

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**RADİOAKTİV ÇİRKƏNMƏ ZAMANI HÜCEYRƏLƏRİN
BİOFİZİKİ PARAMETRLƏRİNİN İNDİKATOR
XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

İxtisas: 2406.01 - Biofizika

Elm sahəsi: Biologiya

İddiaçı: **İsmayıl Yusif oğlu Fridunbəyov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edimiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2025

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

Elmi rəhbərlər:

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Rövşən İbrahimxəlil oğlu Xəlilov
Biologiya elmləri üzrə fəlsəfə doktoru,
dosent
Aygün Namiq qızı Nəsimova

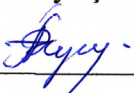
Rəsmi opponəntlər:



biologiya elmləri doktoru, professor,
AMEA-nın müxbir üzvü
Novruz Məhəmməd oğlu Quliyev
biologiya elmləri doktoru, professor
İradə Nurəddin qızı Əliyeva
biologiya elmləri doktoru, dosent
Hüseyn Əzizulla oğlu Abriyev

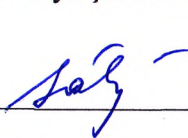
Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Bakı Dövlət Universiteti nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.31 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədr müavini:



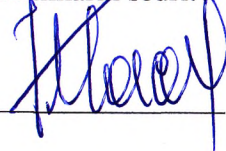
biologiya elmləri doktoru, professor
Ellada Mirəli qızı Axundova

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

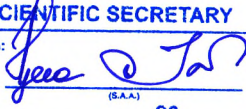


biologiya elmləri üzrə fəlsəfə doktoru,
dosent
Samirə Cəfər qızı Salayeva

Elmi seminarın sədri:



fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Eldar Əli oğlu Məsimov

Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi	
Bakı Dövlət Universiteti	
Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan	
Baku State University I.e.p.l.	
ELMI KATİB	
SCIENTIFIC SECRETARY	
İmzanı təsdiq edirəm:	
	
11	20

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Tədqiqatın aktuallığı biosferə antropogen təsirin yüksək səviyyəsi ilə şərtlənir ki, bu da mürəkkəb ekoloji problemlərin yaranmasına gətirib çıxarır. Onlar arasında sənaye obyektlərinin fəaliyyəti və faydalı qazıntıların çıxarılması ilə bağlı olan radioaktiv çirklənmə təhlükəsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Hətta ionlaşdırıcı qamma-şüalanmanın (γ -şüalanma) kiçik dozalarda təsiri belə DNT-nin zədələnməsi və hüceyrələrdə metabolik proseslərin pozulması ilə canlı orqanizmlərdə ciddi dəyişikliklər yarada bilər. Bu problem uzunmüddətli texnogen təsirin müşahidə olunduğu regionlar üçün, o cümlədən Abşeron yarımadası üçün xüsusilə aktualdır¹. Çoxəsrlik intensiv neftçixarma fəaliyyəti burada xüsusi texnogen landşaftlar formalaşdırmışdır ki, onlar radioaktiv çirklənmə ilə səciyyələnir².

Bununla əlaqədar Abşeron yarımadası ekosistemin komponentlərinə kiçik dozalarda xroniki radiasiya şüalanmasının nəticələrini öyrənmək üçün unikallıq daşıyan təbii laboratoriyadır³.

Real şəraitdə radioaktiv çirklənmə tez-tez digər abiotik faktorlarla ultrabənövşəyi şüa (UB), ağır metal çirklənməsi və torpağın şoranlaşması ilə birlikdə təsir göstərir⁴. Onun funksiyalarının pozulması bilavasitə bitkilərin böyüməsinə, davamlılığına və bioproduktivliyinə təsir edir. Bu baxımdan, müasir yüksəkhəssas metodlardan istifadə etməklə fotosintez edən orqanizmlərin funksional vəziyyətinin öyrənilməsi ekosistemlərin vəziyyətinin radioekoloji proqnozlaş-

¹ Aliyev, Ch.S. Radioecological situation on Absheron peninsula oil fields / Ch.S.Aliyev, T.M.Huseynov, V.J.Hajiyev // Environmental Science and Pollution Research. - 2012. - Vol. 19, № 3. - s. 789-796.

² Garibov, A.A. Radioecological researches of soils of northwest part of Absheron / A.A.Garibov, R.I.Khalilov [et al.] // Proceedings of ANAS, Biological sciences. - Bakı: - 2008. - № 1-2. - s. 152-159.

³ Абдуллаев, А.А. Современные проблемы радиоэкологии Апшеронского полуострова и пути их решения / А.А.Абдуллаев, В.М.Керимов, Н.Д.Мамедов // Экологический вестник Азербайджана. - Баку: - 2019. - № 2. - с. 45-52.

⁴ Ali-zade, V.M. Plant Functional Genomics for Crop Improvement under Abiotic Stress Conditions / V.M.Ali-zade, T.S.Shirvani, D.R.Alieva // Journal of Biosciences. - 2015. - Vol. 40, № 4. - s. 785-800.

dırılması üçün birinci dərəcəli əhəmiyyət daşıyır. Mövcud tədqiqatlarla baxmayaraq, şüalanmanın canlı sistemlərə təsirinə həsr olunmuş elmi işlərdə hələ bir çox açıq suallar cavabsız qalmışdır, xüsusən xroniki γ-şüalanmanın digər stressorlarla birlikdə kompleks təsiri kifayət qədər öyrənilməmişdir.

Radioaktiv təsirin nəticəsi kimi oksigenin aktiv formalarının (OAF) yaranması bütün canlı sistemlər üçün ciddi təhlükədir⁵. Buna görə də stres faktorlarının, o cümlədən radioaktiv çirklənmənin təsirinin öyrənilməsi, biofiziki parametrlərdəki dəyişikliklərin və onların indikator xüsusiyyətlərinin araşdırılması son dərəcə vacibdir. Radioaktiv çirklənmənin təsiri altında canlı hüceyrələrin biofiziki parametrlərində baş verən dəyişikliklər bu günə kimi az öyrənilmişdir ki, bu da göstərilən istiqamətdə tədqiqatların aparılmasını aktuallaşdırır.

Beləliklə, radioaktiv çirklənmə ilə digər stressorların birgə təsiri şəraitində canlı sistemlərin hüceyrələrinin biofiziki parametrlərinin indikator xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi biofizikanın aktual vəzifəsidir.

Tədqiqatın obyekti və predmeti. Tədqiqat obyektləri Azərbaycan Respublikasının müxtəlif regionlarından, xüsusən Abşeron yarımadasının yüksək radioaktiv fonlu ərazilərindən toplanmış bitkilər, həmçinin laborator şəraitdə eksperiment aparılmış obyektlər olmuşdur. Sahə obyektlərinə həlməl (*Zygophyllum fabago* L.) və cığ (*Juncus* L.) bitkiləri, bəzi dərman bitkiləri: rozmarin (*Salvia rosmarinus* Spenn.), itburnu (*Rosa majalis* Herm.), yemişan (*Crataegus Tourn. ex L.*), evkalipt (*Eucalyptus* L. Her.) daxildir.

Laboratoriya obyektləri dekorativ bitki Çin qızılgülü (*Hibiscus rosa sinensis* L.), dənli bitkilər: adi arpa (*Hordeum vulgare* L.), dişli qarğıdalı (*Zea mays var. indentata*), bərk buğda (*Triticum durum* Desf.), su bitkiləri: Vallisneriya (*Vallisneria C.Micheli ex L.*), Elodea (*Elodea canadensis* Michx.), mikroyosun Dunaliella (*Dunaliella salina*), heyvan mənşəli obyekt laboratoriya ağ siçanı (*Wistar Albino*) olmuşdur.

Tədqiqatın predmeti millisaniyəlik Gecikmiş Işıq Emissiyasının

⁵ Халилов, Р.И. ЭПР-спектроскопия свободных радикалов в растениях при воздействии абиотических стрессовых факторов / Р.И.Халилов, А.Ч.Мамедов, А.Н.Насибова [и др.] // Биофизика. - 2018. - Т. 63, № 5. - с. 951-959.

(ms-GİE) və Elektron Paramaqnit Rezonansının (EPR) biofiziki xarakteristikalarının radioaktiv γ -şüalanma və digər abiotik stres-faktorların (UB-B, ağır metal duzlarının ionları, duzluluq, temperatur) təsiri altında bitkilərin və mikroyaşıl yosunların hüceyrədaxili strukturlarında, həmçinin laboratoriya siçanlarında dəyişmə qanunauyğunluqlarının aşkar edilməsi və onların bioindikator əhəmiyyətinin müəyyənəşdirilməsidir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiyanın məqsədi radioaktiv çirklənmə şəraitində və bəzi abiotik stres-faktorları nəzərə alınmaqla canlı orqanizmlərin hüceyrə biofiziki parametrlərinin indikator xüsusiyyətlərini öyrənməkdir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün qarşıya aşağıdakı vəzifələr qoyulmuşdur:

- Abşeron yarımadasında radioekoloji və dozimetrik tədqiqatlar zamanı, yüksək radiasiya fonuna malik lokal ərazilərdə bitən dominant bitki növlərində biofiziki parametrlərin, xüsusən də ms-GİE kinetikasını və bioindikator xüsusiyyətlərini öyrənmək;
- UB-B şüalanmanın və digər abiotik stressorların müxtəlif tədqiqat obyektlərinin (dekorativ, dərman bitkiləri, mikroyosunlar) ms-GİE biofiziki parametrlərinə, EPR spektrlərinə və fotosintezin aktivliyinə təsirini tədqiq etmək;
- *Dunaliella salina* IPPAS D-294 mikroyosununun abiotik amillərin təsirinə adaptasiya reaksiyalarını böyümə xarakteristikalarının, ms-GİE parametrlərinin təhlili vasitəsilə qiymətləndirmək;
- Laboratoriya ağ siçovullarında (*Wistar Albino*) γ -şüalanmanın təsiri şəraitində biyan kökü (*Glycyrrhiza glabra* L.) ekstraktlarının radioprotektor təsirini tədqiq etmək və EPR-spektroskopiyaya vasitəsilə daxili orqanlarda baş verən dəyişiklikləri qiymətləndirmək.
- İonlaşdırıcı γ -şüalanmanın bəzi C_3 və C_4 dənli bitkilərin toxumlarının cücərmə qabiliyyətinə və sitogenetik göstəricilərinə doza-asılı təsirini öyrənmək və fototənəffüsün radiohəssaslıqda rolunu tədqiq etmək.
- Ətraf mühitin vəziyyətinin və stres faktorlarının canlı orqanizmlərə təsirinin qiymətləndirilməsi üçün tədqiq olunan ms-GİE, EPR biofiziki parametrlərinin bioindikator göstəriciləri kimi istifadə im-

kanlarını əsaslandırmaq.

