
7. Bərk və yumşaq buğda cücərtilərində antioksidant fermentlərin izoenzim tərkibinin analizi zamanı elektroforeqramlarda APO-nun 5, SOD-un 7, KAT-ın 1 sitoplazmatik izoformaları aşkar edilmişdir. TiO_2 və ZnO nanohissəcikləri KAT və SOD

fermentlərinin ekspressiyasını əhəmiyyətli dərəcədə artırdıqları halda, Fe_2O_3 nanohissəciklərin uyğun fermentlərə təsiri daha zəif olmuş, lakin APO fermentinin spektr intensivliyini gücləndirmişdir [18].

8. Bərk və yumşaq buğda genotiplərində məhsuldarlıqla fotosintetik pigmentlərin miqdarı və fotosintetik pigmentlərin miqdarı ilə PPO aktivliyi arasında statistik etibarlı müsbət korrelyasiyalar mövcuddur [17].

PRAKTİK TÖVSIYƏLƏR

1. Fe_2O_3 , TiO_2 və ZnO NH-ları müxtəlif buğda genotipləri toxumlarının səpinqabağı işlənməsi və bitkilərin becərilməsi üçün mikro gübrə kimi istifadə edilə bilər. Bu halda əsas şərt tədqiq olunan obyektlər üçün NH-ların optimal dozasının müəyyən olunmasıdır.

2. Bütün tədqiq edilmiş qatılıqlarda Al_2O_3 NH-ları antioksidant fermentlərin fəaliyyətinə, fotosintetik pigmentlərin miqdarına və müxtəlif buğda genotiplərinin məhsuldarlığına inhibirləşdirici təsir göstərmişdir ki, bu da onların kənd təsərrüfatında istifadəsinin irrasionallığını sübut edir.

Dissertasiya mövzusunə dair dərc olunmuş elmi əsərlərin siyahısı

1. Мамедли, Г.Г. Влияние наночастиц оксида трехвалентного железа на активность полифенолоксидазы в проростках пшеницы / С.Н.Омарова, А.А.Гулиев, И.В.Азизов // Журнал Наук о жизни и биомедицины, – Баку: – 2019, т. 74 №2, – с. 63-68.
2. Mammadli, G.H. The activity of ascorbate peroxidase in seedlings of durum and soft wheat varieties under the influence of trivalent ferric oxides nanoparticles // International Journal of Scientific & Engineering Research, – 2020, vol. 11, №8, – p. 369-374.
3. Mammadli, G.H. Influence of ferric oxide nanoparticles on the activity of ascorbate peroxidase in wheat seedlings // The Scientific and Pedagogical News of Odlar Yurdu University, –2020, №58, – p. 35-43.
4. Мамедли, Г.Г. Активность аскорбатпероксидазы в проростках твердых и мягких сортов пшеницы под влиянием наночастиц оксида трехвалентного железа // – Воронеж: Вестник ВГУ. Сер.: Химия. Биология. Фармация, – 2021, №1, – с. 48-54.
5. Ismayilova, G.H. Influence of iron oxide nanoparticles and complexes of biogenic metals with organic acids on physiological and biochemical characteristics of wheat seedlings / G.H.Ismayilova, Gahramanova Sh.I., Azizov I.V. [et al.] // Azerbaijan Chemical Journal, – 2022, №4, – p. 53-59.
6. Ismailova, G.H., Azizov, I.V. Effect of Fe_2O_3 and Al_2O_3 nanoparticles on the antioxidant enzymes in seedlings of *Triticum aestivum* L. // SABRAO Journal of Breeding and Genetics, – 2022, 54 (3), – p. 671-677.
7. Ismayilova, G.H. Effect of ferric iron oxide nanoparticles on ascorbate peroxidase activity in durum and bread wheat seedlings // Advanced Studies in Biology, – 2023, vol. 15, №1, – p. 47-54.
8. Ismayilova, G.H., Azizov, I.V. Influence of Ti, Zn and Fe oxide nanoparticles on seed germination capability, photosynthetic pigment content and activity of photosystem II *Triticum aestivum* L. // Advanced Studies in Biology, – 2023, vol.15, №1, – p.157-162.
9. Ismayilova, G.H., Azizov I.V. Effect of metal oxide nanoparticles on the activity of antioxidant enzymes and productivity of wheat

