

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
BOTANİKA İNSTİTUTU**

Əlyazması hüququnda

KÖNÜL HƏTƏM QIZI QASIMOVA

**XRONİKİ ŞÜALANMANIN TƏSİRİNƏ MƏRUZ
QALMIŞ BİTKİLƏRDƏ BƏZİ FİZİOLOJİ-BİOKİMYƏVİ
PROSESLƏRİN TƏDQIQI**

2406.02 – Biokimya

**Biologiya üzrə fəlsəfə doktoru elmi
dərəcəsi almaq üçün təqdim edilən dissertasiyanın**

AVTOREFERATI

Bakı – 2016

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Botanika İnstitutunun Bioloji məhsuldarlığın fundamental problemləri şöbəsində (hazırkı AMEA Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutu) yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Biologiya üzrə elmlər doktoru,
professor **S.Y.Süleymanov**

Rəsmi opponentlər:

Biologiya üzrə elmlər doktoru,
professor **Ə.Ə. Nəbiyev**

Biologiya üzrə elmlər doktoru,
E.S.Cəfərov

Aparıcı təşkilat:

Bakı Dövlət Universitetinin
Biokimya və biotexnologiya
kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi « 31 » « 05 » 2016-cı il saat ___-
da AMEA Botanika İnstitutunun D.01.061 Dissertasiya Şurasının
yığıncağında aşağıda göstərilən ünvanda keçiriləcəkdir.

Ünvan: Bakı şəhəri, AZ1073, Badamdar yolu, 40

Dissertasiya ilə AMEA Botanika İnstitutunun kitabxanasında tanış
olmaq olar.

Dissertasiyanın avtoreferatı « ___ » « _____ » 2016-cı il tarixində
göndərilmişdir.

**Dissertasiya Şurasının elmi katibi,
biologiya üzrə elmlər doktoru,
professor**

S.C. İBADULLAYEVA

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Elmi-texniki tərəqqi və sənayenin sürətli inkişafı ətraf mühitdə antropogen təsirin artmasına və ekoloji tarazlığın pozulmasına səbəb olur. Bu amillərin təsiri nəticəsində ətraf mühitin radioaktiv çirklənməsi baş verir ki, bu da canlı aləmə yüksək dərəcədə mənfi təsir göstərir (Sanchez, 2008; Khalilov and Nasibova, 2015). Radionuklidlərlə çirklənmiş ərazilərdə kiçik dozalarda xroniki şüalanma bitkilərdə çoxlu sayda sitogenetik zədələnmələrə səbəb olur (Шевченко и др., 1998; Литвинов, 2014). Buna görə də həmin ərazilərdə bitki örtüyünün dəyişiklikləri, biomüxtəlifliyin azalması, eləcə də bitkilərin müxtəlif orqanlarında morfoloji dəyişikliklər, yarpaqların nekrozu, vegetativ fazaların ləngiməsi və s. baş verir. Xroniki şüalanmaya məruz qalmış bitki populyasiyası, bir tərəfdən mutasiya prosesinin sürətlənməsi, digər tərəfdən isə dozadan asılı olaraq, ətraf mühitin stres faktorlarına adaptasiya səviyyəsinin yüksəlməsi ilə xarakterizə olunur (Гуща и др., 2002). Bu səbəbdən xroniki şüalanma şəraitində bitkilərin adaptiv imkanlarının qiymətləndirilməsi, xüsusilə diqqət mərkəzindədir.

İonlaşdırıcı şüaların bioloji təsiri onların hüceyrədə atomlar və ya molekullar ilə qarşılıqlı əlaqəyə daxil olaraq, sərbəst radikallar əmələ gətirməsinə əsaslanır (Kovacs and Keresztes, 2002). Bu radikallar bitki hüceyrələrinin mühüm komponentlərini (membran lipidləri, fermentlər, zülallar, DNT, RNT) zədələyir və şüalanma dərəcəsindən asılı olaraq bitkilərin morfolojiyasına, anatomiyasına, biokimyəvi xüsusiyyətlərinə və fiziologiyasına fərqli şəkildə təsir göstərir. Hüceyrədə DNT ilkin radiasiya hədəfi hesab olunur ki, bu da mitoz prosesinin ləngiməsi ilə nəticələnir (Cools and De Veylder, 2009). Bitkilərdə fəaliyyət göstərən müdafiə mexanizmləri arasında əsas yeri oksigenin fəal formalarının (OFF) eliminasiyasını həyata keçirən antioksidant müdafiə sistemləri (xüsusilə, antioksidant fermentlər) tutur (Foyer, 2005). Hüceyrədə OFF-nın yaranması bitkilərin xarici streslərə qarşı müdafiə vasitələrinin fəallığını artırır və tədqiqatçıların bu sahəyə olan marağı getdikcə artmaqdadır (Ashraf, 2010; Faize et al., 2011, Huseynova et al., 2012).

Fotosintez ilkin metabolizmin əsas proseslərindən biri olmaqla, şüalanma şəraitində bitkilərin həyat fəaliyyətində mühüm rol oynayır. Bitkilərin fotosintetik aparatı ətraf mühitin stres amillərinə qarşı ilkin cavab reaksiyası yaradır və zədələnməyə qarşı çox həssasdır. Bitkilərdə fotosintetik aparatı təşkil edən struktur-funksional komponentlərin zədələnmə mexanizmi hələ ki, tam aydınlaşdırılmamışdır. Aşkar

edilmişdir ki, inkişaf mərhələlərindən, işıqlanma şəraitindən və udulan dozadan asılı olaraq, orqanizmin stresə qarşı cavab reaksiyaları müxtəlifdir (Esposito et al., 2006). Bu baxımdan xroniki ionlaşdırıcı şüalanmanın bitkilərə təsir effektinin aydınlaşdırılması mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Tədqiqat işinin məqsəd və vəzifələri. İşin əsas məqsədi – xroniki şüalanmanın təsirinə məruz qalmış bitkilərdə baş verən fizioloji-biokimyəvi proseslərin tədqiq edilməsidir. Bu məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı vəzifələr qarşıya qoyulmuşdur:

- Xroniki şüalanmanın təsiri zamanı bitkilərdə fotosintetik və qeyri-fotosintetik pıqmentlərin miqdarının təyini;
- Xroniki şüalanmanın təsirinə məruz qalmış yabanı bitkilərdən ayrılmış xloroplastlarda FS I və FS II-nin fotokimyəvi fəallığının təyini;
- Xroniki şüalanma şəraitində bitən bitkilərdə antioksidant fermentlərin (KAT, APO və SOD) fəallıqlarının və izoferment tərkibinin öyrənilməsi;
- İonlaşdırıcı şüalanma şəraitində bitkilərdə oksigenin fəal formalarının toplanmasının histokimyəvi analizi;
- Xroniki şüalanmaya məruz qalmış bitkilərdə xromosom dəyişikliklərinin RAPD –PZR analizi;
- Radiumun (^{226}Ra) müxtəlif aktivliklərində yetişdirilən mədəni bitkilərdə fotosintetik pıqmentlərin və xloroplastların fotokimyəvi fəallığının təyini;
- Radiumun (^{226}Ra) müxtəlif aktivliklərində yetişdirilən bitkilərdə antioksidant fermentlərin öyrənilməsi.

