

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**ABŞERON YARIMADASI ÜÇÜN XARAKTERİK BƏZİ CANLI
SİSTEMLƏRDƏ MAQNİT XASSƏLƏRİNİN YARANMASINDA
STRES AMİLLƏRİNİN TƏSİR MEXANİZMLƏRİ**

İxtisas: 2406.01 Biofizika

Elm sahəsi: Biologiya

Elmlər doktoru

elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş

DİSSERTASIYA

İddiaçı: _____ **biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent**

Aygün Namiq qızı Nəsibova

Elmi məsləhətçi: _____ **fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor**

Rövşən İbrahimxəlil oğlu Xəlilov

Bakı – 2024

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	6
I FƏSİL. ƏDƏBİYYAT İCMALI	17
1.1. Stres və onun canlı orqanizmlərə təsiri	17
1.1.1. İonlaşdırıcı qamma radiasiyanın canlı sistemlərə təsiri.....	17
1.1.2. Radioaktiv çirklənmənin canlı orqanizmlərə təsiri.....	21
1.1.3. UB – şüalanmanın bitki sistemlərinə təsiri	25
1.2. Paramaqnetizm və maqnetizm	31
1.3. Elektron Paramaqnit Rezonans spektroskopiyası ilə canlı sistemlərin tədqiqi ..	36
1.4. Biominerallaşma hadisəsinin mahiyyəti	47
1.5. Canlı sistemlərdə bioloji maqnit nanohissəcikləri	64
1.6. Dərmanların ünvanlı çatdırılmasında maqnit nanohissəciklərinin rolu.....	70
1.7. C3 və C4 bitkiləri	76
1.8. Müxtəlif ilbiz növlərinə müxtəlif stres amillərinin təsiri.....	78
1.9. Bəzi stres amillərinin laboratoriya siçovullarına təsiri	82
II FƏSİL. MATERIALLAR VƏ TƏDQIQAT METODLARI	88
2.1. Tədqiq olunan bitki obyektləri	88
2.2. Tədqiq olunan heyvan obyektləri.....	91
2.2.1. Çanaqlı üzüm ilbizləri	92
2.2.2. Laboratoriya siçovulları (<i>Wistar albino</i>)	94
2.3. Tədqiqat obyektlərinin şüalandırılması.....	96
2.4. Radiasiya fonunun təyin edilməsi	97
2.5. Xloroplastların ayrılması metodu.....	98
2.6. Elektron Paramaqnit Rezonans spektroskopiyası metodu	99
2.7. Messbauer spektroskopiyası metodu	100
2.8. Skanedici Elektron Mikroskopiyası	101
2.9. Keçirici Elektron Mikroskopiyası	102
2.10. UB-Görünən spektrofotometr.....	106

III FƏSİL. MÜXTƏLİF STRES AMİLLƏRİNİN TƏSİRİ ZAMANI BİTKİLƏRDƏ YARANAN PARAMAQNİT MƏRKƏZLƏRİN TƏDQIQI.....	107
3.1. Radiasiya fonu müxtəlif olan ərazilərdə bitən bitkilərin yarpaq, gövdə, toxum və toxum qabıqlarının EPR spektrlərinin müqayisəli tədqiqi.....	107
3.2. Razyana (<i>Foeniculum vulgare M.</i>) bitkisinin EPR spektrlərinin davranışına radioaktiv çirklənmənin və temperaturun təsiri	126
3.3. Nar (<i>Punica Granatum</i>) bitkisinin yarpaq, qabıq və ekstraktlarında paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi.....	130
3.4. Ətraf mühit çirkləndiricilərinin bitkilərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranmasında rolu	141
3.5. Abşeron yarımadasında geniş yayılmış bəzi ağac bitkilərinin (əncir - <i>Ficus carica L.</i> , eldar şamı - <i>Pinus eldarica M.</i> , zeytun – <i>Olea europea L.</i>) yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi.....	147
3.5.1. Abşeron yarımadasında geniş yayılmış əncir - <i>Ficus carica L.</i> yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlərin davranışının və bəzi parametrlərdən asılılığının tədqiqi.....	148
3.5.2. Eldar şamı (<i>Pinus eldarica M.</i>) və zeytun (<i>Olea europea</i>) ağaclarının yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlərin və biogen mənşəli maqnit nanohissəciklərinin generasiyası.....	156
3.6. Stres amillərinin C3 və C4 bitkilərinə (buğda- <i>Triticum L.</i> və qarğıdalı – <i>Zea mays L.</i>) təsiri	163
3.6.1. Radioaktiv çirklənmənin buğda (<i>Triticum L.</i>) və qarğıdalı (<i>Zea mays L.</i>) bitkilərinə təsiri	163
3.6.2. İonlaşdırıcı qamma radiasiyanın buğda (<i>Triticum L.</i>) və qarğıdalı (<i>Zea mays L.</i>) bitkilərinə təsiri	169
3.6.3. UB radiasiyanın buğda (<i>Triticum L.</i>) və qarğıdalı (<i>Zea mays L.</i>) bitkilərinə təsiri.....	178
3.6.4. Stres amillərinin C3 və C4 bitkilərinə təsir mexanizminin izahı.....	181
3.7. Stres amillərinin buğda (<i>Triticum L.</i>) və qarğıdalı (<i>Zea mays L.</i>) cücərtilərinin köklərində yaranan paramaqnit mərkəzlərə təsiri	185