Tədqiqat metodları. Nümunələrin γ -şüalanma ilə şüalanması RXUND-20000, MRX- γ 25 qurğularında; UB-B şüalanması DRT-230 civə-kvars lampası ilə aparılmışdır. Tədqiq olunan ərazilərin radiasiya fonu MKC-AT 1125 dozimetri-radiometri ilə müəyyən edilmişdir. Fosforoskop vasitəsilə ms-GİE kinetikasi öyrənilmişdir. EPR tədqiqatları Bruker (Almaniya) spektrometrində yerinə yetirilmişdir. Mikroskopiya üsulu kimi skan edən elektron mikroskopdan JSM-7600F (SEM) istifadə edilmişdir. Sitogenetik analiz ZEISS Axio Imager A2 işıq mikroskopu ilə aparılmışdır. Mikroyosun hüceyrələrinin sayı Qoryayev hesablama kamerası və işıq mikroskopu ilə həyata keçirilmişdir. Statistik fərqlərin qiymətləndirilməsi üçün Student t-kriterisi tətbiq edilmiş, bütün hesablamalar IBM SPSS Statistics 26.0 proqramında beşqat təkrar ($n=5$) əsasında aparılmış, əhəmiyyətlik səviyyəsi $p \leq 0,05$ və daha aşağı ehtimallıqla qəbul edilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- Ms-GİE biofiziki parametrləri və EPR spektrləri abiotik stressorların yüksəkhəssas bioindikasiyalarıdır. Radiasiya, UB-B və kimyəvi faktorların təsiri altında bitkilərdə və mikroyaşıl yosunda doza-asılı dəyişikliklər fotosintez aparatının müxtəlif dərəcədə zədələnməsinə gətirib çıxarır.
- Ms-GİE *Dunaliella salina* IPPAS D-294 fotosintez aparatına γ -şüalanma, nanozərrəciklər, ağır metal duzları təsirinin qiymətləndirilməsi üçün yüksək effektiv metoddur; bu, onların nisbi toksikliyinə müəyyənləşdirməyə və xüsusi inhibəedici xüsusiyyətləri aşkar etməyə imkan verir.
- Müxtəlif dərman bitkilərində abiotik stres səviyyəsi ilə EPR signalı arasında birbaşa asılılıq müəyyən edilmişdir ki, bu parametrin ərazinin ekoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsi üçün bioindikator kimi istifadəsinə imkan yaradır.
- *Glycyrrhiza glabra* L. kök ekstraktı γ -şüalanmış Wistar siçanlarında doza-asılı radioprotektor aktivliyi göstərir; bu, beyin və qaraciyər toxumalarının EPR spektrlərində dəyişikliklərlə, xüsusilə maqnit Fe-oksidi nanozərrəciklərinin ($g \approx 2,32$) signalının intensivliyinin

azalması ilə təsdiqlənir.

- C_3 və C_4 tipli bitkilərdə radiohəssaslıq aşkar olunmuşdur: aşağı γ dozaları (100-200 Qr) C_3 (buğda, arpa) toxumlarının cücərməsini və mitotik aktivliyini stimullaşdırır, C_4 (qarğıdalı) üçün isə inhibəedici təsir göstərir; C_3 bitkilərdə bu effekt fototənəffüsün qoruyucu mexanizmi ilə bağlıdır.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Təqdim olunan dissertasiyada ilk dəfə:

- Abşeron yarımadasında aparılmış radioekoloji və dozimetrik tədqiqatlar zamanı yüksək radiasiya fonu olan lokal ərazilərdə bitən dominant bitkilərdə (*Zygophyllum fabago* L., *Juncus* L.) ms-GİE parametrlərinin doza-asılı dəyişiklikləri müəyyən edilmiş və xroniki radiasiya təsirinin çöl şəraitində bioindikatoru kimi əsaslandırılmışdır.
- Azərbaycanın bəzi dərman bitkilərində paramaqnit mərkəzlər EPR metodu ilə tədqiq edilmiş, siqnalların amplitudunun ətraf mühitin çirklənmə dərəcəsi ilə korrelyasiyası müəyyən edilmiş və indikator xüsusiyyətləri öyrənilmişdir.
- Laboratoriya siçovullarına (*Wistar Albino*) γ -şüalanmanın təsiri EPR metodu ilə öyrənilmişdir. Biyan kökü ekstraktı qida ilə qəbul edilmiş, şüalanmış siçovulların beyin və qaraciyərinin EPR spektrlərinin təhlili əsasında müəyyən edilmişdir ki, bu ekstrakt radioprotektor təsirə malikdir.
- Bəzi dənli bitkilərin (*Triticum durum* Desf., *Hordeum vulgare* L., *Zea mays* var. *indentata*) toxumlarının sitogenetik parametrlərinə və cücərməsinə ionlaşdırıcı γ -radiasiyanın dozadan asılı təsiri haqqında yeni məlumatlar əldə edilmiş, bu da onların radiohəssaslıq göstəricilərinin müqayisəli qiymətləndirilməsini aparmağa və onların radiohəssaslıq göstəricilərini və indikator xüsusiyyətlərini müəyyən etməyə imkan vermişdir.
- C_3 (buğda, arpa) və C_4 (qarğıdalı) tipli bitkilərdə γ -şüalanmanın cücərmə və mitotik aktivlik üzərində təsiri müqayisəli öyrənilmiş; C_3 -də 100-200 Qr dozaların stimullaşdırıcı, C_4 -də isə inhibəedici effekti, fototənəffüsün qoruyucu mexanizm rolu eksperimental olaraq təsdiq edilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. İonlaşdırıcı γ -radiasiya, UB-B və digər abiotik stressorların bitkilərin fotosintez və genetik aparatına təsir mexanizmləri araşdırılmışdır. Oksidləşdirici stres və adaptasiyada sərbəst radikallar və paramaqnit mərkəzlərin rolu müəyyən edilmişdir. C3 və C4 bitkilərində radiohəssaslıq və radiorezistentlik anlayışları dərinləşdirilmiş, fototənəffüsün rolu vurğulanmışdır. *Dunaliella salina*-nın ekstremal amillərə adaptasiya mexanizmləri öyrənilmişdir. *Dunaliella salina* üzərində ağır metal duzlarının təsiri biotestlərin yaradılması və kultivasiya optimizasiyası üçün istifadə oluna bilər. Biyan kökü ekstraktının radioprotektor təsirləri irəli sürülmüş və əsaslandırılmışdır. Ms-GİE və EPR parametrləri radioaktiv və kimyəvi çirklənmə və UB-B təsirinin bioindikator rolu təklif edilir. Taxıl bitkilərinin radiohəssaslığı üzrə nəticələr artırılmış radiasiya fonlu ərazilərdə aqrotexnologiyaların işlənməsində yararlıdır.

Elmi-tədqiqat işinin aprobasiyası. Dissertasiya işinin nəticələri aşağıdakı elmi nəşrlərdə müzakirə olunmuşdur: “Biologiya problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2008); “Biologiya elmi nailiyyətləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2009); “Ekologiya. İnsan. Cəmiyyət” XIII Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfransında (Kiyev, 2010); “XXI “Biologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2010); “Tətbiqi Ekologiyanın məsələləri” mövzusunda I Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2011); XVIII Beynəlxalq gənclərin Elmi Konfransında “Tələbələr, aspirantlar və gənc alimlər” M.V. Lomonosov adına Moskva Dövlət Universiteti (Moskva, 2011); “Müasir biologiyanın nəzəri və tətbiqi məsələləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı, 2011); “Atom enerjisindən dinc məqsədlərlə istifadə perspektivləri” V Beynəlxalq Konfransında (Bakı, 2012-ci il); “Ekologiya, təbiət və cəmiyyət problemləri” mövzusunda II Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı, 2012); “Radiasiya tədqiqatları və onların praktik aspektləri” mövzusunda VIII Konfransında (Bakı, 2013); “Müasir biologiyanın innovasiya məsələləri” mövzusunda IV Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı, 2014); “Müasir biologiya və aktual problemlər” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Gəncə, 2014); “Eksperimental biologiya perspektivlərdə” mövzu-

sunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2014); XXII Beynəlxalq gənclərin elmi konfransı “Tələbələr, aspirantlar və gənc alimlər” (Moskva, 2015); “Müasir biologiyanın innovasiya məsələləri” mövzusunda VII Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı, 2017); “Hərəkətlərin koordinasiyası: Aktual problemlərin analizi” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı, 2017); “Biologiya, ekologiya elmləri və tətbiqləri” 1-ci Beynəlxalq konfransında (BESA) (Luksor, 2017); “Fizikada müasir tendensiyalar” Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı, 2017); “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransında (Gəncə, 2018); “Ekolojiya və Torpaqsünaslıq Elmləri XXI Əsrdə” mövzusunda IV Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2023); “Avrasiyanın biomüxtəlifliyinin qorunması: müasir problemlər, həll yolları və perspektivlər” 1-ci Beynəlxalq Elmi Konfransında (Andijon, 2023); “Elmi əsərlər toplusu” Rusiya biofiziklərinin VII Konqresində (Krasnodar, 2023); “Mürəkkəb sistemlərin biofizikası. Hesablama və sistem biologiyası. Molekulyar modelləşdirmə” Beynəlxalq iştirakla simpozium (Moskva, 2023); “Müasir elmi tendensiyalar və gənclərin inkişafı” XXIX Beynəlxalq Elmi-praktik Konfransında (Varşava, 2023); “XXI əsrin elmi: axtarırlar, problemlər, inkişaf perspektivləri” XXV Beynəlxalq Elmi-praktik Konfransında (Paris, 2024); “Elm, texnologiya, innovasiyalar: qlobal tendensiyalar və regional aspekt” IV Beynəlxalq Elmi-praktik Konfransında (Tallinn, 2024); “Elmin inkişafının aktual problemləri: tendensiyalar və innovasiyalar” XIX Beynəlxalq Elmi-praktik Konfransında (Oslo, 2025); “Torpaq islahatının yeni mərhələsi və ekoloji problemlərin həlli” mövzusunda Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2025), “Buğdanın təkmilləşdirilməsi üçün rəqəmsal və GWAS əsaslı texnologiyaların tətbiqi” Beynəlxalq Elmi Konfransında (Bakı, 2025).

Dissertasiya işinin nəticələrinə əsasən 43 elmi məqalə, o cümlədən 10 məqalə və 33 məruzə və elmi konfransların materiallarının tezisləri nəşr edilmişdir. Altı məqaləsi yerli, dördü isə beynəlxalq nəşrlərdə dərc edilmişdir. Onlardan 4 məqalənin indeksi olan (Pub Med, Web of Science, Springer, Q1 Scopus) bazasına daxildir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin Biofizika və biokimya kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.

Dissertasiyanın strukturu: giriş (18 317 işarə), 5 fəsil (I fəsil (52 816 işarə), II fəsil (44 621 işarə), III fəsil (58 271 işarə), IV fəsil (22 722 işarə), V fəsil (20 294 işarə), yekun (7 681 işarə), nəticələr (1 852 işarə), praktik tövsiyələr (709 işarə), 241 sayda ədəbiyyat siyahısı və ixtisarların siyahısından (1 492 işarə) ibarət olub, 212 kompüter səhifəsində əks olunmuşdur, ümumi həcmi 228 775 işarə təşkil edir. Dissertasiya işinə 74 şəkil və 10 cədvəl daxildir.

DİSSERTASIYANIN ƏSAS MƏZMUNU

Dissertasiya işinin GİRİŞ hissəsində mövzunun aktuallığı, işlənmə dərəcəsi, tədqiqatın obyekti və predmeti, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri, tədqiqat metodları, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, tədqiqatın elmi yeniliyi, tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti, elmi-tədqiqat işinin aprobasiyası, dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı, dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi təqdim edilmişdir.

I FƏSİL. ƏDƏBİYYAT İCMALI

Abşeron yarımadasının radioekoloji vəziyyəti ətraflı tədqiq edilir, radioaktiv və kimyəvi çirklənmənin əsas mənbələri və səviyyələri səciyyələndirilir. İonlaşdırıcı γ-şüalanmanın və UB-B şüalanmasının canlı orqanizmlərə, habelə genetik aparatının və fotosintez sistemin zədələnməsinə təsir mexanizmləri təhlil olunur. Biofiziki tədqiqatlarda xlorofilin ms-GIE və EPR-spektroskopiyasının prinsipləri və diaqnostik imkanları təsvir edilir. Təqdim olunan məlumatlar Azərbaycanın dərman bitkiləri florasını, onların istifadə perspektivlərini və çirkləndirici maddələri akkumulyasiya etmə potensialını əks etdirir. *Dunaliella salina* mikroyosununun mühitin ekstremal amillə-

rinə duzluluq, temperatur və işıqlanma da daxil olmaqla adaptasiya xüsusiyyətlərinə, həmçinin ağır metal duzları ionlarının toksiki təsirinə göstərdiyi reaksiyaya xüsusi diqqət yetirilir.

II FƏSİL. TƏDQİQATIN MATERIAL VƏ METODLARI

Tədqiqat zamanı radioaktiv çirklənmə, UB-B şüalanması, γ -şüalanma kimi müxtəlif stres faktorlarının, o cümlədən ağır metal duzlarının və nanohissəciklərin bioloji obyektlərə təsiri tədqiq edilmişdir.