İşin elmi yeniliyi: İlk dəfə olaraq xroniki şüalanma şəraitində mədəni və yabanı bitkilər kompleks şəkildə tədqiq edilmişdir. Xroniki şüalanmanın təsirinə məruz qalmış *Zygophyllum fabago*, *Phragmites australis*, *Argusia sibirica* bitkilərində fotosintetik pıqmentlərin (Xl a+b, karotinoidlər) və antosianların miqdarının artdığı müşahidə edilmişdir. Şüalanmanın təsirindən *Phragmites australis* istisna olmaqla, digər bitkilərin yarpaqlarında H_2O_2 -nin yüksək miqdarı toplanmışdır. Radiasiyaya məruz qalmış bitki nümunələrində (*Elaeagnus angustifolia* istisna olmaqla) katalazanın fəallığı və aşkar olunan izoformanın (KAT1) intensivliyi kəskin artmışdır. İlk dəfə olaraq, askorbatperoksidazanın *Zygophyllum fabago* və *Argusia sibirica* bitkilərində 3, *Phragmites australis* bitkisində 6 izoformasını aşkar edilmişdir. Hüceyrədə H_2O_2 -nin detoksifikasiyasını həyata keçirən

katalaza və askorbatperoksidaza fermentlərinin fəallıqları arasında əks korrelyasiya müşahidə edilmişdir. Radioaktiv çirklənməyə məruz qalmış və kontrol bitkilərin xromosom DNT-si RAPD – PZR metodu ilə tədqiq olunmuş və DNT-fraqmentlərinin ölçüsündə, sayında və intensivliyində fərqlər aşkar edilmişdir ki, bu da şüalanmanın təsirindən DNT-nin strukturunda baş verən zədələnmələrlə əlaqəlidir. Radiumun aşağı aktivliklərində (135 və 655 Bk/kq) yetişdirilən mədəni bitkilərdə katalazanın fəallığı kontrolla müqayisədə kəskin artmış, lakin yuxarı aktivliyində (1305 Bk/kq) isə fermentin fəallığı azalmışdır. Superoksiddismutazanın fəallığı isə radiumun torpaqda aktivliyindən asılı olaraq kəskin dəyişir. SOD və KAT-nın fəallığında müşahidə edilən dəyişikliklər bu fermentlərin bitkilərin antioksidant müdafiə sistemində mühüm rol oynadığını göstərir.

İşin praktiki əhəmiyyəti: Aparılan tədqiqatlar ilk növbədə fundamental xarakter daşıyır və bitkilərin radioaktiv şüalanma mühitinə adaptasiya mexanizmləri haqqında təsəvvürlərimizi daha da genişləndirir. Dissertasiya işində alınan nəticələr, ətraf mühitin əsas abiotik amillərindən biri olan radioaktiv şüalanmanın canlı orqanizmlərə təsir mexanizmlərinin aydınlaşdırılmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Tədqiqatlar xroniki şüalanma şəraitində bitkilərin antioksidant müdafiə sisteminin rolu və fotosintetik aparatın cavab reaksiyalarının aydınlaşdırılmasında çox önəmlidir. Nəticələr, radioaktiv çirklənmiş ərazilərdə fitoremediasiya işlərinin aparılması zamanı da nəzərə alın bilər.

İşin aprobasiyası: Dissertasiya işinin əsas nəticələri Bakı Dövlət Universitetinin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Biologiyada Elmi Nailiyyətlər” mövzusunda keçirilən elmi konfransda (2009), BDU-da “XXI əsrdə Biologiyanın aktual problemləri” mövzusunda Respublika elmi konfransında (2010), İrkutsk şəhərində Ümumrusiya elmi konfransında (2009), Pekin şəhərində 15-ci Beynəlxalq fotosintez konqresində (2010), Bakı şəhərində “Dayanıqlı inkişaf üçün fotosintez tədqiqatları” mövzusunda Beynəlxalq konfransda (2011, 2013), Bakı şəhərində “Müasir biologiyanın nəzəri və tətbiqi problemləri” mövzusunda Beynəlxalq konfransda (2011), Moskva şəhərində keçirilmiş Rusiya Fotobiologiya cəmiyyətinin VI qurultayında (2011), Minsk şəhərində “Hüceyrə biologiyası və bitkilərin biotexnologiyası” beynəlxalq elmi-praktiki konfransında (2013), "Gənc alimlərin kənd təsərrüfatında rolu: problemlər və imkanlar" Beynəlxalq konfransda (2014), AMEA Botanika İnstitutunun elmi seminarlarında məruzə və müzakirə edilmişdir.

Nəşrlər: Dissertasiya işinə aid 20 elmi əsər çap olunmuşdur.

Dissertasiya işinin quruluşu və həcmi: Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, yekun, nəticələr və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarət olmaqla, ümumi həcmi 137 səhifədən ibarətdir. İşdə 8 cədvəl və 51 şəkildən istifadə edilmişdir. Tədqiqat işində 190 ədəbiyyat mənbəyinə istinad edilmişdir.

1. ƏDƏBİYYAT İCMALI

Ədəbiyyat icmalında ionlaşdırıcı şüaların bitkilərə təsiri, fotosintetik aparatın cavab reaksiyaları, bitkilərdə antioksidant müdafiə sistemlərinin rolu, ionlaşdırıcı şüaların bitki morfoloqiyasına təsiri ətraflı şərh olunmuşdur. Kiçik dozalı radiasiyanın bitki hüceyrələrinə təsir mexanizmləri də geniş təhlil edilmişdir.

2. TƏDQIQATIN MATERIAL VƏ METODLARI

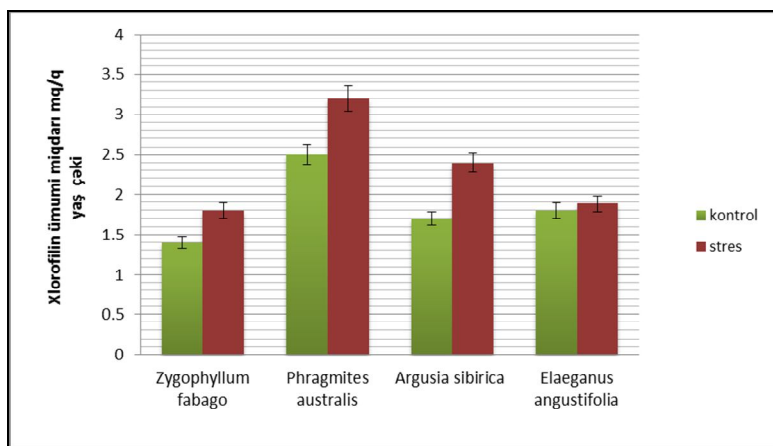
Tədqiqat obyektini kimi, Romana qəsəbəsində fəaliyyəti dayandırılan yod zavodu ətrafında radioaktiv çirklənmiş ərazilərdə yayılan yabanı bitkilər, eləcə də fitotron şəraitində yetişdirilən mədəni bitkilərdən istifadə edilmişdir. Yabanı bitkilər – adi qoşayarpaq (*Zygophyllum fabago* L.), adi qamış (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), sibir arquziyası (*Argusia sibirica* L.) və daryarpaq iydə (*Elaeagnus angustifolia*) şüalanmanın ekspozisiya dozasının gücü 250 ± 27 μ R/saat olan sahədən toplanmışdır. Müqayisəli analiz üçün həmin əraziyə yaxın, lakin çirklənməmiş və şüalanmanın ekspozisiya dozasının gücü $5-9$ μ R/saat olan ərazidən kontrol bitkilər yığılmışdır. Mədəni bitkilərdən arpa (*Hordeum vulgare* L.), yonca (*Trifolium pratense* L.) və qarğıdalı (*Zea mays* L.) radiumla (^{226}Ra) çirkləndirilmiş torpaqlarda əkilmişdir. Bitkilər aktivlikləri bir-birindən fərqlənən (135 ± 12 Bk/kq, 655 ± 40 Bk/kq və 1305 ± 125 Bk/kq) radiumla (RaCl_2) çirkləndirilmiş (stres) və təmiz torpaqlarda (kontrol) fitotonda becərilmişdir. Təcrübələrdə 20 günlük cücərtildəndən istifadə edilmişdir. Xloroplastların fotokimyəvi fəallığı polyaroqrafik metodla Klark tipli qapalı platin elektrodu olan amperometrik cihazda təyin edilmişdir (Guseinova et al., 2001). Zülalların miqdarı təyini (Sedmak and Grossberg, 1977) metoduna əsasən aparılmışdır. Xlorofilin konsentrasiyası 80%-li aseton ekstraktında spektrofotometrik yolla təyin edilmişdir (McKinney, 1941; Arnon, 1949). Antosianın miqdarı 1% -li HCl-in metanolda məhlulunda təyin edilmişdir (Mancinelli, 1990). Piqmentlərin ümumi ekstraktında karotinoidlərin