3.8. Xloroplastlarda maqnit nanohissəciklərinin yaranması	197
3.9. Lənkəranda bitən bəzi bitki növlərində paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi	205
3.10. Ardic (<i>Juniperus Communis L.</i>) bitkisinin toxumlarının EPR spektrlərinin temperaturdan, bucaq variasiyasından və mikrodalğa gücündən asılılığı	224
3.11. Bəzi su bitkilərində stres zamanı maqnit nanohissəciklərinin hərəkətinin, maqnit xassələrinin, elektrik xüsusiyyətlərinin və paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi	242
3.11.1. Su limnofilasası (<i>Limnophila aquatica</i>) bitkisinde dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərin hərəkətinin EPR metodu ilə tədqiqi	242
3.11.2. <i>Elodea (Elodéa canadensis)</i> su bitkisinin paramaqnit mərkəzlərinə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin təsiri.....	249

IV FƏSİL. STRES ZAMANI BƏZİ HEYVAN ORQANİZMLƏRİNDƏ PARAMAQNİT MƏRKƏZLƏRİN DAVRANIŞI.....257

4.1. Çanaqlı üzüm ilbizlərinin çanaq və bədənlərində qamma radiasiyanın təsiri zamanı paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi.....	258
4.2. Çanaqlı üzüm ilbizlərində yaranan paramaqnit mərkəzlərə qamma radiasiyanın və dəmir nanohissəciklərinin birgə təsiri	272
4.3. UB – şüalanmanın çanaqlı üzüm ilbizlərində endogen paramaqnit mərkəzlərə təsiri.....	280
4.4. Stresə məruz qalmış laboratoriya siçovullarının (<i>Wistar albino</i>) daxili orqanlarında maqnit xassələrinin öyrənilməsi	284
4.5. Qamma radiasiyanın və metal nanohissəciklərinin laboratoriya siçovullarında (<i>Wistar Albino</i>) yaranan paramaqnit mərkəzlərə təsirin müqayisəli tədqiqi	294
4.6. Labortoriya siçovullarının (<i>Wistar Albino</i>) daxili orqanlarında maqnit xassələrinin yaranmasının Keçirici Elektron Mikroskopu (KEM) vasitəsilə tədqiqi.....	301
4.7. Kontrol və şüalanmış laboratoriya siçovullarının (<i>Wistar albino</i>) qan nümunələrinin müqayisəli analizi və onlarda paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi.....	311

V FƏSİL. BIOGEN MƏNŞƏLİ TƏBİİ SİSTEMLƏRDƏ MAQNİT XASSƏLƏRİNİN YARANMASI.....	315
5.1. Abşeronun müxtəlif neft yataqlarından olan neft nümunələrində paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi.....	315
YEKUN.....	322
NƏTİCƏLƏR.....	331
TÖVSIYƏLƏR.....	333
İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI.....	335
ƏLAVƏLƏR.....	359
İXTİSARLARIN VƏ ŞƏRTİ İŞARƏLƏRİN SİYAHISI	364

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Elm və texnikanın sürətlə inkişaf etdiyi bir dövrdə Abşeron yarımadası üçün xarakterik təbii sistemlərin qorunub saxlanması ilə əlaqədar onların tədqiqinə yönələn elmi işlərin aparılması tarixi zərurətdən doğan məsələlərdəndir.

Abşeron yarımadası özünün canlı və cansız sistemlərdən ibarət təbii varlıqları ilə zəngindir. Lakin bu təbii varlıqlar radiasiya amillərinin, ağır metalların, zəhərli sənaye və kimyəvi istehsalat tullantılarının və başqa müxtəlif antropogen amillərin güclü təsirinə məruz qalırlar. Bu amillərin təsiri ilə stratosferin çirklənməsi baş verir ki, bu da ozon təbəqəsinin azalmasına və Yer səthinə düşən ultrabənövşəyi (UB) şüalanmanın, xüsusilə də onun B diapazonunun (280-320 nm) intensivliyinin güclənməsinə səbəb olur.

Eyni zamanda Abşeron yarımadasında neft və qaz sənayesinin inkişafı ilə əlaqədar olaraq su hövzələrinin və torpaqların çirklənməsi mühüm ekoloji problem olaraq qalır. Ətraf mühitin radioekoloji amillər ilə çirklənməsi canlı aləmin sağlamlığını ciddi təhlükə altına qoyur və onun inkişafına inhibirləşdirici təsir göstərir. Abşeron yarımadası üçün xarakterik təbii sistemlərin müxtəlif stres amillərinin (ionlaşdırıcı qamma radiasiya, radioaktiv çirklənmə, UB-şüalanma və s.) təsirinə məruz qalması ilə əlaqədar olaraq, bu amillərin təsir mexanizmlərinin öyrənilməsi xüsusi maraq doğurur. Belə stres amillərinin canlı sistemlərə təsiri onlarda sərbəst radikalların, müxtəlif toksiki maddələrin, o cümlədən oksigenin fəal formalarının (OFF) yaranmasına səbəb olur. Stres amillərinin təbii sistemlərə zədələyici təsiri ilə əlaqədar onlarda baş verən dəyişikliklər intensiv öyrənilir. Abşeronun radioaktiv çirklənmə, ağır metallar, UB şüalanma, müxtəlif zəhərli sənaye tullantıları kimi stres amillərinin təsirinə məruz qalan canlı sistemlərində struktur-funksional dəyişikliklərin, yeni fiziki-kimyəvi xassələrin öyrənilməsi mühüm və aktual məsələlərdəndir [186, s. 171], [53, s.35].