Sahə obyektləri: *Zygophyllum fabago* L. və *Juncus* L., bəzi növ dərman bitkiləri: *Salvia rosmarinus* Spenn., *Rosa majalis* Herrm., *Crataegus* Tourn. ex L., *Eucalyptus* L. Her. daxildir. Laboratoriya obyektləri: otaq bitkisi *Hibiscus rosa-sinensis* L., dənli bitkilər: *Hordeum vulgare* L., *Triticum durum* Desf., *Zea mays* var. *indentata*, su bitkiləri *Elo-dea canadensis* Michx., *Vallisneria* L., mikroyosun *Dunaliella salina*, heyvan mənşəli obyekt *Wistar Albino* idi.

Abşeron yarımadasında radioekoloji tədqiqatlar aparılmışdır. Qamma şüalanmanın ekspozisiya dozasının gücünün (mkr/saat) ölçmələri MKS-AT 1125 radiometr-dozimetri istifadə edilərək 5 sm hündürlükdə həyata keçirilmişdir.

Bitkilərin fotosintetik fəaliyyətinə UB-B şüalanmasının (PRK-2 civə lampası UFS-2 işıq filtri ilə) təsiri öyrənilmişdir, bu fəaliyyət görünən işıq şəraitində (150/300 Vt lampalar) müəyyən edilmişdir. İstilik təsirini minimuma endirmək üçün nümunələr buzla termostatlaşdırılmışdır. Qamma şüalanmanın (^{60}Co , ^{57}Co , RXUND-20000 və MRX- γ 25 qurğularında 6-300 Qr) biofiziki və sitogenetik parametrlərə dozadan asılı təsirləri tədqiq edilmişdir. Radioaktiv çirklənmənin fotosintez aparatına təsiri ms-ZES metodu ilə qiymətləndirilmişdir. Abiotik faktorlara (NaCl 1.5-3.0 M, temperatur 15-40 °C, işıq 25-30 Vt/m²) və toksik təsirlərə reaksiyasını öyrənmək üçün *Dunaliella salina* IPPAS D-294 mikro yosununun laboratoriya şəraitində kultivasiyası aparılmışdır. Ağır metal duzlarının (Cu, Fe, Hg, Pb, Co, Cd, Ni) 10⁻⁸-10⁻³ M konsentrasiyalarda, eləcə də dəmir və mis nanohissəciklərinin təsiri tədqiq edilmişdir. Fotosintez aparatın funksional vəziyyəti ms-ZES metodu ilə, kulturanın böyüməsi isə Qoryayev kamerasında hüceyrələrin sayı ilə qiymətləndirilmişdir.

Paramaqnit mərkəzlərin öyrənilməsi üçün EPR spektrləri (Bruker spektrometri) tətbiq edilmişdir. Sitogenetik tədqiqatlar qamma şüalanmasının (100-300 Qr) dənli bitkilərin (buğda, arpa, qarğıdalı) toxumlarının cücərməsinə və sitogenetik göstəricilərinə təsirini öyrənmişdir. Kökcüklərin analizi kolxitsinlə işləndikdən və asetokarmitlə boyandıqdan sonra ZEISS Axio Imager A2 mikroskopu ilə mitoz mərhələlərində aparılmışdır. Bioloji obyektlərin səthinin mikrostrukturunu skan edən elektron mikroskopiyası (SEM) metodu ilə vizuallaşdırılmışdır. Məlumatların statistik işlənməsi IBM SPSS Statistics 26.0 proqramında Stüdentin t-kriterisindən istifadə edilərək əhəmiyyətli fərqlərin müəyyən edilməsi üçün ($p \leq 0,05$) aparılmışdır. Bütün ölçmələr beşqat təkrarla ($n=5$) aparılmış, nəticələr $M \pm SD$ və ya $M \pm SEM$ kimi təqdim edilmişdir.

III FƏSİL. ABİOTİK STRES AMİLLƏRİNİN XLOROFİL HÜCEYRƏLƏRİNİN MİLLİSANİYƏLİK GECİKMİŞ İŞIQ EMİSSİYASI PARAMETRLƏRİNƏ TƏSİRİ

3.1. Radioaktiv çirklənmiş ərazilərdən Həlməl (*Zygophyllum fabago* L.) və Cığ (*Juncus* L.) yarpaqlarının xlorofilinin ms-GİE

Radioaktiv fon mənbəyinin aktivləşdirilmiş kömür olduğu, əsasən, Abşeronun Ramana qəsəbəsindəki fəaliyyəti dayandırılmış Yod Zavodunun ərazisindən toplanmış tədqiq edilən çöl obyektlərinə *Zygophyllum fabago* L. və *Juncus* L. bitkiləri daxildir. Burada tədqiq etdiyimiz çöl obyektləri ilə yanaşı, bəzi ağac və kollar da bitir, məsələn: dəvətikanı (*Alhagi pseudalhagi* L.), iydə (*Elaeagnus angustifolia* L.), qamış (*Scirpus Lacustris* L.), razıyana (*Foeniculum vulgare* M.). Onların bitdiyi ərazilərdə ekspozisiya dozasının gücü (EDG) ölçülmüşdür (cədvəl 1).

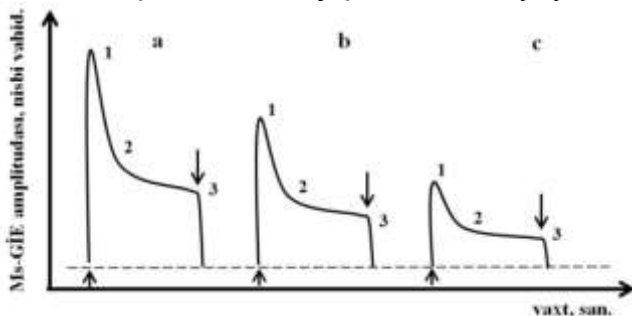
Daha sonra, Ramana qəsəbəsindəki Bakı Yod zavodunun radioaktiv çirklənmiş ərazilərindən toplanmış bitkilərdə (*Zygophyllum fabago* L., *Juncus* L.) induksiya əyrilərinin dəyişməsi ms-GİE metodu ilə tədqiq edilmişdir.

Cədvəl 1.

Ekspozisiya dozasının ölçülməsinin nəticələri

№	Bitkilərin adları	EDG (mkR/saat)
1	Cığ (<i>Juncus</i> L.)	4-123
2	Həlməl (<i>Zygophyllum fabago</i> L.)	3-135
3	Razyana (<i>Foeniculum Vulgare</i> Mill.)	2-110
4	Dəvətikanı (<i>Alhagi</i> Gagnebin.)	2-119
5	İydə (<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.)	3-108
6	Göl qamışı (<i>Schoenoplectus lacustris</i> L.)	2-116

Şəkil 1-də radiasiya fonunun 3-135 mkR/saat həddində dəyişdiyi *Zygophyllum fabago* L. bitkisindən qeydə alınmış ms-GİE-nin induksiya ayrılırları təqdim olunur. Bu ayrılar, induksiya ayrısının bütün fazalarının (sürətli faza (SF), yavaş faza (YP), stasionar səviyyə (SS)) amplitudalarının azalması ilə ifadə olunan dozadan asılı effekti əks etdirir. Bu, işıq enerjisinin ilkin tutulmasının və elektron nəqlinin baş verdiyi FSII-nin (Fotosistem II) funksional aktivliyinin pozulduğunu göstərir. İonlaşdırıcı şüalanma ms-GİE parametrlərinə inhibəedici təsir göstərir. Ms-GİE-nin kinetik göstəricilərinin azalması FSII komponentlərinin zədələndiyinə və onun daxilində elektron nəqlinin effektivliyinin pozulduğuna dəlalət edir. Bu isə öz növbəsində ms-GİE-nin yaranmasının əsasında duran yüklərin ($P680^+Q_a^-$) rekombinasiya ehtimalını azaldır və tilakoid membranlarında proton gradientinin formalaşmasındakı dəyişiklikləri dolayı yolla əks etdirir.

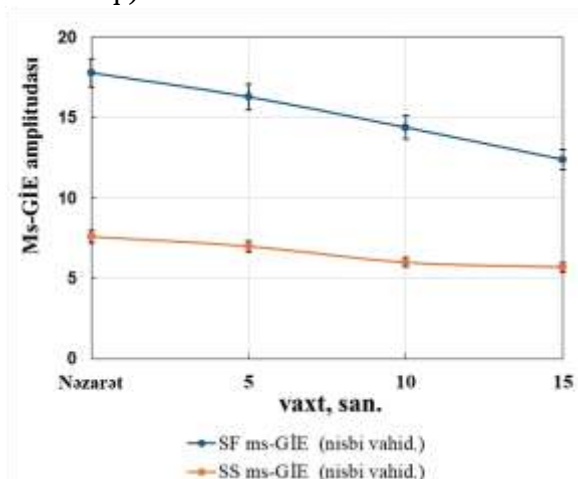


Şəkil 1. *Zygophyllum fabago* yarpaqlarında xlorofilin ms-GİE induksiya ayrılırları; A-nəzarət, B- radiasiya dozası 24 mkR/saat, C- radiasiya dozası 45 mkR/saat. 1-SF, 2-YF, 3-SS

3.2. UB-B şüalanmasının təsirinə məruz qalmış Çin qızılgülü (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) yarpaqlarında xlorofilinin ms-GİE

UB-B radiasiyasının *Hibiscus rosa-sinensis* L. yarpaqlarına təsirinin tədqiqi onun FSII və elektron nəqliyyat zəncirinin (ENZ) vəziyyətinin göstəricisi olan ms-GİE inhibitor təsirini aşkar etdi.

Şəkil 2, ms-GİE-in SF və SS induksiyanın iki komponentinin dəyərlərinin *Hibiscus rosa-sinensis* L. yarpaqlarında UB-B təsirinin müddətindən asılılığını göstərir (Nəzarət, UB-B 5 dəq., UB-B 10 dəq. və UB-B 15 dəq.).



Şəkil 2. *Hibiscus rosa-sinensis* L. yarpaqlarında ms-GİE-in SF və SS induksiyanın amplitudasının, UB-B radiasiyasının dozasının vaxtından asılılığı ($p < 0,05$, $n = 5$)

UB-B şüalanmasının *Hibiscus rosa-sinensis* L. yarpaqlarına təsirinin tədqiqi, onun FSII və ENZ vəziyyətinin göstəricisi olan ms-GİE inhibirləşdirici təsirini aşkar etmişdir. Ms-GİE sürətli komponenti, stresə bağlı dəyişikliklərə yavaş komponentə nisbətən daha həssasdır. Bu səbəbdən o, fotosintez aparatının fəaliyyətini qiymətləndirmək üçün mühüm bir indikatorendir.

Beləliklə, UB-B şüalanması ms-GİE-in dozadan asılı olaraq inhibirləşməyə səbəb olur. Bu, FSII-də ilkin yük ayrılması proseslərinin

və xloroplastların ENZ boyunca elektronların sonrakı daşınmasının pozulduğunu göstərir, nəticədə ümumi fotosintez səmərəliliyinin azalmasına gətirib çıxarır. Ms-GİE-in SF və SS parametrləri, UB-B şüalanmasının bitkilərin fotosintez aparatına etdiyi stres təsirinin dərəcəsini əks etdirən həssas indikatorudur.

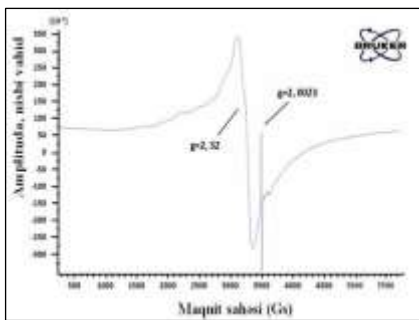
IV FƏSİL. MÜXTƏLİF ABIOTİK STRES AMİLƏRİNİN TƏSİRİ ALTINDA PARAMAQNİT MƏRKƏZLƏRİN EPR METODU İLƏ TƏDQIQI

4.1. Dərman bitkilərinin paramaqnit mərkəzlərinin EPR spektroskopiyası ilə tədqiqi

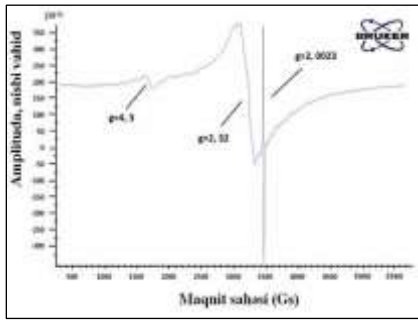
Tədqiqatın obyektləri dərman bitkilərinin yarpaqları olub: rozmarin (*Salvia rosmarinus* Spenn.), itburnu (*Rosa majalis* Herrm.), yemişan (*Crataegus* Tourn. ex L.) və evkalipt (*Eucalyptus* L. Her.).