təyini üçün Vettşteyn formulu istifadə edilmişdir (Wettstein, 1957). Katalazanın (FT 1.11.1.6) fəallığı (Kumar and Knowles, 1993) metodu ilə, askorbat peroksidazanın fəallığı isə (FT 1.11.1.11) (Nakano and Asada, 1981) metodikasına əsaslanaraq təyin edilmişdir. Superoksiddismutazanın (FT 1.15.1.1) fəalığının təyini üçün xüsusi kit (SOD Assay Kit-WST, «Sigma-Aldrich», ABŞ) tətbiq edilmiş və 450 nm dalğa uzunluğunda optik sıxlığın dəyişməsi ölçülmüşdür. Katalaza və askorbatperoksidazanın izofor-maları gel-elektroforez vasitəsilə nativ poliakrilamid gelində (PAAG) Lemmli metoduna əsasən öyrənilmişdir (Lemmli, 1970). DNT-nin ekstraksiyası STAB metodu ilə həyata keçirilmişdir (Liang & Hilu, 1996).

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

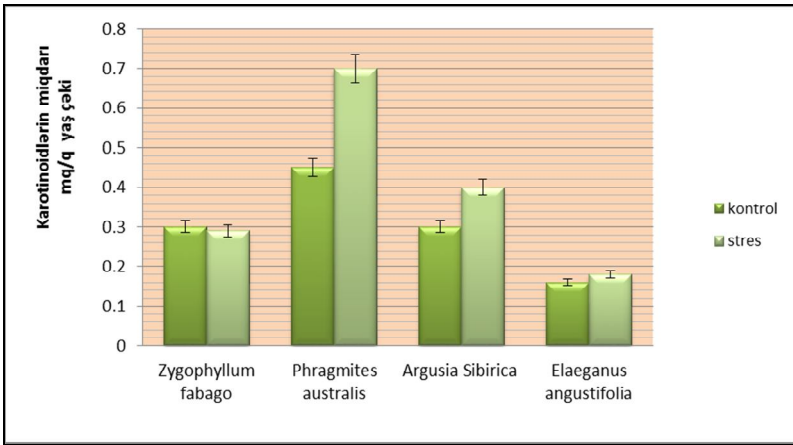
3. Xroniki şüalanmanın təsirinə məruz qalmış yabam bitkilərdə fizioloji–biokimyəvi proseslərin öyrənilməsi

3.1 Xroniki şüalanmanın bitkilərdə fotosintetik və qeyri-fotosintetik (antosianlar) piqmentlərin miqdarına təsiri. Müəyyən olunmuşdur ki, xroniki şüalanmanın təsirinə məruz qalmış adi qoşayarpaq (*Zygophyllum fabago*), adi qamış (*Phragmites australis*) və sibir arquziyası (*Argusia sibirica*) bitkilərində xlorofilin ümumi miqdarı (X_{la+b}) kontrollu müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır (Şəkil 1).



Şəkil 1. Xroniki şüalanmanın *Zygophyllum fabago*, *Phragmites australis*, *Argusia sibirica*, *Elaeagnus angustifolia* bitkilərində xlorofilin ümumi (X_{la+b}) miqdarına təsiri

Yüksək radiasiya fonunda karotinoidlərin miqdarı ($250 \pm 27 \mu\text{R/saat}$) şüalanmanın təsirindən *Phragmites australis* və *Argusia sibirica* bitkilərində kontrollə müqayisədə artmışdır. *Phragmites australis* bitkisinin kontrol nümunəsində karotinoidlərin miqdarı 0.45 mq/q , stresin təsirindən isə 0.7 mq/q təşkil etmişdir (Şəkil 2). Digər bitkilərdə isə karotinoidlərin miqdarında mühüm dəyişiklik olmamışdır.



Şəkil 2. Xroniki şüalanmanın *Zygophyllum fabago*, *Phragmites australis*, *Argusia sibirica*, *Elaeagnus angustifolia* bitkilərində karotinoidlərin miqdarına təsiri.

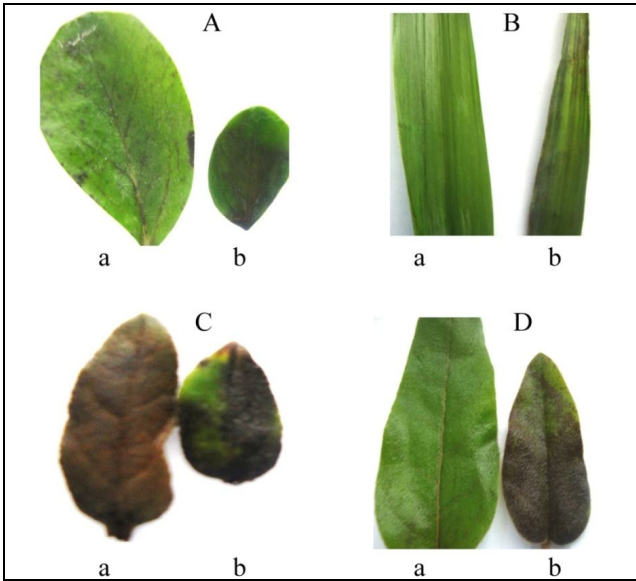
Cədvəl 1. *Zygophyllum fabago*, *Phragmites australis*, *Argusia sibirica*, *Elaeagnus angustifolia* bitkilərində xroniki şüalanmanın ($250 \pm 27 \mu\text{R/saat}$) antosianların miqdarına ($\mu\text{M/q}$) təsiri.