Aydındır ki, belə bir sahədə irəliləyiş və elmi nailiyyət əsasən tədqiqatın tamlığından asılıdır. Müasir dövrümüzdə qədər canlı aləmə müxtəlif stres amillərinin

təsirinin öyrənilməsi istiqamətində bəzi işlər yerinə yetirilmişdir. Lakin Abşeron yarımadası üçün xarakterik canlı sistemlərin müxtəlif stres amillərinin təsirinə məruz qalması zamanı onlarda yaranan paramaqnetizm hadisələri öyrənilməmişdir. Stres amillərinin təsiri ilə canlı sistemlərdə yaranan struktur-funksional dəyişikliklər və yeni fiziki-kimyəvi xassələr tədqiq edilməmiş, bu hadisələrin mexanizmləri verilməmişdir. Bu hadisələrin öyrənilməsi üçün əsas araşdırma üsullarından biri Elektron Paramaqnit Rezonans (EPR) spektroskopiyası metodudur. Bu metod maddənin maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsirinə əsaslanır. EPR metodu paramaqnit mərkəzlər haqqında zəngin informasiyalar verir ki, onun köməyi ilə də təbii sistemlərin çirklənmə dərəcələrinin qiymətləndirilməsi, ətraf mühitin biomonitorinqi həyata keçirilə bilər, təbii sistemlərdə stresin təsiri ilə yaranan struktur-funksional dəyişikliklər, yeni fiziki-kimyəvi xassələr aşkar oluna bilər. Eyni zamanda EPR metodu bioloji sistemlərdə maqnit nanohissəciklərinin formalaşmasının detektə olunması üçün çox önəmli bir üsuldür ki, bu da biofiziki və biotibbi tədqiqatlar üçün yeni məlumatlar verir [185, s. 196].

Beləliklə, stres amillərinin canlı sistemlərdə yarada biləcəyi yeni fiziki-kimyəvi xassələrin, struktur-funksional dəyişikliklərin öyrənilməsi və onların molekulyar mexanizmlərinin aydınlaşdırılması böyük aktualıq kəsb edir.

Digər tərəfdən isə məlumdur ki, canlı materiya nanofazalı dəmir oksidi hissəciklərindən ibarətdir və bu nanohissəciklər biominerallaşma hadisəsi nəticəsində yaranırlar. Canlı və cansız təbiətdə ən çox yayılan maqnit nanohissəciklərə maqnetit (Fe_3O_4) və magemiti ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) göstərmək olar. EPR üsulu ilə təbii sistemlərdə alınan paramaqnit mərkəzlər bu nanohissəcikləri aşkar etməyə imkan verir. Bu baxımdan da canlı sistemlərdə yaranan paramaqnit mərkəzlərə müxtəlif stres amillərinin təsirini öyrənmək, bununla da biominerallaşma hadisəsi nəticəsində onlarda dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin biogen yolla yaranmasını araşdırmaq və yeni maqnit xassələrinin yaranma mexanizmlərini tədqiq etmək çox mühüm və aktualdır [37, s.31].

Müasir dövrdə nanohissəciklərin sintezi fiziki və kimyəvi üsullar ilə yanaşı, bioloji üsullarla da həyata keçirilir. İnsan fəaliyyətinin demək olar ki, bütün sahələrində, xüsusilə tibdə, ətraf mühitin qorunmasında və s. sahələrdə onlar tətbiq olunurlar və bioloji üsulların köməyi ilə sintez olunmuş nanohissəciklərə daha çox

üstünlük verilir. Ən çox tətbiqinə ehtiyac duyulan nanohissəciklərdən dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini (Fe_3O_4 -maqnetit və $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ -magemit) göstərmək olar. Bu nanohissəciklər müxtəlif bioloji sistemlərdə biogen yolla yarana bilirlər ki, onların yaranmasının detektə olunması üçün EPR spektroskopiyası metodu böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu metodun köməyi ilə alınan nəticələr canlı sistemlərdə biogen nanohissəciklərin yaranmasını və rolunu müəyyən etməyə imkan verir.