Tədqiq olunan bitkilərin yarpaqları Azərbaycanın müxtəlif bölgələrindən toplanmışdır. Rozmarin bitkiləri Bakı, Bərdə, Abşeron kəndi Mərdəkan, itburnu və yemişan bitkiləri Bərdə və Göyçay rayonlarından, evkalipt isə Abşeronun Mərdəkan rayonu və Bakıdan toplanmışdır. Bitki materialının tədqiqi zamanı maqnit sahələrinin geniş diapazonunda üç xarakterik siqnal qeydə alınmışdır: sərbəst radikalların siqnalları ($g=2,0023$), dəmir ionlarının siqnalları ($g=4,3$) və dəmir oksidinin maqnit nanohissəcikləri ($g=2,32$). Yekunda belə bir qanunauyğunluq müəyyən edilmişdir: yarpaqların yığıldığı ərazinin çirklənmə səviyyəsi nə qədər yüksək idisə, qeydə alınan siqnalların amplitudu da bir o qədər yüksək idi. Hər bir bitki növünün yığma yerindən (Bakı, Bərdə, Abşeron, Göyçay rayonu) asılı olaraq EPR siqnallarının xarakteristikalarını və dəyişikliklərini öyrənməklə, bu siqnalların dəyişməsi ilə ətraf mühitin çirklənmə səviyyəsi arasındakı əlaqələri müəyyən etmək, həmçinin bitkilərin bioindikator kimi istifadə potensialını qiymətləndirmək mümkündür.

Şəkil 3, 4, 5-də Azərbaycanın müxtəlif regionlarından toplanmış bitki yarpaqlarının paraqnit mərkəzlərinə aid EPR spektrləri təqdim olunmuşdur.

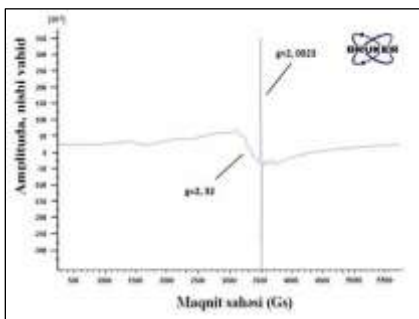


a

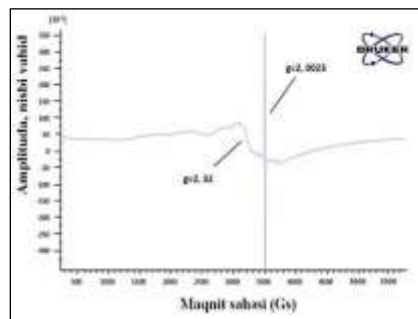


b

Şəkil 3. Mərdəkan qəsəbəsinədən yığılmış: (a) rozmarin (tezlik: 9.858 QHz, güc: 2.149 mVt), (b) evkalipt yarpaqlarının paraqnit mərkəzlərinin EPR spektrləri

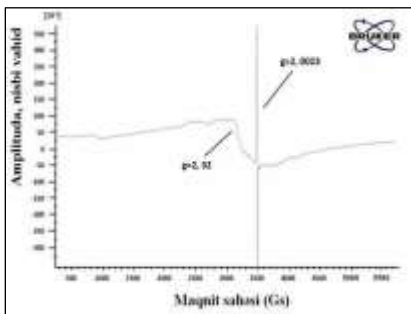


a

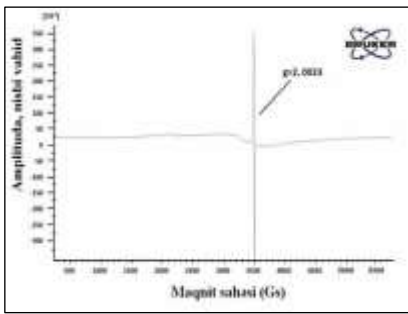


b

Şəkil 4. Bərdə rayonundan yığılmış: (a) itburnu (tezlik: 9.855 QHz, güc: 2.164 mVt), (b) yemişan (tezlik: 9.855 QHz, güc: 2.164 mVt) yarpaqlarının paraqnit mərkəzlərinin EPR spektrləri



a



b

Şəkil 5. Göyçay rayonundan yığılmış: (a) itburnu (tezlik: 9.857 QHz, güc: 2.166 mVt), (b) yemişan (tezlik: 9.857 QHz, güc: 2.171 mVt) yarpaqlarının paraqnit mərkəzlərinin EPR spektrləri

Dəmir ionları (Fe^{3+} , $g=4,3$) fotosintezin ENZ-in zülalları, məsələn, sitoxrom b_6f , ferredoksin və Fotosistem I (FSI) üçün kofaktor rolunu oynayır. Stres bu dəmir tərkibli zülalları zədələyə bilər ki, bu da EPR signalında özünü göstərir. Manqan ionları (Mn^{2+} , $g=2,01$) FSII su-oksidləşdirici kompleksinin əsas komponentidir və suyun oksidləşməsində iştirak edir. Mn^{2+} -nin altıkomponentli signalı, stresin təsiri altında sərbəst və ya zəif bağlı manqanın mövcudluğunu və ya su oksidləşdirici kompleksin manqan klasterindəki dəyişiklikləri göstərə bilər ki, bu da fotosintezin ilkin mərhələlərinə təsir göstərir. Dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri ($g=2,32$) stresin göstəricisidir. Onların əmələ gəlməsi fotosintezin birbaşa komponenti deyil, lakin ağır metallarla çirklənmə və oksidləşdirici stres də daxil olmaqla, bitkinin stressə cavab reaksiyası ilə əlaqədardır. Artıq dəmirin yığılması və ENZ-nin zədələnməsi nəticəsində AOF əmələ gəlməsi, dəmirin oksidləşməsinə və oksid nanohissəcikləri şəklində çökdürülməsinə səbəb ola bilər. EPR-spektroskopiya təkcə müxtəlif paraqnit mərkəzləri müəyyən etməyə deyil, eyni zamanda abiotik stressdən qaynaqlanan fotosistemlərdə və ENZ-dəki pozulmalarla onları əlaqələndirməyə də imkan verir. Bitki toxumalarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin toplanması güclü stresin həssas göstəricisidir, bu da artıq dəmirin yığıldığını və hüceyrə strukturlarının zədələndiyini əks etdirir.

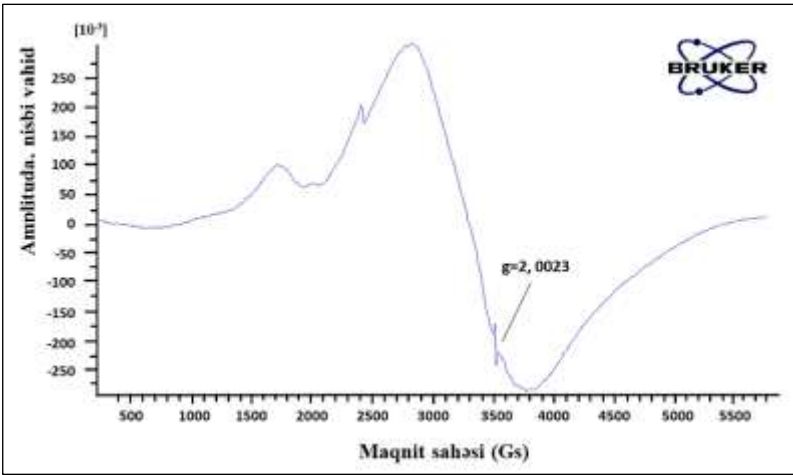
Beləliklə, bu nanohissəciklərin yığılma səviyyəsi çirklənmənin etibarlı göstəricisi ola bilər, bu da sözügedən bitkiləri biomonitorinq üçün perspektivli edir.

4.2. Laborator siçovullardan (*Wistar Albino*) istifadə etməklə biyan kökünün (*Glycyrrhiza glabra* L.) radioprotektor xüsusiyyətlərinin EPR üsulu ilə öyrənilməsi

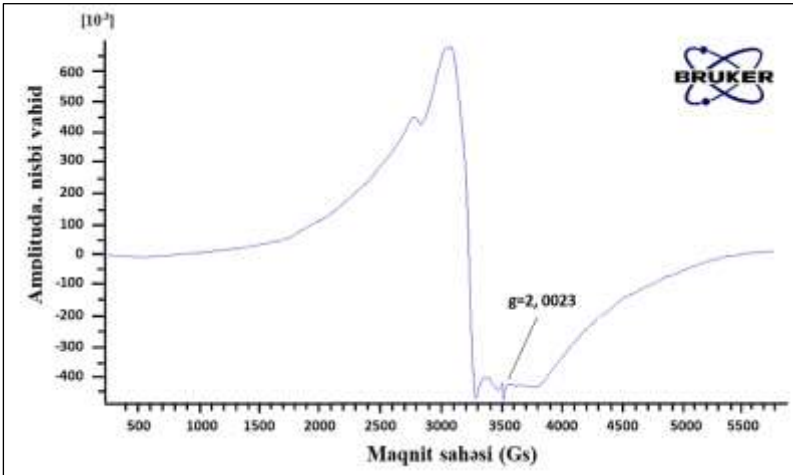
Bu iş çərçivəsində radiasiyaya məruz qalmış *Wistar* laboratoriya siçovulları üzərində biyan kökü ekstraktının (*Glycyrrhiza glabra* L.) qoruyucu xüsusiyyətlərinə dair tədqiqat aparılmışdır. Təcrübə üçün 6 Qr və 8 Qr olan γ -şüalanma dozaları seçilmişdir ki, bunlar əhəmiyyətli, lakin ölümcüldür, çünki siçovullar üçün öldürücü doza təxminən 8-10 Qr-dır. Üç aylıq siçovulların üç qrupu yaradılmışdır: (1) nəzarət qrupu, (2) 6 Qr və 8 Qr dozalarında yalnız γ -şüalanmasına (^{60}Co mənbəyi) məruz qalan qrup, (3) şüalanmadan sonra üç ay ərzində biyan kökü ekstraktı ilə qidalanırdı. Təcrübənin sonunda qaraciyər və beyin orqanları çıxarılmış, otaq temperaturunda qurudularaq nümunələr (Bruker Almaniya) qurğusunda EPR metodundan istifadə etməklə sonrakı analiz üçün hazırlanmışdır. İşin əsas məqsədi biyan kökü ekstraktının radioqoruyucu xüsusiyyətlərini qiymətləndirmək üçün EPR spektroskopiyasından istifadə etməklə siçovulların beynində və qaraciyər toxumalarında paramaqnit mərkəzlərinin öyrənilməsi olmuşdur.

Biyan ekstraktını qəbul edən γ -şüalanmış qruplarla müqayisə etmək üçün biyan verilmiş, lakin şüalanmayan nəzarət heyvanlarından istifadə edilmişdir (Şəkil 6, 8).