Bitkilər	Kontrol	Stres	%-lə
Adi qoşayarpaq (<i>Zygophyllum fabago</i>)	$3,20 \pm 0,15$	$2,80 \pm 0,12$	88
Adi qamış (<i>Phragmites australis</i>)	$2,90 \pm 0,12$	$4,40 \pm 0,25$	152
Sibir arquziyası (<i>Argusia sibirica</i>)	$1,40 \pm 0,05$	$1,30 \pm 0,05$	93
Daryarpaq iydə (<i>Elaeagnus angustifolia</i>)	$3,50 \pm 0,18$	$4,10 \pm 0,22$	117

Aparduğumuz təcrübələrin nəticələri göstərir ki (cədvəl 1), antosianın miqdarı yüksək radiasiya fonunda ($250 \pm 27 \mu\text{R/saat}$) *Phragmites australis* bitkisinin kontrollə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə artmış və kontrolda $2,9 \mu\text{M/q}$, stres variantında isə $4,4 \mu\text{M/q}$ təşkil etmişdir. Eləcə də *Elaeagnus angustifolia* bitkisinin də antosianların miqdarı artaraq, kontrol və stres nümunələrdə uyğun olaraq, $3,5 \mu\text{M/q}$ və $4,1 \mu\text{M/q}$ təşkil etmişdir. Digər iki bitkidə isə (*Zygophyllum fabago*,

Argusia sibirica) piqmentin miqdarı bir qədər azalmış və ya kontrol səviyyəsində qalmışdır (cədvəl 1).

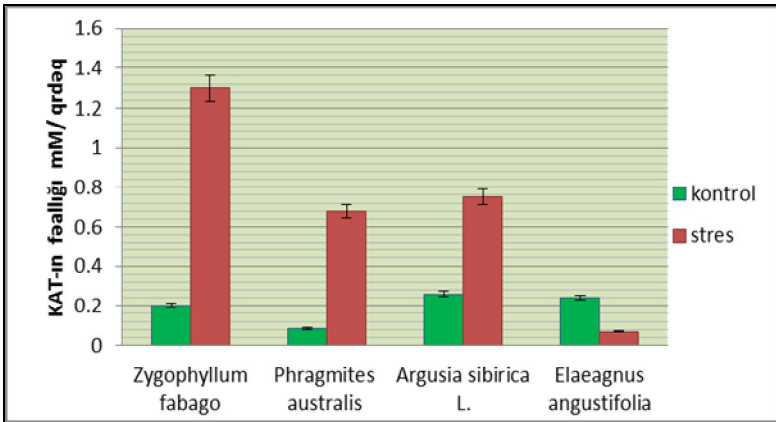
3.2 İonlaşdırıcı şüalanma şəraitində bitkilərdə oksigenin fəal formalarının toplanmasının histokimyəvi analizi. Oksigenin fəal formalarının toplanmasının histokimyəvi analizi zamanı xroniki γ -şüalanmaya ($250 \pm 27 \mu\text{R/saat}$) məruz qalmış *Zygophyllum fabago*, *Elaeagnus angustifolia* və *Argusia sibirica* bitkilərin yarpaqlarında hidrogenperoksidin (H_2O_2) yüksək miqdarda toplanması müşahidə edilmişdir. *Phragmites australis* bitkisinin yarpaqlarında isə kontrol bitki ilə müqayisədə mühüm fərqlər aşkar edilməmişdir (Şəkil 3).



Şəkil 3. Bitkilərdə hidrogenperoksidin (H_2O_2) toplanmasının histokimyəvi analizi (A) *Zygophyllum fabago*, (a – kontrol, b – stres), (B) *Phragmites australis* (a – kontrol, b – stres), (C) *Argusia sibirica*, (a – kontrol, b – stres), (D) *Elaeagnus angustifolia* (a – kontrol, b – stres)

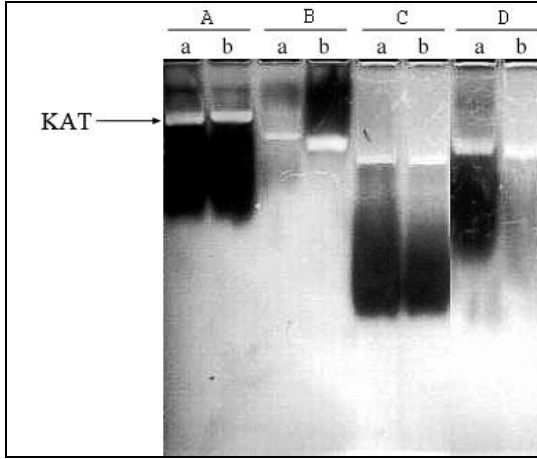
Superoksid radikalı (O_2^-) isə stresə məruz qalmış *Zygophyllum fabago* və *Argusia sibirica* bitkilərinin kontrol yarpaqlarında əhəmiyyətli dərəcədə toplanmışdır. Digər iki bitkidə mühüm fərqlər müşahidə edilməmişdir

3.3. Xroniki şüalanma şəraitində yabanı bitkilərdə antioksidant fermentlərin və onların izoferment tərkibinin öyrənilməsi. Aparılan tədqiqatlar zamanı hüceyrədə H_2O_2 -in utilizasiyasında iştirak edən antioksidant fermentlərin fəallığında və onların molekulyar formalarında əhəmiyyətli dəyişikliklər müşahidə edilmişdir. Yüksək radiasiya fonunda bitən bitkilərdə katalaza fermentinin fəallığı *Elaeagnus angustifolia* istisna olmaqla, kəskin artmışdır (Şəkil 4). Fermentin izoformalarını təyin etmək üçün aparılan təcrübələrdə poliakrilamid geli üzərində katalazanın bir izoforması aşkar olunmuşdur (Şəkil 5). Yüksək molekul kütləli izoformanın (KAT 1) intensivliyi də şüalanmanın təsirindən artmışdır. Xroniki şüalanma zamanı katalazanın yüksək fəallığı onun stresə qarşı müdafiə sistemində mühüm rol oynadığını göstərir.

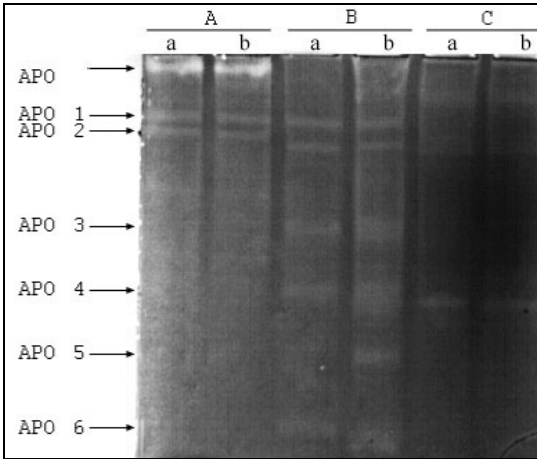


Şəkil 4. Xroniki şüalanmanın *Zygophyllum fabago*, *Phragmites australis*, *Argusia sibirica L.*, *Elaeagnus angustifolia* bitkilərində katalazanın fəallığına təsiri.

Xroniki şüalanma şəraitində askorbatperoksidazanın (APO) fəallığı *Phragmites australis* və *Elaeagnus angustifolia* bitkilərində bir qədər artır, digər iki bitkidə isə fermentin fəallığı kontrolla müqayisədə azalmışdır. Oksidləşdirici stresin əsas göstəricisi olan H_2O_2 -nin sintezinin güclənməsi fonunda gel-elektroforez metodu vasitəsilə askorbat peroksidazanın *Zygophyllum fabago* və *Argusia sibirica* bitkilərində 3 izoforma, *Phragmites australis* bitkisinə isə 6 izoforması müəyyən olunmuşdur (Şəkil 6). Qeyd etmək maraqlıdır ki, hüceyrədə H_2O_2 -nin detoksifikasiyasını həyata keçirən katalaza və askorbatperoksidaza fermentlərinin fəallığında əks korrelyasiya müşahidə edilmişdir.