Bu baxımdan stres amillərinin təsiri zamanı Abşeron yarımadası üçün xarakterik təbii sistemlərdə paramaqnetizm hadisəsinin öyrənilməsi fundamental nöqteyi-nəzərdən çox əhəmiyyətlidir. Onun köməyi ilə canlı sistemlərin çirklənmə dərəcələrinin qiymətləndirilməsi və ətraf mühitin biomonitorinqi həyata keçirilə bilər, canlı sistemlərdə stresin təsiri ilə yaranan struktur-funksional dəyişikliklər aşkar oluna bilər, alınan nəticələr müasir biofizika və biotibb sahəsində tətbiq oluna bilər. Dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri biogen olduqları üçün onların toksiki təsir effektləri də aşağıdır. Bu isə müasir və perspektivli biotibbi tədqiqatlar üçün böyük maraq yaradır [183, s.1].

Beləliklə, stres amillərinin təsiri zamanı canlı və cansız materiyada yaranan yeni paramaqnit mərkəzlərin tədqiq edilməsi, onların molekulyar mexanizminin verilməsi çox mühümdür, biofiziki tədqiqatlar sahəsində böyük maraq doğurur və aktualıq kəsb edir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti: Dissertasiya işi yerinə yetirilərkən bitki nümunələri ilə *in vivo* və *in vitro* tədqiqatları aparılmışdır. Abşeron yarımadasında geniş yayılmış bir çox ağac və kol bitkiləri əsas tədqiqat obyektləri olmuşdur. Bunlara aiddir: Ramana qəsəbəsində (hal-hazırda fəaliyyət göstərməyən Yod zavodu ərazisi) dominantlıq təşkil edən dəvətikanı (*Alhagi pseudalhagi* L.), həlməl (*Zygophyllum fabago* L.), razyana (*Foeniculum vulgare* M.), qamış (*Scirpus lacustris* L.), cığ (*Juncus Acutus* L.), iydə (*Elaeagnus angustifolia* L.) bitkilərinin yarpaq, gövdə, toxum və toxum qabıqları; Abşeron yarımadasında geniş yayılmış qiymətli ağac növlərindən olan zeytun (*Olea europea* L.), əncir (*Ficus carica* L.), eldar şamı (*Pinus eldarica* M.), nar (*Punica Granatum*) bitkilərinin yarpaqları; dekorativ bitkilərdən tubulqa (*Pyracantha coccinea*), arıçubuğu (*Ligustrum* L.) bitkilərinin yarpaqları və s.

Abşeron yarımadasında geniş yayılmış müxtəlif növ bitkilər ilə yanaşı, laboratoriya şəraitində model sistem kimi buğda (*Triticum L.*), qarğıdalı (*Zea mays L.*) və noxud (*Cicer arietinum L.*) bitki toxumlarının cüvətiləri tədqiq edilmişdir.

Model sistem kimi, eyni zamanda bəzi su bitkiləri: su limnofilas (*Limnophila aquatica*), elodea (*Elodea canadensis*) öyrənilmişdir.

Abşeron yarımadası üçün xarakterik müxtəlif növ bitki nümunələri tədqiq edildikdən sonra alınan nəticələrin ümumiliyini göstərmək üçün müqayisəli tədqiq məqsədi ilə digər bölgələrdən olan bitki nümunələrinin öyrənilməsi məqsədi qarşıya qoyulmuşdur. Bununla əlaqədar olaraq Lənkəranda geniş yayılmış, vitaminlərlə zəngin limon (*Citrus limon L.*), kivi (*Actinidia chinensis*), feyxoa (*Acca sellowiana*), portağal (*Citrus sinensis L.*) meyvə ağaclarının yarpaqları; həmişəyaşıl maqnoliya (*Magnolia L.*), evkalipt (*Eucalyptus*), zeytun (*Olea L.*) bitkilərinin yarpaqları və Lənkəran ərazisində geniş yayılmış müxtəlif növ çay bitkisinin yarpaqları tədqiqat obyektləri olmuşlar.

Bitki obyektləri ilə aparılan tədqiqatlar zamanı alınan nəticələrin ümumiliyini, stres amillərinin təsiri ilə canlı sistemlərdə yaranan yeni hadisənin universallığını göstərmək üçün bəzi heyvan orqanizmləri ilə təcrübələr davam etdirilmişdir. Bu təcrübələrdə tədqiqat obyekti olaraq Abşeron yarımadasının müxtəlif ərazilərindən (AMEA bağı ərazisi, Hövsan bağları ərazisi və Günəşli ərazisi) toplanmış çanaqlı üzüm ilbizləri (*Helix pomatia L.*) və model sistem kimi isə laboratoriya siçovulları (*Wistar Albino*) tədqiq edilmişlər.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri: Tədqiqat işinin əsas məqsədi Abşeron yarımadası üçün xarakterik canlı sistemlərdə (müxtəlif növ ağac və kol bitkiləri, ali su bitkiləri, xloroplastlar, bəzi heyvan orqanizmləri və s.) paramaqnit mərkəzləri araşdırmaq, maqnit sahəsinin geniş intervalında sistemli olaraq stres amillərinin (ionlaşdırıcı qamma radiasiya, radioaktiv çirklənmə, UB- şüalanma və s.) təsiri ilə onlarda yaranan yeni maqnit xassələrini tədqiq etmək və bu hadisələrin molekulyar mexanizmlərini aydınlaşdırmaqdan ibarətdir. Bununla bağlı dissertasiya işində aşağıdakı vəzifələr qarşıya qoyulmuşdur:

1. Müxtəlif stres amillərinin Abşeron yarımadasında çox rast gəlinən, geniş

yayılmış müxtəlif növ ağac və kol bitkilərinə, onların müxtəlif orqanlarına (yarpaq, gövdə, toxum, toxum qabığı) təsirinin tədqiqi;

2. Müxtəlif bitki növlərində stres amillərinin təsiri ilə maqnit xassələrinin yaranması mexanizmlərinin araşdırılması;

3. Stres amillərinin laboratoriya şəraitində model sistem kimi fotosintezin C3 və C4 bitkilərinə təsirinin öyrənilməsi və alınan nəticələrin mexanizmlərinin izahı;

4. Bəzi ali su bitkilərində (*Limnophila aquatica*, *Elodea canadensis*) dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin nəqlinin (miqrasiyasının) və paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi;

5. *In vitro* tədqiqatlarında stres zamanı biominerallaşma hadisəsi nəticəsində maqnit xassələrinin yaranma mexanizmlərinin araşdırılması;

6. Qamma radiasiyanın bəzi heyvan orqanizmlərində yaratdığı paramaqnit mərkəzlərin və yaranan yeni maqnit xassələrinin tədqiqi;

7. Ümumilikdə stres amillərinin təsiri ilə canlı sistemlərdə biominerallaşma hadisəsi nəticəsində biogen dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin yaranma mexanizmlərinin verilməsi.

Tədqiqat metodları: Dissertasiya işi yerinə yetirilərkən istifadə edilən əsas tədqiqat metodu Elektron Paramaqnit Rezonans spektroskopiyası olmuşdur. Bu metodun köməyi ilə bitki və heyvan obyektlərində paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmişdir. Aparığımızız tədqiqatlar zamanı EPR spektrləri 3 sm diapazonlu “VARIAN E-4” (ABŞ) və “BRUKER - EMX” (Almaniya) EPR spektrometrlərində otaq temperaturunda qeyd olunublar. Tədqiqatlar zamanı bir qayda olaraq intakt yarpaqlarda və izolə edilmiş xloroplastlarda EPR siqnalları İYT – 10 mVt gücündə, yüksək tezlikli modulyasiya 0,2-0,4 mT amplitudunda qeyd edilmişdir.

İlkin tədqiqatlarda təbiətdə bitən bitkilər tədqiq edilmişdir. Bitkilərin bitdiyi ərazidə EDG dozimetr-radiometr “MKS-AT1125” vasitəsi ilə təyin edilmişdir.

Laboratoriyada model sistemlərlə aparılan təcrübələr müxtəlif dozalarda şüalandırılmış bitkilər ilə aparılmışdır. Təcrübələrdə nümunələrin ionlaşdırıcı qamma radiasiya ilə şüalandırılması “RXUND – 20000” ($D = 1.722 - 0.269$ Rad/san), “URİ” ($D = 8.965 - 7.008$ Rad/san), “MRX- γ 25” ($h=10,5$; $D = 126.165 - 100.453$)

qurğularında yerinə yetirilmişdir. Şüa mənbəyi ^{60}Co izotopu olmuşdur.

UB şüalarının bitki nümunələrinə təsiri öyrənilərkən UB şüalanma mənbəyi kimi xətti şüalanma spektrinə malik olan DRT – 230 civə-kvars lampasından istifadə edilmişdir. Təcrübələrdə ekoloji UB şüaları (290-360 nm) almaq üçün UFS – 2 filtrindən istifadə edilmişdir. Alınan nəticələrin təsdiqi üçün Messbauer spektroskopiyası metodundan, SEM (ZEISS) və KEM (JEM-1400, Yaponiya) kimi mikroskopiya metodlarından istifadə edilmişdir. CANBERRA qamma spektrometridə tədqiqat nümunələrinin radionuklid tərkibi müəyyən olunmuş və onların xüsusi aktivlikləri təyin edilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

➤ Radioaktiv çirklənmə bitkilərin müxtəlif orqanlarında geniş EPR signalının ($g \approx 2,2-2,4$; $\Delta H \approx 320-420$ Qs) yaranmasına səbəb olur. Radiasiya fonunun yüksəlməsi daha çox yeni paramaqnit mərkəzlərin əmələ gəlməsini şərtləndirir.

➤ Stres amillərinin müəyyən dozaya qədər C3 bitkilərinə təsiri zamanı stimullaşdırıcı effektin üzə çıxması fototənəffüs prosesinin işə düşməsi və OFF-nın yaranmasının qarşısını alaraq müdafiə funksiyasını yerinə yetirməsi ilə əlaqədar ola bilər.

➤ *In vitro* tədqiqatlarında ali bitki yarpaqlarından alınan xloroplastlarda dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranmasını xarakterizə edən geniş EPR siqnalları ($g=2,4$; $\Delta H=320$ Qs) detektə edilir.