- genotypes // *Advanced Studies in Biology*, – 2024, vol. 16, №1, – p. 97-108.
10. Ismayilova, G.H., Azizov, I.V. The activity of catalase and superoxide dismutase under the influence of Fe and Zn oxide nanoparticles in wheat sprouts // *Bulitin of Science and Practice (Бюллетень науки и практики)*, – 2025, т. 11, №2, – с. 59-66.
 11. Мамедли, Г.Г. Активность гваякол-зависимой пероксидазы в твердых сортах пшеницы под влиянием наночастиц оксида трехвалентного железа // XXIII Республиканская научная конференция докторантов и молодых исследователей при Министерстве Образования Азербайджанской Республики, – Баку: – 3 – 4 декабря, – 2019, – с. 97-99.
 12. Джан Ахмед, Ф.С., Мамедли, Г.Г. Изучение активности полифенолоксидазы в различных генотипах проростков пшеницы // IX Международная научная конференция «Инновационные подходы в современной биологии», посвященная 100-летию Бакинского Государственного Университета, – Баку: – 24 – 25 мая, – 2019, – с. 57-58.
 13. Исмаилова, Г.Г. Влияние различных концентраций наночастиц оксидов металлов на активность антиоксидантных ферментов в твердых и мягких сортах пшеницы // XIX Международная научно-практическая конференция: «Интеграционные процессы в современной науке: новые подходы и актуальные вопросы», – Анапа: – 26 марта, – 2024, – с. 4-7.
 14. Исмаилова, Г.Г. Активность антиоксидантных ферментов ряда различных сортов пшеницы под действием наночастиц оксидов металлов // *Химия, физика, биология, математика: теоретические и прикладные исследования. Сборник статей по материалам LXXXI-LXXXIII международной научно-практической конференции*, – Москва: – 12 апреля, – 2024, №2-4 (63), – с. 18-21.
 15. Ismailova, G. The effect of biogenic metal oxide nanoparticles on yield and content of photosynthetic pigments in different wheat varieties // *Химия, физика, биология, математика: теоретические и прикладные исследования: сб. ст. по материалам*

- LXXXI-LXXXIII Международной научно-практической конференции, – Москва: – 2024, №2-4 (63), – с. 37-40.
16. Ismailova, G.H. Influence of zinc and titanium dioxide nanoparticles on yield characteristics of several wheat varieties // “Azərbaycanda ətraf mühitin sağlamlaşdırılmasında Ümummilli Lider Heydər Əliyevin rolu” mövzusunda elmi-praktiki konfrans, – Bakı: – 23 – 24 may, – 2024, – s. 522.
 17. Ismailova, G.H., Azizov, I.V. Correlation analysis between the content of photosynthetic pigments, yield and antioxidant enzyme activity in wheat varieties // LXXVII Международная научно-практическая конференция «Естественные науки и медицина: теория и практика, – Новосибирск: – 2024, №12 (54), – с. 96-10.
 18. Ismailova, G.H Effect of different metal oxide nanoparticles on isoenzyme spectrum of antioxidant enzymes in wheat leaves // 2-nd International Conference on Plant Protection Sciences (ICPPS-2025), – Tandojam, Pakistan: – 9 – 10 April, – 2025, p. 103-105.



Dissertasiyanın müdafiəsi 27 iyun 2025 il tarixində saat 14⁰⁰-da Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.31 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, Zəhid Xəlilov küç., 33, AZ 1148

Dissertasiya ilə Bakı Dövlət Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Bakı Dövlət Universitetinin rəsmi internet saytında (www.bsu.edu.az) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 20 may 2025 il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 14.05.2025
Kağızın formatı: 60×90 1/16
Həcm: 39991
Tiraj: 30