Şəkil 5. (A) *Zygophyllum fabago* (a-kontrol, b-stres), (B) *Phragmites australis* (a-kontrol, b-stres), (C) *Argusia sibirica* (a-kontrol, b-stres) (D) *Elaeagnus angustifolia* (a-kontrol, b-stres) bitkilərində katalazanın izoferment tərkibi



Şəkil 6. (A) *Zygophyllum fabago* (a - kontrol, b - stres), (B) *Phragmites australis* (a-kontrol, b-stres), (C) *Argusia sibirica* (a – kontrol, b – stres) bitkilərində APO-nın izoferment tərkibi.

Stresin təsiri zamanı izofermentlərin induksiyası hüceyrədə müxtəlif zülalları, membran lipidlərini və nuklein turşularını kimi müxtəlif

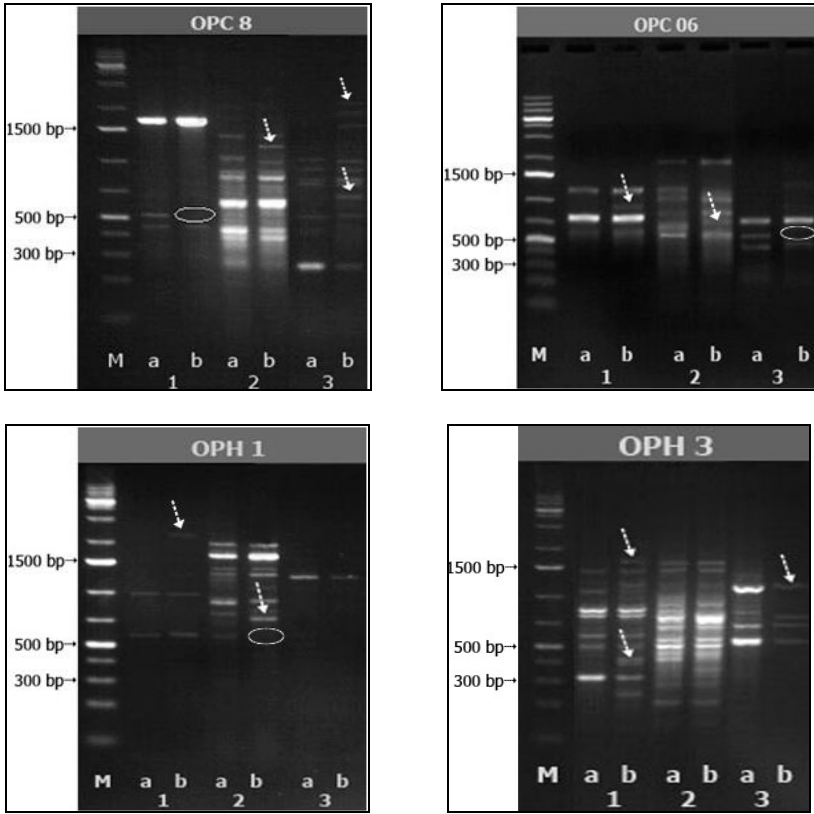
hüceyrə komponentlərini oksidləşdirərək zədələyən oksigenin fəal formalarının səviyyəsi ilə bağlıdır. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində belə nəticəyə gəlmək olar ki, bitkilərin xroniki şüalanmaya davamlılığı onların antioksidant sisteminin aktivliyi ilə sıx bağlıdır. Şüalanma zamanı antioksidant fermentlərin izoferment tərkibində baş verən kəmiyyət və keyfiyyət dəyişmələri müxtəlif bitkilərdə ekstremal şəraitdə belə öz həyati funksiyalarını və homeostazı qoruyub saxlanmasını təmin edir.

3.4. Xroniki şüalanmaya məruz qalmış bitkilərdə xromosom dəyişikliklərinin RAPD-PZR analizi. RAPD-PZR metodundan istifadə etməklə xroniki şüalanmanın təsirinə məruz qalmış genom DNT-də baş vermiş dəyişikliklər öyrənilmişdir. Genotoksik amillərin təsiri ilə DNT-də baş verən dəyişikliklərinin qiymətləndirilməsində 8 ədəd RAPD praymerlərdən istifadə edilmişdir.

Yüksək (250 ± 27 $\mu\text{R/saat}$) və təbii radiasiya fonunda ($5-9$ $\mu\text{R/saat}$) bitən bitkilərin xromosom DNT-sinin müqayisəli RAPD-analizi nəticəsində adi qoşayarpaq (*Zygophyllum fabago*) bitkisinin genom DNT-də OPC-8 praymeri ilə fərqli ölçülərdə amplikonlar sintez edilmişdir (Şəkil 7, 1a,b). Xroniki şüalanmanın təsiri altında 1700 n.c. uzunluğunda fraqmentin intensivliyi artmışdır. Eyni zamanda, kontrol nümunədə sintez olunan 520 n.c. uzunluğunda fraqment stres variantda müşahidə edilməmişdir. OPC-06 ilə 1200 və 540 n.c. uzunluğunda sintez olunan fraqment hər iki variantda müşahidə olunur. Lakin stres zamanı fraqmentlərin intensivlikləri güclənmişdir. OPC-06 istifadə edildikdə normal təbii şəraitdə bitən bitkidən fərqli olaraq, şüalanmanın təsirinə məruz qalmış bitkidə 800 n.c. uzunluqda spesifik fraqment amplifikasiya olunur.

Phragmites australis bitkisinin DNT-nin OPC-8, OPH-14 və OPH-1 praymerləri ilə aparılan PZR analizinin nəticələrinə görə kontrollu müqayisədə stres variantında uzunluqları müvafiq olaraq, 1200 n.c., 850 n.c. və 700 n.c. sahələrində yeni spesifik fraqmentlərin amplifikasiyası qeydə alınmışdır.

Elaeagnus angustifolia bitkisinin DNT-nin OPC-8 praymerləri ilə amplifikasiyasında kontrol və xroniki şüalanmaya məruz qalmış nümunələrdə bəzi fraqmentlərin sintezinin itməsi və ya zəifləməsi müşahidə edilmişdir. Beləliklə, təbii və yüksək radiasiya fonunda ionlaşdırıcı şüaların təsirinə məruz qalan bitkilərin Beləliklə, müşahidə olunan əsas dəyişikliklər xroniki şüalanmanın təsirindən DNT-nin strukturunda baş verən zədələnmələrlə izah oluna bilər.



Şəkil 7. *Zygophyllum fabago*, *Phragmites australis* və *Elaeagnus angustifolia* bitkilərinin DNT nümunələrinin OPC-8, OPC-06, OPH-1, OPH-3 RAPD praymerləri ilə amplifikasiyasının profili. Bitkilər rəqəmlə işarələnmişdir: 1 – *Zygophyllum fabago*, 2 – *Phragmites australis* və 3 – *Elaeagnus angustifolia*; a – kontrol, b – stres. RAPD analizi zamanı istifadə olunan praymerlərin adları profildə göstərilmişdir. Oxlar – stres variantında yeni fraqmentlərin sintezini, dövrələnmə isə fraqmentin yoxluğunu göstərir. M – 1 kb DNT marker.