➤ Müxtəlif növ çay yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlərin öyrənilməsi əsasında onların yüksək antioksidant aktivliyə malik olduğunun göstərilməsi. EPR spektrlərinə əsasən antioksidant aktivliyin təzə çay yarpağı nümunələrində qablaşdırılmış çay nümunələrindən daha yüksək olmasının müəyyən edilməsi.

➤ Radiasiya dozasından asılı olaraq çanaqlı üzüm ilbizlərinin bədən və çanaq hissələrindən alınan EPR siqnallarının dəyişmə xüsusiyyətlərində aşkar olunmuş qanunauyğunluğun bu orqanizmlərdən ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsində bioindikator kimi istifadə edilməsi.

➤ Laboratoriya siçovulları ilə aparılan tədqiqatlar əsasında qamma radiasiyanın təsiri ilə onların qaraciyər orqanlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin

yananmasının EPR üsulu ilə aşkar edilməsi və KEM vasitəsilə təsdiqi.

➤ Abşeron yarımadasının bəzi neft yataqlarından çıxarılan biogen mənşəli neft nümunələrində maqnit nanohissəciklərinin mövcudluğunun müəyyən edilməsi və bunun üstünlükləri.

➤ Stres amillərinin təsiri zamanı canlı sistemlərdə biominerallaşma hadisəsi nəticəsində kristal dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri və yeni maqnit xassələrinin yaranması.

Tədqiqatın elmi yenilikləri:

Təqdim olunan dissertasiya işində ilk dəfə olaraq:

1. Abşeron yarımadası üçün xarakterik canlı sistemlərə - müxtəlif növ bitki və heyvan orqanizmlərinə stres amillərinin təsirini EPR metodu ilə öyrənən zaman maqnit sahəsinin geniş intervalında geniş EPR siqnalı ($g=2,32$; $\Delta H=320$ Qs) müşahidə edilmişdir.

2. Müəyyən edilmişdir ki, radioaktiv çirklənmə bitkilərin yarpaq və toxumlarında xarakterik geniş EPR siqnalının ($g=2,32$; $\Delta H=320$ Qs) yaranmasına səbəb olur və yaranan siqnalın intensivliyi yarpaq nümunələrində toxumlara nəzərən daha intensivdir. Radiasiya dozasının artması ilə siqnalların intensivliklərinin yüksəlməsi aşkar edilmişdir.

3. Stres amillərinin təsiri ilə canlı sistemlərdə yaranan xarakterik geniş EPR siqnalının ($g=2,32$; $\Delta H=320$ Qs) dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə etdiyi müəyyən edilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, stres zamanı biominerallaşma prosesi nəticəsində canlı sistemlərdə biogen kristallik dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri yaranır.

4. *In vitro* tədqiqatları zamanı aşkar edilmişdir ki, tilakoid membranlarının zədələnməsi nəticəsində ENZ – nin müəyyən lokuslarında üç valentli dəmir ionları reduksiya olunaraq maqnit nanohissəciklərinə çevrilir. Alınan nəticələr mikroskopik tədqiqatlarda təsdiq edilmişdir.

5. Əncir (*Ficus carica* L.) yarpaqlarından alınan EPR siqnallarının temperaturdan asılılığı (60K-260K) tədqiq olunarkən müəyyən edilmişdir ki, detektə olunan EPR siqnalının amplitudu və paramaqnit rezonans xəttinin eni parametrlərinin davranışında

120-125 K temperaturda maqnit nanohissəcikləri (maqnetit- Fe_3O_4 və magemit- Fe_2O_3) üçün xarakterik Vervey faza keçidi yaranır.

6. Stres amillərinin fotosintezin C3 və C4 bitkilərinin morfoloji xüsusiyyətlərinə təsirinin tədqiqi göstərmişdir ki, bu amillər müəyyən dozaya qədər C3 bitkilərinin böyüməsinə stimullaşdırıcı, C4 bitkilərinə isə ləngidici təsir edir. Aşkar olunan qanunauyğunluğun C3 bitkilərində OFF yaranmasının qarşısını alaraq müdafiə funksiyasını yerinə yetirən fototənəffüs prosesinin işə düşməsi ilə əlaqəli olduğu müəyyən edilmişdir.

7. EPR üsulu ilə müəyyən edilmişdir ki, nar (*Punica granatum*) ekstraktı reduksiyaedici xüsusiyyətlərə malikdir. Göstərilmişdir ki, müəyyən qatılıqlarda Fe^{3+} ionları nar ekstraktında nanofazalı dəmir oksidi hissəciklərinin generasiyasına səbəb ola bilər.

8. Qamma radiasiyanın və UB-şüalanmanın çanaqlı üzüm ilbizlərinə təsiri EPR üsulu ilə öyrənilmişdir. Şüalanmanın dozasından asılı olaraq onların çanaq və bədən hissələrindən alınan sərbəst radikal və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnallarının parametrləri və davranışları öyrənilmişdir. Alınan qanunauyğunluqların mexanizmlərinin əsasları verilmişdir.

9. EPR üsulu ilə ilk dəfə müəyyən edilmişdir ki, qamma radiasiyanın təsiri ilə siçovulların qaraciyər orqanlarında kristallik dəmir əsaslı maqnit nanohissəciklərinin biogenerasiyası baş verir. Yaranan maqnit nanohissəciklərini KEM ilə vizual olaraq görmək mümkün olmuşdur.