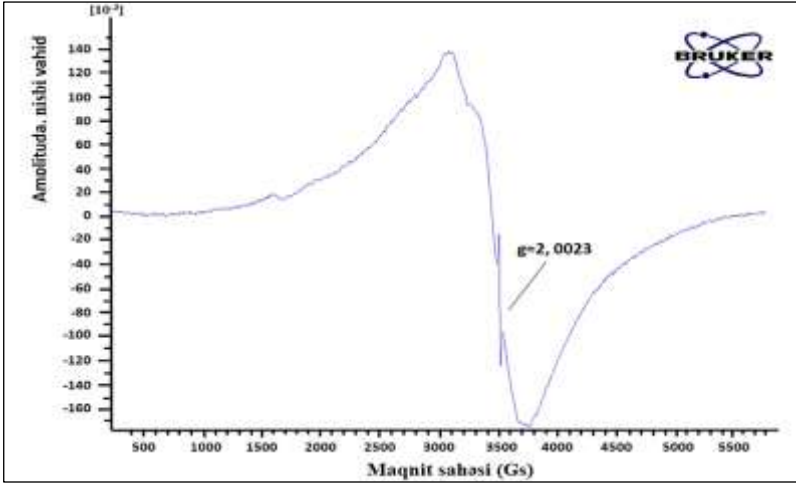
Onun qoruyucu xüsusiyyətləri bioloji aktiv birləşmələrin, ilk növbədə qlisirizin turşusu və flavonoidlərin (likviritigenin, izoliquiritigenin) olması ilə əlaqədardır. Bu maddələr güclü antioksidant xüsusiyyətlərə malikdir, radiasiya nəticəsində yaranan sərbəst radikalları zərərsizləşdirir və hüceyrələrin bərpaasına kömək edir. Müəyyən edilmişdir ki, 8 Qr dozada biyan antioksidant komponentlərinə görə siçovulların beynini və qaraciyərini effektiv qoruyur (şəkil 7, 9).



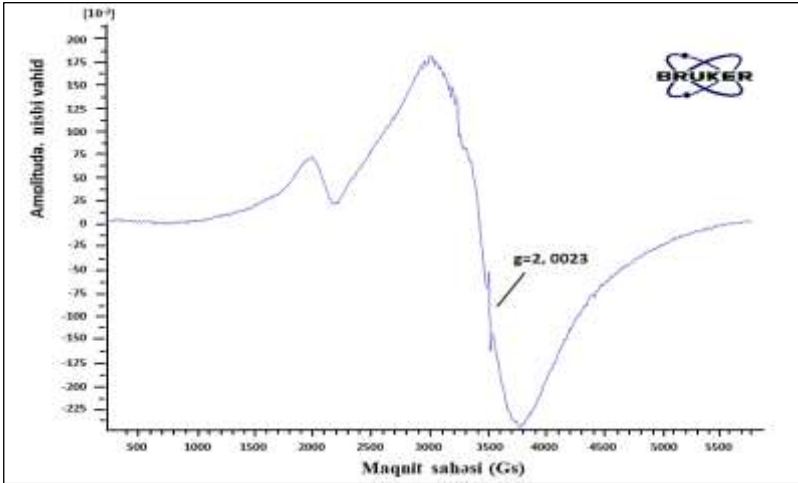
Şəkil 6. Biyan kökü ekstraktı ilə qidalanan nəzarət laboratoriyası siçovullarının beyninin EPR spektri, (mikrodalğa, tezlik: 9,862 GHz, güc: 2,154 mVt)



Şəkil 7. Biyan kökü ekstraktı ilə qidalanan laboratoriya siçovullarının beyninin EPR spektri, γ -8 Qr ilə şüalanmış (mikrodalğa, tezlik: 9,869 GHz, güc: 2,142 mVt)



Şəkil 8. Biyan kökü ekstraktı ilə qidalanan nəzarət laboratoriyası siçovullarının qaraciyərinin EPR spektri (mikrodalğa, tezlik: 9,860 GHz, güc: 2,161 mVt)



Şəkil 9. Biyan kökü ekstraktı ilə qidalanan laboratoriya siçovulunun qaraciyərinin EPR spektri, γ -8 Qr ilə şüalanmış, (mikrodalğa tezliyi: 9.860 GHz, güc: 2.147 mVt)

Tədqiqat nəticələri göstərdi ki, biyan ekstraktı beyin və qaraciyər hüceyrələrini radiasiyanın təsirindən qoruyan radioprotektor xüsusiyyətlərə malikdir. Bu təsir onun komponentlərinin antioksidant fəaliyyəti ilə bağlıdır. EPR spektroskopiyası radiasiyanın mənfi təsirlərinin azaldılmasını təsdiqlədi və biyan kökünün hərəkətinin toxumalarda biomineralizasiyaya^{6,7} təsir göstərə biləcəyini aşkar etdi ki, bu da onun fəaliyyət mexanizmlərini öyrənmək üçün yeni istiqamətlər açır.

V FƏSİL. RADIOAKTİV ÇİRKLƏNMƏNİN TƏDQIQ EDİLƏN BİTKİ NÖVLƏRİNİN GENETİK APARATINA TƏSİRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

5.1. Radiasiyanın şüalanmanın toxumların cücərmə dinamikasına təsirinin öyrənilməsi (*Hordeum vulgare* L.), (*Triticum durum* Desf.) və (*Zea mays var. indentata*)

Laboratoriya işi üçün aşağıdakı toxum nümunələrindən istifadə edilmişdir: adi arpa (*Hordeum vulgare* L.), bərk buğda (*Triticum durum* Desf.) və qarğıdalı (*Zea mays var. indentata*). Tədqiqatlar nəzarət toxumu nümunələri və ionlaşdırıcı γ -şüalanmanın müxtəlif dozaları (100 Qr, 200 Qr, 300 Qr), hər bir nümunədən 500 toxumla şüalanmış nümunələrlə aparılmışdır. Toxumlar MRX - γ 25, (Co60) avadanlığı ilə şüalandırılmışdır. Ölçüdə (1-1,5 mm) toxumdan yetişdirilən sabit köklərin sayı cədvəl 2-də göstərilmişdir.

⁶ Атамова, Н.Г. Изучение радиопротекторных свойств экстрактов *Glycyrrhiza glabra* L. L. на облученных крысах линии Wistar / Н.Г.Атамова, А.М.Мусаев // Вестник НАНА, Серия биологические и медицинские науки. - Баку: - 2022. - Т. 77, № 1. - с. 50-57.

⁷ Nudelman, F. In vitro models of collagen biomineralization / F. Nudelman, A.J.Lausch, N.A.Sommerdijk [et al.] // Journal of Structural BioloQr, - 2013. 183 (2), - p. 258-269.

Cədvəl 2.**Ölçüdə sabit köklərin sayı (1-1,5 mm)**

№	Variantlar	Toxum nümunələri		
		<i>Hordeum vulgare</i> L.	<i>Triticum durum</i> Desf.	<i>Zea mays var. indentata</i>
1	Nəzarət	75 ±4,1	75±5,1	80±5,8
2	100 Qr	85 ns ±4,5	50*±4,5	50**±4,1
3	200 Qr	45*±3,1	60 ns ±5,0	40***±3,9
4	300 Qr	40***±2,8	30** ± 3,5	25***±2,5

Qeyd: ***, **, * uyğun olaraq, $p \leq 0,001$ $p \leq 0,01$ və $p \leq 0,05$ ehtimallıqla etibarlılığı, ns - qeyri-əhəmiyyətliyi ifadə edir.

Cücərməmiş toxumların ümumi sayının hesablanması (nəzarət və müxtəlif dozalarda γ-şüalanma (100 Qr, 200 Qr, 300 Qr) ilə şüalanma) cədvəllərdə (3, 4, 5) verilmişdir.

Cədvəl 3.**Cücərməmiş *Hordeum vulgare* L.toxumların ümumi sayının hesablanması**

Variantlar	Toxumların ümumi sayı	Cücərməmiş toxumların sayı			Cücərmə dərəcəsi, %
		Kökcüklərin Ölçüsü (1-1,5 mm)	Kökcüklərin Ölçüsü (0,1-0,8mm)	Ümumi sayı	
Nəzarət	500	75 ±4,1	50 ±3,2	125 ±5,5	25,0 ±1,9
100 Qr	500	85 ns ±4,5	80**±4,2	165**±6,1	33,0** ±2,5
200 Qr	500	45*±3,1	50ns±3,5	95*±4,8	19,0* ±1,5
300 Qr	500	40***±2,8	30**±2,2	70***±4,0	14,0***±1,2

Qeyd: ***, **, * uyğun olaraq, $p \leq 0,001$ $p \leq 0,01$ və $p \leq 0,05$ ehtimallıqla etibarlılığı, ns - qeyri-əhəmiyyətliyi ifadə edir.

Cədvəl 4.**Cücərməmiş *Triticum durum* Desf. toxumların ümumi sayının hesablanması**

Variantlar	Toxumların ümumi sayı	Cücərməmiş toxumların sayı			Cücərmə dərəcəsi, %
		Kökcüklərin ölçüsü (1-1,5 mm)	Kökcüklərin ölçüsü (0,1-0,8mm)	Ümumi sayı	
Nəzarət	500	75±5,1	110±6,8	185±9,3	37,0±1,8
100 Qr	500	50*±4,5	225***±11,2	275**±12,1	55,0**±2,4
200 Qr	500	60 ns ±5,0	250***±13,5	310***±14,4	62,0***±2,9
300 Qr	500	30** ± 3,5	95* ± 6,1	125*** ± 7,0	25,0*** ±1,4

Qeyd: ***, **, * uyğun olaraq, $p \leq 0,001$ $p \leq 0,01$ və $p \leq 0,05$ ehtimallıqla etibarlılığı, ns - qeyri-əhəmiyyətliyi ifadə edir.

Cədvəl 5.

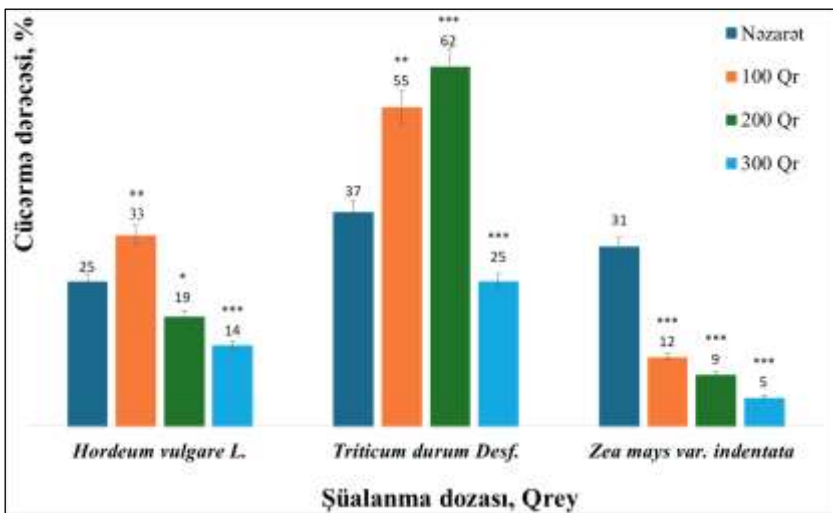
Cücərmiş *Zea mays var.indentata* toxumların ümumi sayının hesablanması

Variantlar	Toxumların ümumi sayı	Cücərmiş toxumların sayı			Cücərmə dərəcəsi, %
		Kökcüklərin ölçüsü (1-1,5 mm)	Kökcüklərin ölçüsü (0,1-0,8mm)	Ümumi sayı	
Nəzarət	500	80±5,8	75±5,2	155±8,1	31,0±1,6
100 Qr	500	50**±4,1	10***±1,5	60***±4,8	12,0***±1,1
200 Qr	500	40***±3,9	5***±0,9	45***±4,2	9,0***±0,8
300 Qr	500	25***±2,5	0***±0,0	25***±2,5	5,0***±0,5

Qeyd: ***, **, * uyğun olaraq, $p \leq 0,001$ $p \leq 0,01$ və $p \leq 0,05$ ehtimallıqla etibarlılığı, ns - qeyri-əhəmiyyətliyi ifadə edir.

Cədvəllərin (3, 4, 5) nəticələrinə əsasən dənli bitkilərin toxumlarının cücərmə dərəcəsinin faizinin dinamikasının diaqramları təqdim edilmişdir (Şəkil10).