4. Radiumun (^{226}Ra) müxtəlif aktivliklərində yetişdirilən arpa (*Hordeum vulgare* L.), yonca (*Trifolium pratense* L.) və qarğıdalı (*Zea mays* L.) bitkilərində bəzi parametrlərin öyrənilməsi

4.1. Radiumun (^{226}Ra) müxtəlif aktivliklərində yetişdirilən bitkilərdə fotosintetik aparatın fəallığının tədqiqi. Radiumun (^{226}Ra)

müxtəlif aktivliklərində yetişdirilən mədəni bitkilərdə xloroplastların fotokimyəvi fəallığı və fotosintetik pıqmentlər tədqiq edilmişdir. Arpa bitkisinə FS II–nin fəallığının öyrənilməsi zamanı məlum oldu ki, radiumun aşağı aktivliyində (135 Bk/kq) kontrollu müqayisədə dəyişiklik baş vermir. Lakin, radiumun orta və yuxarı aktivliklərində (655±40 və 1305±125 Bk/kq) FS II - nin fəallığı azalır (cədvəl 2). Radiumun təsirindən FS I–in fəallığında da azalma müşahidə edilir. Yonca bitkisindən ayrılmış xloroplastlarda FS II-in fotokimyəvi fəallığı radiumun torpaqda aktivliyi artdıqca getdikcə azalmışdır. Qarğıdalıdan ayrılmış xloroplastlarda fotosistem II-nin fotokimyəvi fəallığı cədvəldən göründüyü kimi radiumun torpaqdakı 135±12 Bk/kq qatılığında normal şəraitdə yetişdirilən bitki ilə müqayisədə artmışdır. Lakin radiumun 655±40 və 1305±125 Bk/kq aktivliklərində kontrollu müqayisədə azalma müşahidə olunmuşdur. Qarğıdalı bitkisinə FS I-in fotokimyəvi fəallığı torpaqda radiumun aktivliyi artdıqca azalmışdır.

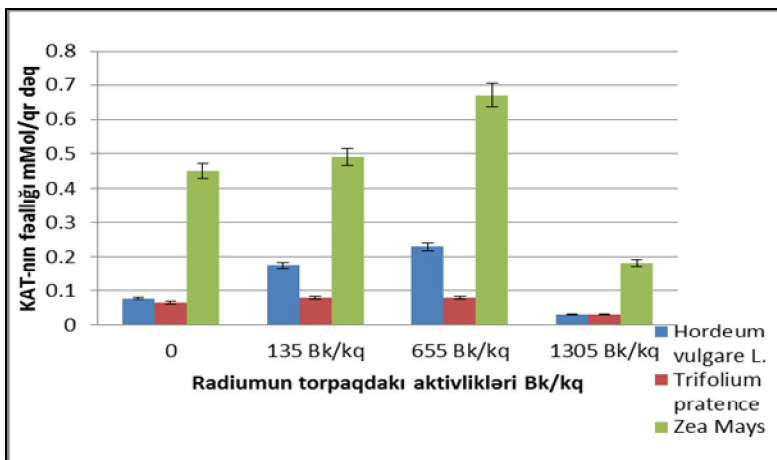
Cədvəl 2. Radiumun müxtəlif aktivliklərində yetişdirilən arpa (*Hordeum vulgare*), yonca (*Trifolium pratense*) və qarğıdalı (*Zea mays*) bitkilərinin xloroplastlarında fotosistem I və fotosistem II-nin fəallığı ($\mu\text{mol O}_2 \cdot \text{mq}^{-1} \cdot \text{xlороfil} \cdot \text{s}^{-1}$)

Nümunələr	Radiumun torpaqda aktivlikləri (Bk/kq)	FS II $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	FS I DCPIP ⁺ H ⁺ → MV
Arpa (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	0	60±7	1000±96
	135±12	60±7	800±75
	655±40	54±6	740±70
	1305±125	48±5	760±74
Yonca (<i>Trifolium pratense</i> L.)	0	156±14	720±65
	135±12	108±11	720±65
	655±40	60±6	700±62
	1305±125	42±4	600±58
Qarğıdalı (<i>Zea mays</i> L.)	0	240±22	980±76
	135±12	330±30	950±72
	655±40	192±19	925±67
	1305±125	144±13	890±64

Aparılan tədqiqatlara əsasən göstərilmişdir ki, arpa bitkisinə radiumun torpaqda aktivliyi artdıqca, xlorofilin ümumi miqdarı (Xl a+b) kontrola nəzərən azalır. Yonca və qarğıdalıda isə xlorofilin miqdarı radiumun aşağı aktivliyində artmış, yuxarı aktivliyində isə kontrollu müqayisədə azalmışdır.

4.2. Radiumla (^{226}Ra) çirklənmiş torpaqlarda yetişdirilən bitkilərdə antioksidant fermentlərin fəallığının öyrənilməsi.

Radiumla çirklənmiş torpaqlarda yetişdirilən arpa, yonca və qarğıdalı bitkilərində antioksidant fermentlərin (katalaza, askorbatperoksidaza və superoksiddismutaza) fəallığı tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, katalaza fermentinin fəallığı tədqiq edilən bitkilərdə radiumun torpaqdakı aşağı aktivliyində kontrollə müqayisədə artmış, yüksək aktivliyinin təsirindən (1305 ± 125 Bk/kq) isə azalmışdır (Şəkil 8).



Şəkil 8. Radiumun müxtəlif aktivliklərində yetişdirilən *Hordeum vulgare*, *Trifolium pratense*, *Zea mays* bitkilərində katalazanın fəallığının dəyişməsi.

Superoksiddismutazanın fəallığında isə həm təmiz torpaqda (kontrol), həm də radiumun aşağı aktivliyində (135 ± 12 Bk/kq) becərilən arpa (*Hordeum vulgare*) cüvətilərində fərq yaranmamış, orta və yuxarı aktivliklərdə isə SOD-un fəallığı maksimal olmuşdur.

Alınan nəticələr belə fikir yürütməyə imkan verir ki, radiumun müxtəlif aktivliklərində KAT-ın fəallığının artması, SOD-un fəallığının isə bitkinin növündən asılı olaraq kəskin dəyişməsi, bu fermentlərin bitkilərin antioksidant müdafiə sistemində fərqli rol oynadığını göstərir.