10. İlk dəfə olaraq EPR üsulu ilə stres amillərinin təsiri ilə canlı sistemlərdə biominerallaşma hadisəsi nəticəsində biogen kristallik dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin və maqnit xassələrinin yaranması aşkar edilmişdir. Bu hadisənin mexanizmi verilmişdir. Alınan yeni hadisə müxtəlif metodlarla öz təsdiqini tapmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti: Dissertasiya işində alınan nəticələr mühüm praktiki əhəmiyyətə malikdirlər. EPR tədqiqatlarının nəticələri biofiziki və ekoloji tədqiqatlarda informativ rola malikdirlər. Alınan nəticələr tibdə diaqnostika və müalicə məqsədləri ilə istifadədə böyük önəm daşıyırlar. Tədqiqatlar zamanı canlı orqanizmlərin otaq temperaturunda qeydə alınan EPR spektrlərinin parametrləri

ekoloji tədqiqatlarda bioindikasiya göstəriciləri kimi istifadə oluna bilər. Stres amillərinin çanaqlı üzüm ilbizlərinə təsirini öyrəndikdə məlum olmuşdur ki, çanaqlı üzüm ilbizlərindən ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsində bioindikator kimi istifadə etmək olar. Laboratoriya siçovulları ilə aparılan təcrübələrdə alınan nəticələrin müasir biofiziki, biotibbi tədqiqatlarda tətbiqi çox əhəmiyyətlidir. Bundan başqa alınan nəticələr radiasiya təhlükəsizliyinin elmi əsaslarının işlənilməsində praktiki əhəmiyyətə malikdirlər. Dissertasiyanın nəticələri Azərbaycan Elm Fondu və UETM – in dəstəklədiyi qrant layihələrinin hazırlanmasında və yerinə yetirilməsində istifadə edilmişdir.

Tədqiqatın aprobasiyası və tətbiqi: Dissertasiya mövzusu üzrə tədqiqatların nəticələri müxtəlif beynəlxalq və respublika elmi konfranslarında müzakirə olunub: Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri. IV Beynəlxalq konfrans. Radiasiya Problemləri İnstitutu. Bakı–2011; Tətbiqi ekologiyanın problemləri. BDU, I Respublika elmi konfransının materialları, Bakı-2011; International conference. Photosynthesis Research for Sustainability. Baku, Azerbaijan - 2011; “Ekologiya və həyat fəaliyyətinin mühafizəsi” VII Beynəlxalq elmi konfrans. Sumqayıt-2012; Soils of Azerbaijan: genesis, geography, melioration, rational use and ecology. International Scientific Conference. Baku-2012; International Conference. RAS, Radiobiological Society. "Medical and biological problems of radiation action", Moscow-2012; International Conference «Nuclear Science and its Application» / Formation of nanoparticles in plants, Samarkand – 2012; Proceedings of the 2-nd International Scientific Conference “Ecology: problems of nature and society”. Baku-2012; The V International conference. Perspectives of Peaceful Use of Nuclear Energy. Baku-2012; Biodiagnostics in the ecological assessment of soils and adjacent environments. International Conference. Moscow 2013; “Radiasiya tədqiqatları və onların praktiki aspektləri” VIII konfrans. Akademik M.K. Kərimovun 65 illik yubileyinə həsr olunur. AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu. Bakı - 2013; XII International Conference on Nanostructured Materials (Nano-2014) Moscow, Russia 2014; Müasir biologiya və kimyanın aktual problemləri - Elmi Konfrans. 2014-Gəncə; VII Congress on Radiation Research. Moscow-2014; The seventh Eurasian Conference Nuclear Science and its

Application. Baku-Azerbaijan, 2014; VII Congress of the Russian Photobiological Society. Pushchino-2014; BDU-nun biologiya fakültəsinin 80 illik yubileyinə həsr olunmuş “Eksperimental biologiyanın inkişaf perspektivləri” mövzusunda Respublika Elmi Konfransı. Bakı-2014; 3-rd International Conference on Integrative Biology. Valencia, Spain – 2015; VI congress of Ukrainian Radiobiological society. Kyiv, Ukraine – 2015; V Congress of Biophysicists of Russia, 2015; AR FHN yaradılmasının 10 illiyinə həsr edilmiş “Fövqəladə hallar və təhlükəsiz həyat” Beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları. Bakı-2016; International Conference. Protection of biodiversity in the conditions of urbanization and industrialization Gandja-2016; “Koordinasion Birləşmələrin Kimyası: Analitik Kimyanın Aktual Problemləri” – Beynəlxalq elmi konfrans. BDU. Bakı-2017; Laser technologies. Lasers and their applications. Scientific and technical conference. Ukraine-2017; International Conference on Biological, Environmental Sciences Applications. Luxor, Egypt- 2017; International Conference Modern Trends in Physics. BSU. Baku – 2017; International conference. Workshop of Inter-Islamic network on nanotechnology. Iranian - 2017; International Conference on Biological, Environmental Sciences Applications. 2018, Luxor, Egypt; First Eurasian Conference on Nanotechnology. Nanotech Eurasia. Khazar University – 2019, Baku; Mathematics. Computing. Education. XXVI International Conference – 2019. Moscow (2011-2022); The 3rd Nanomedicine and Nanosafety Conference – Iranian-2020; XIX International Scientific and Practical Conference - Applied and fundamental scientific research. Brussels, Belgium –2021; International Scientific and Practical “Problems of modern science and practice” Conference (Boston-USA, online, 2021); International Conference. Modern Problems of Nuclear Energetics and Nuclear Technologies (Tashkent-Uzbekistan, online, 2021); VII International Conference “Modern Trends in Physics” BSU (Baku, 2021); XXIX International Conference. "Mathematics. Computing. Education" (Moscow, Online, 2022); The XVIII International Scientific and Practical Conference “Advancing in Research, Practice and Education” (Florence-Italy, online, 2022); III International Scientific and Practical Conference “Theoretical Aspects of Education Development” (Warsaw, Poland, 2023); International Scientific