Şəkil 10-da dənli bitkilərin cücərmə dərəcəsinin faizinin dinamikasının necə dəyişdiyi göstərilir: C3 bitkisinə (arpa) toxumların 100 Qr dozasında şüalanması nəzarətlə müqayisədə cücərmiş toxumların sayının artmasına səbəb olmuşdur. İonlaşdırıcı γ -radiasiyanın dozasının 200 Qr və 300 Qr-ə qədər artırılması cücərmiş toxumların sayının əhəmiyyətli dərəcədə azalması ilə nəticələnmişdir. İkinci tədqiq edilən C3 tipli bitkidə (buğda) toxumların 100 Qr dozasında şüalanması nəzarətlə müqayisədə cücərmiş toxumların sayının artmasına, ionlaşdırıcı γ -şüalanmanın dozasının isə 200 Qr-ə qədər artması ilə toxumların cücərmə aktivliyinin daha da artması müşahidə edilmişdir. C4 bitkisi (qarğıdalı) üçün γ -radiasiya dozaları 100 Qr, 200 Qr və 300 Qr nəzarətlə müqayisədə toxumların cücərmə sürətində ardıcıl azalma göstərmişdir.



Şəkil 10. Toxumların cücərmə dinamikası (*Hordeum vulgare L.*, *Triticum durum Desf.*, *Zea mays var. indentata*),
(ns - q/əhəmiyyətli, * - $p \leq 0,001$, ** - $p \leq 0,01$ və * - $p \leq 0,05$)**

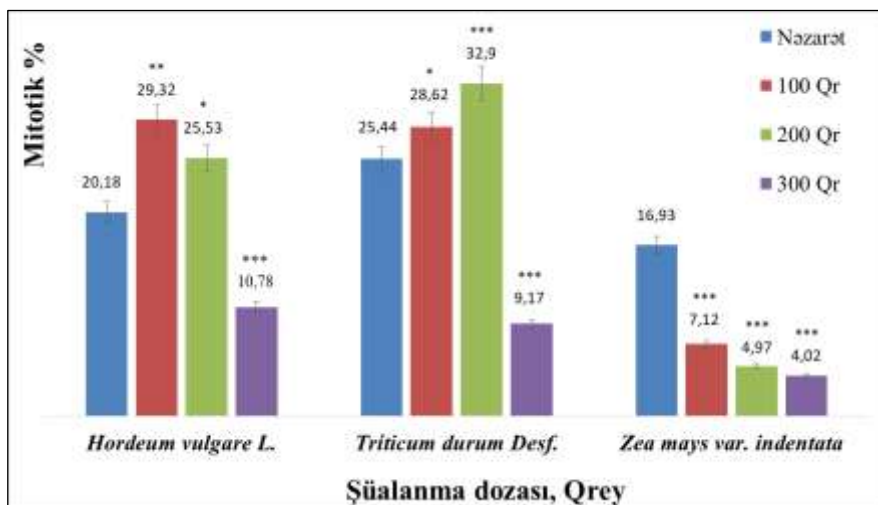
Tədqiqatlar göstərir ki, ionlaşdırıcı γ -şüalanma hüceyrələrdə suyun radiolizinə səbəb olur, bu da yüksək reaktivliyə malik AOF-lərin əmələ gəlməsinə gətirib çıxarır: superoksid anion-radikali ($O_2^{\bullet-}$), hidroksil radikali ($\bullet OH$) və hidrogen peroksidi (H_2O_2). Bu molekullar oksidləşdirici stres yaradaraq əsas makromolekullara zərər verir: DNT, zülallar və membranların lipidləri, bu da cücərmə daxil olmaqla metabolik prosesləri inhibə edir.

5.2. Tədqiq olunan bitki növlərinin (*Hordeum vulgare L.*, *Triticum durum Desf.*, *Zea mays var. indentata*) sitogenetik parametrlərinə qamma şüalanmasının təsirinin öyrənilməsi

Tədqiq olunan bitki növlərinin toxumlarının mitotik dövrünü hesablamaq üçün sitogenetik analiz aparılmışdır. Toxumların sitogenetik analizi: (*Hordeum vulgare L.*, *Triticum durum Desf.*) və (*Zea mays var. indentata*), ionlaşdırıcı γ -şüalanmanın müxtəlif dozalarında (100 Qr, 200 Qr, 300 Qr) cədvəllərdə (6) göstərilmişdir. Alınmış

tədqiqat nəticələrinə əsasən, dənli bitkilərin nəzarət və şüalanmış toxumlarının sitogenetik analizinin dinamikasının diaqramları tərtib edilmişdir (şəkil 11).

Şəkil 11-dən göründüyü kimi, qamma şüalanmanın aşağı dozalarında (100 Qr, 200 Qr) C3 bitkilərində mitotik dövrdə aktiv bölünmənin stimullaşdırılması müşahidə edilir, daha yüksək dozada (300 Qr) isə stimullaşdırma prosesi zəifləyir. C4 bitkilərində radiasiya əks təsir göstərir. Bitki hüceyrəsinin qoruyucu mexanizmlərindən biri olan fototənəffüs prosesi şüalanmanın dozasından asılı olaraq az və ya çox dərəcədə sonrakı apardığımız təcrübələrin hər birində özünü büruzə verdi. Bu, C3 və C4 tipli laboratoriya bitkilərində morfoloji və genetik parametrlərdəki dəyişikliklərə təsir etdi.



Şəkil 11. Toxumların mitotik dövrünün dinamikası (*Hordeum vulgare L.*, *Triticum durum Desf.*, *Zea mays var. indentata*),
(ns - qəhəmiyyətli, *** - $p \leq 0,001$, ** - $p \leq 0,01$ və * - $p \leq 0,05$)

Cədvəl 6.

Mitotik indeksin hesablanması

<i>Hordeum vulgare</i> L., xromosom dəsti 2n=14								
Variantlar	Sabit toxum kökcüklərin ümumi sayı (1-1,5 mm)	Cücərmə dərəcəsi, %	Bölünən hüceyrələrin sayı					Mitoz dövrü (Mitotik %)
			Analiz edilmiş hüceyrələr (N)	Profazalar (P)	Metafazlar (M)	Anafazalar (A)	Telofazlar (T)	
Nəzarət	75 ±4,1	25,0 ±1,9	322	32 ±2,1	16 ±1,4	11 ±0,9	6 ±0,5	20,18 ±1,12
100 Qr	85ns ±4,5	33,0** ±2,5	266	39* ±2,5	19 ns ±1,8	13 ns ±1,1	7 ns ±0,8	29,32* *±2,05
200 Qr	45* ±3,1	19,0* ±1,5	278	36 ns ±3,0	17 ns ±1,5	10 ns ±1,0	8 ns ±0,7	25,53* ±1,98
300 Qr	40 *** ±2,8	14,0 *** ±1,2	204	12 *** ±1,1	6 *** ±0,7	3 *** ±0,4	1 *** ±0,2	10,78 *** ±1,04
<i>Triticum durum</i> Desf., xromosom dəsti 2n=28								
Nəzarət	75 ±5,1	37,0 ±1,8	283	28 ±2,5	19 ±1,9	16 ±1,6	9 ±0,9	25,44 ±1,55
100 Qr	50* ±4,5	55,0** ±2,4	262	37* ±3,1	16 ns ±1,8	14 ns ±1,5	8 ns ±0,8	28,62* ±1,82
200 Qr	60 ns ±5,0	62,0 *** ±2,9	234	33 ns ±2,9	20 ns ±2,1	13 ns ±1,4	11 ns ±1,1	32,90 *** ±2,13
300 Qr	30** ±3,5	25,0 *** ±1,4	218	11 *** ±1,2	4 *** ±0,5	2 *** ±0,3	3 *** ±0,4	9,17 *** ±0,95
<i>Zea mays var. indentata</i>, xromosom dəsti 2n=20								
Nəzarət	80 ±5,8	31,0 ±1,6	431	29 ±2,8	22 ±2,1	14 ±1,5	8 ±0,9	16,93 ±1,21
100 Qr	50** ±4,1	12,0** *±1,1	393	11** *±1,3	6*** ±0,8	7*** ±0,9	4*** ±0,5	7,12** *±0,75
200 Qr	40*** ±3,9	9,0*** ±0,8	382	6*** ±0,8	5*** ±0,7	3*** ±0,4	5** ±0,6	4,97** *±0,51
300 Qr	25*** ±2,5	5,0*** ±0,5	298	5*** ±0,6	3*** ±0,4	2*** ±0,3	2*** ±0,3	4,02** *±0,44

Qeyd: ***, **, * uyğun olaraq, $p \leq 0,001$ $p \leq 0,01$ və $p \leq 0,05$ ehtimallıqla etibarlılığı, ns - qeyri-əhəmiyyətliyi ifadə edir.

5.3. Radioaktiv çirklənmə zamanı genetik tədqiq edilmiş C3 və C4 bitkilərində fototənəffüsün rolunun öyrənilməsi

Apardığımız bir sıra genetik və morfoloji tədqiqatlar nəticəsində radiasiyanın stres faktoru kimi təsiri üzə çıxmışdır. Məsələn, müqayisə üçün C3 dənli bitkilər - buğda və arpa götürülüb.

Təcrübələrdən göründüyü kimi, aşağı dozalarda nəzarətlə müqayisədə kök böyüməsinin aktivliyinə stimullaşdırıcı təsir müşahidə olunur. İonlaşdırıcı şüalanmanın yüksək dozalarında böyümə yavaşlayır. C4 bitkilərində, məsələn: qarğıdalıda (*Zea mays var. indentata*) ionlaşdırıcı şüalanma dozasının artması ilə nəzarətlə müqayisədə kökcüklərin böyüməsi aktivliyi azalır.

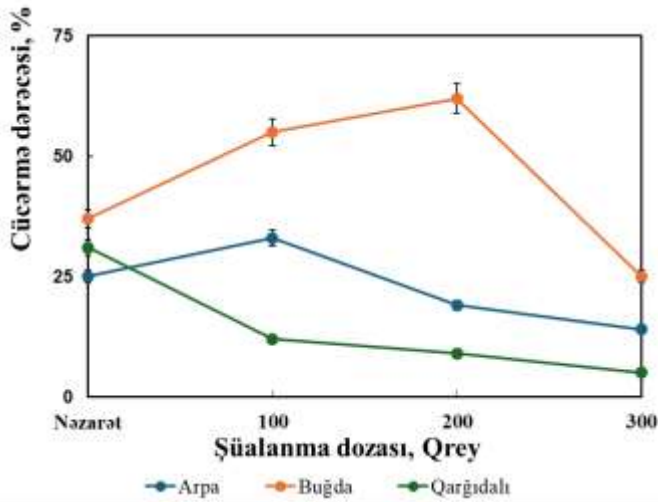
Köklərin aktiv böyüməsinin intensivliyi həm C3, həm də C4 bitkilərində mitotik dövrdə hüceyrə bölünməsinə birbaşa təsir edərək, genetik tədqiqat parametrlərinə də təsir göstərir (Şəkil 12).

Bütün mərhələlərdə mutant əlamətlərin (körpülər, dublikasiyalar) formalaşmasına qədər bölünmənin pozulması var. Araşdırmalarımız göstərdi ki, fototənəffüs vegetativ orqanizmdə oksidləşdirici zədələnmədən qorunmanın əsas mexanizmidir^{8,9}.

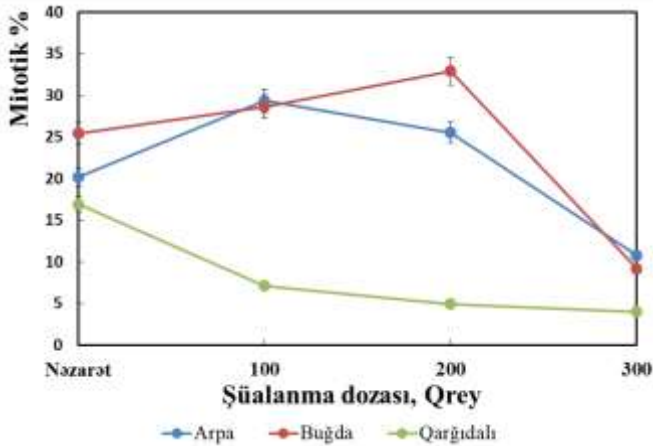
Tədqiqatların müqayisəli təhlili (şəkil 12, 13) C3 və C4 tipli bitkilərin radioaktiv çirklənməyə reaksiyasında fərqlər olduğunu göstərir. Bu fərqlər, əsasən, onların fotosintez metabolizminin fundamental xüsusiyyətləri ilə şərtlənir və bu metabolizmin mərkəzində fototənəffüs dayanır.