NƏTİCƏLƏR

1. Aparılan tədqiqatlar zamanı müəyyən edilmişdir ki, xroniki şüalanmanın (250 $\mu\text{R/saat}$) təsirinə məruz qalmış yabanı bitkilərdə (*Zygophyllum fabago*, *Phragmites australis*, *Argusia sibirica* L., *Elaeagnus angustifolia*) fotosintetik pigmentlərin (XI $a+b$ və karotinoidlər) və antosianların miqdarı əhəmiyyətli dərəcədə artır.
2. *Phragmites australis* bitkisi istisna olmaqla, xroniki şüalanmanın təsirindən tədqiq olunan bitkilərin yarpaqlarında hidrogen peroksidin (H_2O_2) yüksək miqdarı toplanır, onu utilizə edən katalaza (KAT) fermentinin fəallığı artır və yüksək molekul kütləli KAT 1 izoformanın intensivliyi güclənir.
3. H_2O_2 -nin sintezinin güclənməsi fonunda askorbat peroksidaza fermentinin *Zygophyllum fabago* və *Argusia sibirica* bitkilərində 3 izoformas, *Phragmites australis* bitkisi isə 6 izoformas aşkar olunur və fermentin fəallığında azalma baş verir. Alınan nəticələr hüceyrədə H_2O_2 -nin detoksifikasiyasını həyata keçirən katalaza və askorbatperoksidaza fermentlərinin fəallığında əks korrelyasiya olduğunu aşkar edir.
4. Radioaktiv çirklənmənin xroniki təsirinə məruz qalmış bitkilərin xromosom DNT-sinin RAPD-PZR analizi əsasında DNT-fraqmentlərinin ölçüsündə, sayında və intensivliyində müəyyən fərqlər aşkar edilmişdir ki, bu da şüalanmanın təsirindən genom DNT-nin strukturunda baş verən zədələnmələrlə əlaqəlidir.
5. Torpaqda radiumun aşağı aktivliyində (135 Bk/kq), yonca və qarğıdalı bitkilərində xlorofilin ümumi miqdarı (XI $a+b$) kontrollə müqayisədə artmış, yuxarı aktivliklərdə (655 Bk/kq, 1305 Bk/kq) isə azalma müşahidə olunmuşdur ki, bu da suyun radioliz məhsullarının yüksək səviyyəsi fonunda xlorofilin sintezinin inhibirləşməsi ilə əlaqədar ola bilər.
6. Müəyyən olunmuşdur ki, torpaqda radiumun (^{226}Ra) aktivliyinin artması (135, 655 və 1305 Bk/kq) mədəni bitkilərin (arpa, yonca, qarğıdalı) xloroplastlarında FS I və FS II-nin funksional fəallığının azalmasına səbəb olur. Bu fakt oksidləşdirici stresin təsiri zamanı tilakoid membranının elektron-nəqliyyat zəncirində baş verən pozuntular və FS II-nin reaksiya mərkəzinə daxil olan zülalların zədələnməsi ilə izah edilə bilər.
7. Göstərilmişdir ki, radiumun aşağı aktivliklərində arpa, yonca və qarğıdalı bitkilərində katalaza fermentinin fəallığı kontrollə

müqayisədə artmış, yuxarı aktivliyində isə azalmışdır. Torpaqda radiumun aktivliyindən və bitkinin növündən asılı olaraq superoksiddismutaza fermentinin fəallığı fərqli dəyişir. SOD və KAT-nın fəallığında müşahidə edilən dəyişikliklər bu fermentlərin bitkilərin antioksidant müdafiə sistemində fəal iştirak etdiyini göstərir.

Dissertasiya mövzusu üzrə çap olunmuş elmi əsərlərin siyahısı

1. Bayramova K.H. Radiumun (^{226}Ra) müxtəlif aktivliklərində yetişdirilən bitkilərdə antosianin və fotosintetik piqmentlərin analizi / Bakı Dövlət Universitetinin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş beynəlxalq elmi konfransın materialları. Bakı: BDU, 2009, s. 393-394.
2. Bayramova K.H., Süleymanov S.Y., Hüseynova İ.M. Radiumun (^{226}Ra) müxtəlif aktivliklərində yetişdirilən arpa və yonca bitkilərində antioksidant fermentlərin fəallığının öyrənilməsi // Azərbaycan Aqrar Elmi, 2009, №6, s. 46-48.
3. Bayramova K.H., İsmayılov E.M. Radionuklidlərin təsirinə məruz qalmış buğda bitkisinin antioksidant fermentlərin fəallığının və fotosintetik piqmentlərin tədqiqi / Bakı Dövlət Universitetinin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş "Biologiyada Elmi Nailiyyətlər" mövzusunda Respublika Elmi Konfransının materialları. Bakı: 2009, s. 46.
4. Байрамова К.Г., Исмайылов Е.М. Изучение антиоксидантных ферментов и фотосинтетических пигментов у растений пшеницы и кукурузы при слабых дозах ^{226}Ra / Устойчивость организмов к неблагоприятным факторам внешней среды. Материалы Всероссийской научной конференции. Иркутск: 2009, с. 54-57.
5. Suleymanov S.Y., Bayramova K.H., Rustamova S.M., Maharramova E.H., Huseynova I.M. Antioxidant enzymes and functional state of PS II in plants grown under various radium (^{226}Ra) concentrations / Proceedings of the 15th International Congress of Photosynthesis. China: Beijing, 2010, p. 252.
6. Bayramova K.H., İsmayılov E.M. Radiumun (^{226}Ra) müxtəlif aktivliklərində yetişdirilən yonca (*Trifolium pratense* L.) bitkisinin FS II-nin funksional xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi / Bakı Dövlət Universitetində akademik Abdulla Qarayevin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş "XXI əsrdə Biologyanın aktual problemləri" mövzusunda Respublika elmi konfransının materialları. Bakı: 2010, s. 332-332
7. Bayramova K.H., Maharramova E.H., Huseynova İ.M. The study of

- antocianine, photosynthetic pigments and activities of antioxidant enzymes in *Argusia sibirica* (L.) Dandy at different levels of background radiation / Proceedings of the International Conference: "Photosynthesis Research for Sustainability". Baku: 2011, p. 131.
8. Bayramova K.M., Məhərrəmovə E.H. Şüalanmanın təsirindən bitkilərdə superoksiddismutazanın fəallığının öyrənilməsi / Gənc Alimlərin və Tədqiqatçıların Müasir Biologiyanın Nəzəri və Tətbiqi Problemləri Mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransın Materialları. Bakı: 2011, s. 7-8.
 9. Байрамова К.Г. Активность ФС I и ФС II хлоропластов различных растений при действии ионизирующего излучения / VI Съезд Российского фотобиологического общества. Россия: пос. Шепси, 2011, с. 42.
 10. Bayramova K.H. Radiasiyanın təsirinə məruz qalmış qamış bitkisinin antosianin və fotosintez rəqimlərinin miqdarının və katalaza fermentinin fəallığının tədqiqi / "Gənc Alimlərin I Elm festivalı" çərçivəsində keçirilmiş Elmi konfransın Materialları. Bakı: 2011, s. 83.
 11. Bayramova K.H., Suleymanov S.Y., Huseynova I.M. The study of photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in different plants under conditions of ionizing radiation / National Aeronautics and Space Administration (NASA). Abstracts of the Astrobiology Conference. USA: Georgia, Atlanta, 2012, p. 16-20.
 12. Байрамова К.Г., Сулейманов С.Ю., Гусейнова И.М. Изучение Фотосинтетических, нефотосинтетических пигментов и фотохимической активности хлоропластов у ячменя и клевера, подвергшихся радия (^{226}Ra) // Доклады НАН Азербайджана, 2012, №3 с. 98-104.
 13. Suleymanov S.Y., Bayramova K.H., Rustamova S.M., Maharramova E.H., Huseynova I.M. Antioxidant enzymes and functional state of PS II in plants grown under various radium (^{226}Ra) concentrations / Proceedings of the 15th International Congress of Photosynthesis. China: Beijing, 2013, p.560-563.
 14. Bayramova K.H., Suleymanov S.Y., Huseynova I.M. Activities of photosystem I and II of chloroplasts isolated from different plants under the ionizing radiation / International Conference Photosynthesis Reserch for Sustainability. Baku, 2013, p 88
 15. Байрамова К.Г., Алиева Д.Р., Сулейманов С.Ю., Гусейнова И.М. Активность и изоферментный состав антиоксидантных фермен-