⁸ Ahmad, P. Reactive oxygen species, antioxidants and signaling in plants / P.Ahmad, M.Sarwat, S.Sharma // Journal of Plant BioloQr. - 2008. - Vol. 51, № 3. - p. 167-173.

⁹ Петров, В.В. Роль фотодыхания в адаптации растений к условиям засухи и засоления при УФ-облучении / В.В.Петров, Е.А.Кузнецова // Биохимия. - 2020. - Т. 85, № 3. - с. 345-358.



Şəkil 12. C3 tipli dənli bitkilərin toxumlarının (*Hordeum vulgare* L., *Triticum durum* Desf.,) C4 bitki növü toxumları (*Zea mays* var. *indentata*) ilə müqayisədə cücərmə dinamikası, (ns - q/əhəmiyyətli, *** - $p \leq 0,001$, ** - $p \leq 0,01$ və * - $p \leq 0,05$)



Şəkil 13. C3 tipli dənli bitkilərin (*Hordeum vulgare* L., *Triticum durum* Desf.,) C4 növü (*Zea mays* var. *indentata*) ilə müqayisədə sitogenetik analizi, (ns - q/əhəmiyyətli, *** - $p \leq 0,001$, ** - $p \leq 0,01$ və * - $p \leq 0,05$)

Tədqiqata əsasən belə nəticəyə gəlmək olar ki, fototənəffüs yalnız fotosintezin yan prosesi deyil, C3 və C4 bitkilərinin radioaktiv çirklənməyə diferensial reaksiyasını təyin edən əsas metabolik yoldur. C3 bitkilərində aktiv fototənəffüs dövrü böyümənin və mitotik proseslərin müvəqqəti stimullaşdırılması ilə sübut olunduğu kimi, artıq enerjinin dağılmasını təşviq etməklə və oksidləşdirici stressə nəzarət etməklə orta radiasiya stresindən müəyyən səviyyədə qorunma təmin edə bilər. Fototənəffüsün¹⁰ praktiki şəkildə olmadığı C4 bitkilərində ionlaşdırıcı γ -radiasiyanın təsiri altında bu proseslərin daha aydın və dozadan asılı inhibələri müşahidə olunur.

NƏTİCƏLƏR

1. Abşeron yarımadası ərazisində aparılan radioekoloji və dozimetrik tədqiqatlar zamanı qamma-şüalanmanın yüksək fonuna malik lokal ərazilərdə bitən bitkilərdə (*Zygophyllum fabago* L., *Juncus* L.) ms-GİE parametrlərinin dozadan asılı inhibələri müşahidə edilmişdir ki, bu da FSII və ENZ-nin zədələnməsinə dəlalət edir. Bu bitkilər ətraf mühitin ekoloji qiymətləndirilməsində bioindikator kimi istifadə oluna bilər.
2. UB-B şüalanması tədqiq olunan bitkilərdə ms-GİE-in parametrlərinin dozadan asılı azalmasına səbəb olur ki, bu da FSII-də yüklərin ilkin ayrılması və ENZ-də elektronların daşınması proseslərinin zədələnməsinin göstəricisidir və fotosintezin ümumi effektivliyini azaldır.
3. Bəzi dərman bitkilərinin EPR metodu ilə tədqiq edilməsi zamanı onlarda maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar ($g \approx 2.32$) aşkar edilmişdir. Bu siqnalların parametrləri biomonitorinq məqsədi ilə istifadə edilə bilər.
4. *Dunaliella salina* IPPAS D-294 mikroyosunları abiotik stressorların (metal duzu ionları, ionlaşdırıcı γ -radiasiya, temperatur, işıq) təsirinə uyğun adaptasiya mexanizmləri göstərilər ki, bu da

¹⁰ Чиков, В.И. Фотодыхание // Соросовский Образовательный Журнал, - 1996. № 11, - с. 2-8.

özünü ms-GİE parametrlərində yaranan dəyişikliklərdə göstərir. Tədqiqat nəticələri *Dunaliella salina* IPPAS D-294 mikroyosunun stresə davamlı olduğunu deməyə əsas verir.

5. Laboratoriya ağ siçovullarında (*Wistar Albino*) EPR spektroskopiyasından istifadə etməklə əldə edilmiş məlumatlara əsasən müəyyən edilmişdir ki, biyan kökü ekstraktı (*Glycyrrhiza glabra* L.) radiasiyaya məruz qalma zamanı effektiv radioprotektor aktivliyə malikdir. Alınmış nəticələr ekstraktın ağ siçovulların beyin və qaraciyər toxumalarında hüceyrə səviyyəsində γ -radiasiyanın mənfi təsirini minimuma endirmək qabiliyyətini göstərir.
6. Müəyyən edilmişdir ki, ionlaşdırıcı γ -radiasiya dənli bitkilərin (*Triticum durum* Desf., *Hordeum vulgare* L., *Zea mays* var. *indentata*) sitogenetik parametrlərinə və toxumlarının cücərməsinə dozadan asılı təsir göstərir. Aşkar olmuşdur ki, radiasiya (100 Qr, 200 Qr dozalarında) C3 bitkilərində (buğda, arpa) stimullaşdırıcı, C4 bitkilərində (qarğıdalı) isə inhibirləşdirici effekt yaradır. Alınan nəticə C3 bitkilərində radiasiyanın təsiri zamanı fototənəffüsün aktivləşməsi ilə əlaqədardır.

TÖVSIYƏLƏR

1. Ms-GİE və EPR spektroskopiya üsulları bitki obyektlərinin indikator parametrlərinin qiymətləndirilməsində radiasiya və kimyəvi çirklənmə lokal zonalarının müəyyən edilməsi üçün radioekoloji tədqiqatlarda istifadə üçün tövsiyə olunur.
2. Dənli bitkilərin radiohəssaslığına dair əldə edilmiş məlumatlar kənd təsərrüfatında seleksiyada radiasiyaya davamlı sortların yaradılmasında və radiasiya fonu yüksək olan ərazilərdə əkinçilik strategiyalarının işlənilib hazırlanmasında istifadə oluna bilər.
3. Ağır metalların *Dunaliella salina*-ya təsiri ilə bağlı nəticələr su mühitinin toksikliyinə qiymətləndirmək üçün biotestlərin işlənilib hazırlanmasında istifadə edilə bilər.
4. Biyan ekstraktının müəyyən edilmiş radioqoruyucu xüsusiyyətlərinə dair məlumatlar radioprotektor preparatların hazırlanması üzrə tədqiqatlar üçün perspektivlər açıq.

DİSSERTASIYA MÖVZUSU ÜZRƏ ÇAP EDİLMİŞ ELMİ ƏSƏRLƏRİN SİYAHISI

1. Mahmudova, Ü.T., Fridunbəyov, İ.Y., Xəlilov, R.İ., Nağıyev, C.Ə., Radioaktiv çirkləmənin insan orqanizminə təsiri: / - Azərbaycan xalqının böyük oğlu, ulu öndər H.Ə.Əliyevin anadan olmasının 85-ci ildönümünə həsr olunmuş “Biologiyanın müasir problem-ləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 25-26 Aprel 2008. - s. 293-294.
2. Nağıyev, C.Ə., Mahmudova, Ü.T., Fridunbəyov, İ.Y., Xəlilov, R.İ., Abşeron yarımadasında təbii və süni radionuklidlərin monitorin-qi: / - Azərbaycan xalqının böyük oğlu, ulu öndər H.Ə.Əliyevin anadan olmasının 85-ci ildönümünə həsr olunmuş “Biologiyanın müasir problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 25-26 Aprel 2008. - s. 295-296.
3. Qasımov, R.C., Fridunbəyov, İ.Y., Xudaverdiyeva, S., Xəlilov, R.İ., Radioaktiv çirklənmiş ərazilərdən götürülmüş bitki nümunələrinin EPR tədqiqatları: / - Bakı Dövlət Universitetinin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Biologiyada elmi nailiyyətlər” mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 22-23 May 2009. - s. 311.
4. Фридунбеков, И.Ю., Биоиндикационное значение параметров кинетики замедленной флуоресценции УФ-облученных листьев: / - Bakı Dövlət Universitetinin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Biologiyada elmi nailiyyətlər” mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 22-23 May 2009. - c. 312-313.
5. Xəlilov, R.İ., Fridunbəyov, İ.Y., Nəsimova, A.N., Radioaktiv çirklənmənin bitkilərə təsiri: EPR tədqiqatları: / - Əməkdar elm xadimi, akademik Abdulla Qarayevin anadan olmasının 100 ilik yubileyinə həsr olunmuş “XXI əsrdə Biologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransın materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 2-3 Aprel 2010. - s. 364-365.

6. Насибова, А.Н., Фридунбеков, И.Ю., Халилов, Р.И., Наночастицы и тяжелые металлы в составе растений произрастающих в радиоактивно загрязненных территориях Апшеронского полуострова: / - Экология. Людина. Суспільство, XIII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Национальный Технический Университет Украины, Киев, Украина, 19-23 Мая 2010. - с. 28-29.
7. Фридунбеков, И.Ю., Джафарова, С.А., Изучение влияния радиоактивного загрязнения на мутационный процесс и содержание наночастиц магнетита в семенах растений *Zygo-phylum fabago*: / - Международное содружество студенческих организаций и молодежи. Молодежный совет МГУ, Студенческий совет МГУ. Материалы XVIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов», РФ, Москва, 11-15 Апреля 2011. - с. 45.
8. Fridunbəyov, İ.Y., Radioaktiv çirklənmiş ərazilərdən götürülmüş bitki nümunələrinin biofiziki tədqiqatları: / - “Tətbiqi Ekologiyanın problemləri” mövzusunda I Respublika Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 14 Oktyabr 2011. - s. 72.
9. Фридунбеков, И.Ю., Биоиндикационное значение изменений замедленной флуоресценции УФ-облученных листьев: / - Gənc Alimlərin və Tədqiqatçıların “Müasir Biologiyanın Nəzəri və Tətbiqi Problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 29-30 Aprel 2011. - с. 19-20.
10. Nəsimova, A.N., Fridunbəyov, İ.Y., Xəlilova, G.Z., Xəlilov, R.İ., Yarpaq və toxumlarda maqnit nanohissəciklərin formalaşması: / - Görkəmli Azərbaycan alimi, əməkdar elm xadimi, akademik Həsən Əliyevin 105 illik yubileyinə həsr olunmuş “Ekologiya təbiət və cəmiyyət problemləri” mövzusunda II Beynəlxalq Elmi Konfransın materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 7-8 Noyabr 2012. - s. 374-376.
11. Nasibova, A.N., Qasimov, U.M., Fridunbəyov, İ.Y., Khalilov, R.I., Impact of radioactive pollution on paramagnetic centers of

soil - plant systems: / - “Perspectives of peaceful Use of nuclear energy”, the V International Conference, Azerbaijan National Academy of Sciences Ministry of Communication and Information Technologies Institute of Radiation Problems of ANAS, Baku, Azerbaijan, 21-23 November 2012. - p. 82.

12. Xəlilov, R.İ., Nəsimova, A.N., İsmayılova, S.M., Fridunbəyov, İ.Y., Qasımov, U.M., Buğda və qarğıdalı bitkilərində paramaqnit mərkəzlərə və onların morfoloji xüsusiyyətlərinə qamma-radiasiyanın təsiri: / - Akademik M.K.Kərimovun 65 illik yubileyinə həsr olunmuş “Radiasiya tədqiqatları və onların praktiki aspektləri” mövzusunda VIII Konfransın Tezislər məcmuəsi, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Rəhbərlik və İnformasiya Texnologiyaları Nazirliyi, AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu, Bakı, Azərbaycan, 20-21 Noyabr 2013. - s. 134.
13. Nəsimova, A.N., İsmayılova, S.M., Qasımov, U.M., Fridunbəyov, İ.Y., Xəlilov, R.İ., Bəzi tərəvəz bitkilərində gümüş və dəmir nanohissəciklərinin sintezinin tədqiqi: / - Akademik M.K.Kərimovun 65 illik yubileyinə həsr olunmuş “Radiasiya tədqiqatları və onların praktiki aspektləri” mövzusunda VIII Konfransın Tezislər məcmuəsi, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Rəhbərlik və İnformasiya Texnologiyaları Nazirliyi, AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu, Bakı, Azərbaycan, 20-21 Noyabr 2013. - s. 132-133.
14. Xəlilov, R.İ., Nəsimova, A.N., Qasımov, U.M., Fridunbəyov, İ.Y., Biofizikanın radioekoloji problemlərin həllində rolu: / - Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 91-ci ildönümünə həsr olunmuş “Müasir biologiya və kimyanın aktual problemləri” mövzusunda Elmi Konfransın materialları, Gəncə Dövlət Universiteti, Gəncə, Azərbaycan, 12-13 May 2014, I hissə. - s. 111-115.
15. Fridunbəyov, İ.Y., Nəsimova, A.N., Ətraf mühitin monitorinqində bioindikasiya parametrləri: / - Azərbaycan xalqının böyük oğlu, Ulu Öndər Heydər Əliyevin anadan olmasının 91-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Alimlərin və Tədqiqatçıların “Müasir Biologiyanın İnnovasiya Problemləri” mövzusunda IV Beynəlxalq Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 16-17

May 2014. - s. 16-17.

16. Nəsimova, A.N., Fridunbəyov, İ.Y., Bitki mənşəli dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiyasında fotosintezin rolu: / - BDU-nun Biologiya fakültəsinin 80 illik yubileyinə həsr olunmuş “Eksperimental biologiyanın inkişaf perspektivləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 19-20 Dekabr 2014. - s. 23.
17. Nasibova, A.N., Trubitsin, B.V., Ismayilova, S.M., Fridunbəyov, İ.Y., Gasimov, U.M., Khalilov, R.I., Impact of stress factors on the generation of nanoparticles in the biological structures: / - National Academy of Sciences of Azerbaijan. Reports, Baku, Azerbaijan, 2015, LXXI № 2. - p. 35-40.
18. Фридунбеков, И.Ю., Насибова, А.Н., Влияние радиации на парамагнитные центры в растениях: / - Материалы XXII Международной молодежной научной Конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов», МГУ имени М. В. Ломоносова, РФ, Москва, 13-17 Апрель 2015. - с. 1.
19. Nasibova, A.N., Fridunbəyov, İ.Y., Nabiyev, N.N., Khalilov, R.I., Influence of UV and Gamma Radiation on Paramagnetic Properties in Fragments of Photosystem 2: / - IJPPR International Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Research. An official Publication of Human Journals, Rangtarang, Shastrinagar, Malkapur, Karad. Dist. Satara. Maharashtra, India, 2016, Vol 7 № 4. - p. 24-32. Pub Med
20. Fridunbəyov, İ.Y., Nəsimova, A.N., Xəlilov, R.İ., Lənkəran ərazisində bitən bəzi bitkilərdə aparılan EPR tədqiqatları: / - Bakı Universitetinin Xəbərləri, Təbiət elmləri seriyası, BDU, Bakı, Azərbaycan, 2017, № 3. - s. 35-42.
21. Nasibova, A.N., Fridunbəyov, İ.Y., Khalilov, R.I., Interaction of magnetite nanoparticles with plants: / - European Journal of Biotechnology and Bioscience. Dehli, India, 2017, Vol 5 № 3. - p. 14-16.
22. Khalilov, R.I., Nasibova, A.N., Fridunbəyov, İ.Y., Nabiyev, N.N., Qasimov, U.M., Magnetic nanoparticles in plants: / - Modern Trends In Physics, International Conference, BDU, Bakı,

- Azərbaycan, 20-22 April 2017. - s. 115-118. Web of Science
23. Kazımlı, L.T., Fridunbəyov, İ.Y., Triticum L. və Phaseolus Vulgaris bitkilərinə nanohissəciklərinin təsiri: / - Azərbaycan xalqının böyük oğlu, Ulu Öndər Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş Gənc Alimlərin və Tədqiqatçıların “Müasir Biologiyanın İnnovasiya Problemləri” mövzusunda VII Beynəlxalq Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 27-28 Aprel 2017. - s. 27.
 24. Fridunbəyov, İ.Y., Kazımlı, L.T., Nəsimova, A.N., Xəlilov, R.İ., Citrus bitkilərinin EPR siqnalları və onların temperaturdan asılılığı: / - Akademik Rəfiqə Əlirza qızı Əliyevanın 85 illik yubileyinə həsr olunmuş “Koordinasion birləşmələr kimyası: Analitik kimyanın aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 16-17 Noyabr 2017. - s. 202.
 25. Khalilov, R.I., Nasibova, A.N., Kavetskiy, T.S., Fridunbəyov, İ.Y., Nəbiyev, N.N., Ramazanov, Sh.J., Qasimov, U.M., EPR signals in plant systems and their informative capacity for radioecological investigations: / - ICBESA, 1st International Conference on Biological, Environmental Sciences & Applications (BESA), Luxor, Egypt, 23-25 March 2017. - p. 1-2.
 26. Əliyeva, İ.M., Məmmədova, M.L., Nəsimova, A.N., Xəlilov, R.İ., Fridunbəyov, İ.Y., Gəncə Alüminium zavodu ərazisindən yığılan tullantı tozunun və metal nano hissəciklərinin (Al, Cu, Fe) bəzi bitkilərə və yosunlara təsirinin tədqiqi: / - Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş “Muasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransın materialları, Gəncə Dövlət Universiteti, Gəncə, Azərbaycan, 04-05 May 2018, III hissə. - s. 267-269.
 27. Фридунбеков, И.Ю., Исследование действия некоторых физи-ко-химических факторов на индукцию замедленной эмиссии света: / - Научные и педагогические известия университета Одлар Юрду, Баку, Азербайджан, 2020, № 56. - с. 36-43.
 28. Fridunbəyov, İ.Y., Millisecond delayed light emission of “Hibis-

- cus Rosa Sinensis” under the action of various doses of UV-B radiation: / - Journal of Radiation Researches, Azerbaijan National Academy of Sciences Institute of Radiation Problems, Baku, Azerbaijan, 2021, Vol 8 № 1. - p. 53-57.
29. Fridunbəyov, İ.Y., Impact of radioactive contamination on the genetic apparatus of some plants: / - Journal of Radiation Researches, Azerbaijan National Academy of Sciences Institute of Radiation Problems, Baku, Azerbaijan, 2023, Vol 10 № 1. - p. 31-34.
 30. Baran, M.Firat, Keskin, C., Baran, A., Kurt, K., İpek, P., Eftekhari, A., Khalilov, R., Fridunbəyov, İ.Y., Cho, W.C., Green synthesis and characterization of selenium nanoparticles (Se NPs) from the skin (testa) of Pistacia vera L. (Siirt pistachio) and investigation of antimicrobial and anticancer potentials: / - Biomass Conversion and Biorefinery. Under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature, Central Europe, Germany, 2023. - p. 1-11. Springer
 31. Nasibova, A.N., Fridunbəyov, İ.Y., Khalilov, R.I., Magnetic resonance characteristics of iron oxide crystalline particles in biological systems: / - Conservation of Eurasian Biodiversity: Contemporary problems, Solutions and perspectives. Materials of the 1 st International Conference, Andijan State University, Andijan, Uzbekistan, 15-17 May 2023, Part II. - p. 75-78.
 32. Bayramova, M., Fridunbəyov, İ.Y., Changes in the biological functions of rats under the influence of radiological factors: / - “Modern scientific trends and youth development” Proceedings of the XXIX International Scientific and Practical Conference, Warsaw, Poland, 25-28 July 2023. - p. 36-40.
 33. Халилов, Р.И., Насибова, А.Н., Фридунбеков, И.Ю., Роль стрессовых факторов в образовании магнитных свойств в живых системах: / - Сборник научных трудов VII Съезда биофизиков России, РФ, Краснодар, 17-23 Апрель 2023, Том 2. - с. 352-353.
 34. Халилов, Р.И., Насибова, А.Н., Фридунбеков, И.Ю., Байрамов, М.А., Влияния гамма радиации на виноградные улитки (Helix pomatia): / - Симпозиум с международным

- участием «Биофизика сложных систем. Вычислительная и системная биология. Молекулярное моделирование». МКО, Биологический ф-т, кафедра Биофизики МГУ, РФ, Москва, 23-27 Январь 2023. - с. 1.
35. Фридунбеков, И.Ю., Радиоэкологические и дозиметрические исследования на территории Апшеронского полуострова: / - Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü ildönümünə həsr olunmuş “Ekologiya və Torpaşünaslıq Elmləri XXI Əsrdə” mövzusunda IV Respublika Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 19-17 May 2023. - s. 51-52.
 36. Əhmədov, N.N., Fridunbəyov, İ.Y., Son illər dünyada baş verən təbii fəlakətlər və onlara qarşı mühafizə tədbirləri: / - Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 100-cü ildönümünə həsr olunmuş “Ekologiya və Torpaşünaslıq Elmləri XXI Əsrdə” mövzusunda IV Respublika Elmi Konfransının materialları, BDU, Bakı, Azərbaycan, 19-17 May 2023. - s. 62-63.
 37. Babayev, M., Fridunbəyov, İ.Y., Kazimli, L., Cytogenetic analysis of some cereal seeds exposed to gamma radiation: / - XXVII In-ternational Scientific and Practical Conference «Science of the 21 st centure: searches, problems, development prospects», Paris, France, Jule 09-12 2024. - p. 41-45.
 38. Nasibova, A., Bayramova, M., Kazimli, L., Fridunbəyov, İ.Y., Khalilov, R., Investigation of biophysical and biochemical parameters in laboratory rats exposed to gamma radiation: / - Science, technology, innovation: global trends and regional aspect, Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Tallinn, Estonia, September 24-27 2024. - p. 9-11.
 39. Babayev, M., Nəşibova, A., Fridunbəyov, İ.Y., Kazimli, L., The effect of ionizing gamma radiation on c3 and c4 type plants of photosynthesis: / - Advances in Biology & Earth Sciences, Baku State University, Baku, Azerbaijan, 2025, Vol.10 № 1. - p. 88-93. Scopus Q1
 40. Fridunbəyov, İ.Y., Khalilov, R.I., Photorespiration as a key mechanism of plant defense against environmental stress: / - Baku State University Journal of Life Sciences & biology, Baku

- State University, Baku, Azerbaijan, 2025, vol.2, № 2. - p. 30-37.
41. Fridunbəyov, İ.Y., Impact of temperature, light intensity, and salinity on the growth and photosynthetic performance of *Dunaliella Salina* IPPAS D-294: / - XIX International scientific and practical conference «Current problems of the development of science: trends and innovations» Oslo, Norway, May 13- 16, 2025. - p. 40-45.
42. Fridunbəyov, İ.Y., Biofizikanın radioekoloji problemlərin həllində rolu: / - Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 102-ci ildönümünə həsr olunmuş “Konstitusiya və suverenlik ili: torpaq islahatının yeni mərhələsi və ekoloji problemlərin həlli” mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları, Bakı Dövlət Universiteti, Azərbaycan, Bakı, 15-16 may 2025. - s. 186-187.
43. Fridunbəyov, İ.Y., The role of photorespiration as a protective mechanism in c3-type plants against stress-induced oxidative damage: / - “Application of digital and GWAS-based technologies for the wheat improvement” International Conference & Field Workshop, Baku-Gobustan, Azerbaijan June 12-13, 2025.- p. 179-180



Dissertasiyanın müdafiəsi 23 oktyabr 2025 il tarixində saat 14:00 da Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.31 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, Ak. Z.Xəlilov küç., 33, AZ 1148

Dissertasiya ilə Bakı Dövlət Universitetinin elmi kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Bakı Dövlət Universitetinin rəsmi internet saytında (www.bsu.edu.az) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 20 sentyabr 2025 il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 17.09.2025
Kağız formatı: A5
Həcm: 39187
Tiraj: 30