- тов камыша (*Scirpus* L.), подвернутого радиации / Международная научно-практическая конференция «Клеточная Биология и биотехнология растений». Минск: 2013, с. 92.
16. Huseynova I.M., Bayramova K.H., Suleymanov S.Y., Aliyev J.A. Free Radicals and role of antioxidant enzymes on ionizing radiation resistance in *Zygophyllum fabago*, *Phragmites australis*, *Argusia sibirica* and *Elaeagnus caspica* plants // Handbooks on Reactive Oxygen Species (ROS) Formation Mechanisms, Physiological Roles and Common Harmful Effects. New York: Nova Science Publishers, 2013, Chapter 12, p. 325-336.
 17. Qasimova K.H. Radiumun (^{226}Ra) təsirinə məruz qalmış qarğıdalı (*Zea mays* L.) və yonca (*Trifolium pratense* L.) bitkilərində antioksidant fermentlərin fəallığı və FS II funksional vəziyyəti / Azərbaycan xalqının Ümummilli lideri H.Ə.Əliyevin anadan olmasının 91-ci il dönümünə və Milli Qurtuluş gününə həsr olunmuş "Gənc alimlərin kənd təsərrüfatında rolu: problemlər və imkanlar" Beynəlxalq Elmi Konfransın materialları. Bakı: 2014, s. 28-29
 18. Гасымова К.Г, Сулейманов С.Ю., Маммадов А.Ч., Гусейнова И.М., Алиев Д.А. Исследование РАПД-Профилей ДНК у растений, выросших при воздействии хронической ионизирующей радиации // АМЕА-нын Хəбərləri (biol. və tibb elmləri), 2014, cild 69, № 1, s. 5-11
 19. Suleymanov S.Y, Bayramova K.H., Huseynova I.M., Aliyev J.A. The effect of ionising radiation on pigment production, photochemical efficiency, ptein level and generation of reactive oxygen species in plants // International Conference Photosynthesis Reserch for Sustainability. Grece: 2015, p. 107
 20. Сулейманов С.Ю., Гасымова К.Г, Гусейнова И. М, Алиев Д.А. Накопление АФК и фотохимическая эффективность хлоропластов растений, выросших при фоновой радиации // АМЕА-нын Хəбərləri (biol. və tibb elmləri), 2015, cild 70, № 1, s. 28-34

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЯХ, ПОДВЕРГНУТЫХ ДЕЙСТВИЮ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Резюме

Диссертация посвящена исследованию физиологических и биохимических процессов у культурных и дикорастущих растений, подвергнутых действию хронического облучения. Обнаружено, что под действием хронического излучения ($250 \pm 27 \mu\text{P/ч}$) у растений *Zygophyllum fabago*, *Argusia sibirica*, *Phragmites australis* и *Elaeagnus angustifolia* содержание фотосинтетических пигментов (Хл $a+b$ и каротиноидов) и антоцианов увеличивается. Под действием стресса у исследованных растений, за исключением *Elaeagnus angustifolia*, накапливается высокое содержание перекиси водорода (H_2O_2), происходит значительное увеличение активности каталазы, участвующей в его утилизации, а также увеличение интенсивности ее высокомолекулярной изоформы (КАТ 1). У растений *Zygophyllum fabago* и *Argusia sibirica* обнаруживаются 3 изоформы аскорбатпероксидазы, а у *Phragmites australis* – 6 изоформ этого фермента и наблюдается снижение его активности. Полученные результаты выявляют наличие обратной корреляции в активностях ферментов каталазы и аскорбатпероксидазы, осуществляющих детоксификацию H_2O_2 в клетке. RAPD–ПЦР анализом хромосомной ДНК выявлены определённые различия в размерах, количестве и интенсивности ампликонов, что связано с повреждениями, происходящими в структуре геномной ДНК под действием излучения. Повышение активности радия (^{226}Ra) в почве (135, 655 и 1305 Бк/кг) приводит к снижению общего содержания фотосинтетических пигментов, функциональной активности ФС I и ФС II хлоропластов и активности каталазы у ячменя, клевера и кукурузы. Активность фермента супероксиддисмутазы варьирует в зависимости от активности радия в почве и от вида растения. Обнаруженные изменения в активности указанных ферментов показывают их активное участие в антиоксидантной защитной системе растений.

**A STUDY OF SOME PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL
PROCESSES IN PLANTS EXPOSED TO CHRONIC
IRRADIATION**

Summary

The dissertation is devoted to the study of physiological and biochemical processes in plants exposed to chronic irradiation. For the first time, cultivated and wild plants were studied together under exposure to chronic irradiation. Conducted research revealed that the amount of photosynthetic pigments (Chl a+b and carotenoids) and anthocyanins in wild plants (*Zygophyllum fabago*, *Phragmites australis*, *Argusia sibirica* and *Elaeagnus angustifolia*) exposed to chronic γ -irradiation (250±27 μ R/h) increased notably due to radiation effect. In response to exposure to chronic irradiation, a higher content of hydrogen peroxide (H₂O₂) was accumulated in the leaves of *Zygophyllum fabago*, *Elaeagnus angustifolia* and *Argusia sibirica* plants as compared to the control samples, and significant changes occurred in the activity and isoforms of catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APO), which participate in hydrogen peroxide utilisation. The activity of catalase and intensity of its high-molecular isoform (CAT1) increased in the irradiated samples of all plants, except for *Elaeagnus angustifolia*, under stress conditions. For the first time, along with the boost of H₂O₂ synthesis, 3 isoforms of ascorbate peroxidase are revealed in *Zygophyllum fabago* and *Argusia sibirica* plants, and 6 isoforms in *Phragmites australis*, at the same time the activity of the enzyme decreased. The findings reveal the presence of inverse correlation in the activities of catalase and ascorbate peroxidase, performing the H₂O₂ detoxification in a cell. The results of RAPD – PCR analysis of DNA in both control samples and plants subjected to the chronic exposure to radioactive contamination revealed certain variations in sizes, quantity and band intensity of DNA fragments, which is due to the damage of the structure of genomic DNA under radiation. It was found out, that increase in radium (²²⁶Ra) activity in the soil (135, 655 vø 1305 Bk/kg) leads to the decline in the functional activity of PS I and PS II in the chloroplasts of cultivated plants (barley, clover, maize). The activity of superoxide dismutase (SOD) also varied significantly depending on the radium activity in the soil. The variations observed in SOD and CAT activities indicate the active role of these enzymes in the antioxidant protection system of plants.

AMEA-nın mətbəəsində çap olunub

Tiraj-100

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ БОТАНИКИ**

На правах рукописи

КЁНУЛЬ ХАТАМ ГЫЗЫ ГАСЫМОВА

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГО-
БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЯХ, ПОД-
ВЕРГНУТЫХ ДЕЙСТВИЮ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ**

2406.02 – Биохимия

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени доктора
философии по биологии**

Баку – 2016