and Practical Conference “Scientific Directions of Research in Educational Activity” (Osaka, Japan, 2023); VII Congress of Biophysicists of Russia (Krasnodar, 2023). Dissertasiya üzrə alınan nəticələr həmçinin, Radiasiya Problemləri İnstitutu və Bakı Dövlət Universitetinin seminarlarında müzakirə edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı: Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Radiasiya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Dərc olunmuş elmi işlər: Dissertasiya mövzusu üzrə 102 iş dərc olunub.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi: Dissertasiya işi giriş, 5 fəsil, yekun, əsas nəticələr, 241 sayda ədəbiyyat siyahısı, əlavələr, ixtisarların və şərti işarələrin siyahısı daxil olmaqla 365 səhifədən, 478957 işarədən (Giriş – 20594 işarə, I fəsil – 134462 işarə, II fəsil – 32865 işarə, III fəsil –154472 işarə, IV fəsil–56619 işarə, V fəsil–11259 işarə) ibarətdir. Həmçinin dissertasiya işi 10 cədvəl və 181 şəkil ilə zənginləşdirilmişdir.

DİSSERTASIYANIN ƏSAS MƏZMUNU

I FƏSİL

ƏDƏBİYYAT İCMALI

1.1. Stres və onun canlı orqanizmlərə təsiri

Stres dedikdə canlının adi, normal haldan çıxması, canlıya təsir edən müxtəlif mənfi amillərin təsirinə qarşı onlarda yaranan reaksiya və ya qeyri-məxsusi bir vəziyyətə düşməsi başa düşülür. Stres – orqanizmin sağ qalması üçün ciddi təhlükə yarada biləcək hər hansı ekstremal təsirə qarşı cavab olaraq, orqanizmdə yaranan xüsusi funksional haldır.

Bitkilərdə stres - həm qeyri-spesifik, həm də spesifik komponentləri əhatə edən kompleks bir müdafiə reaksiyasıdır. Stres amili olaraq, müxtəlif radiasiya amillərinin, ətraf mühit çirkləndiricilərinin, ekoloji faktorların, həmçinin antropogen amillərin canlı orqanizmlərə təsir mexanizmlərinin aydınlaşdırılması müasir dövrdə çox aktual və mühüm problemlərdəndir.

1.1.1. İonlaşdırıcı qamma-radiasiyanın canlı sistemlərə təsiri

İonlaşdırıcı şüalanma elə bir enerji növüdür ki, atom və molekulardan elektronları ayıraraq onları ionlaşdırır və ya molekulların qamma və ya rentgen şüaları şəklində elektromaqnit dalğalarını və ya neytronları, beta, alfa hissəciklərini buraxır. Bəzi kimyəvi maddələrin gözəgörünməyən şüalar buraxmaq qabiliyyəti və atomların özbaşına parçalanması hadisəsi isə radioaktivlik adlanır. Parçalanma zamanı yaranan maddələr radioaktiv maddələrdir.

Yer kürəsində uran, radium, torium və başqa radioaktiv maddələrin yer səthinə çıxarılması ilə əlaqədar olaraq yüksəlmiş təbii radiasiya fonu olan ərazilər mövcuddur. İonlaşdırıcı radiasiyanın bitki və heyvan populyasiyasına təsirinin hərtərəfli öyrənilməsi, müxtəlif genetik təsir effektlərinin müəyyənləşdirilməsi və həlli üçün zəruridir. Bəzi müəlliflər tərəfindən yüksəlmiş təbii radiasiya fonunun və ionlaşdırıcı radiasiyanın bitki və heyvan orqanizmlərinə təsiri araşdırılmışdır [148, s.2229], [181,

s.24], [205, s.594]. Müasir dövrdə ionlaşdırıcı radiasiyanın canlı sistemlərə təsirinin öyrənilməsi alimləri dərinlən düşündürür. Bu, ilk növbədə kənd təsərrüfatının inkişafının mühümlüyü, yüksəlmiş təbii və texnogen radiasiya fonu olan ərazilərin mövcudluğu, həmçinin canlı sistemlərdə ionlaşdırıcı radiasiyanın törətdiyi fəsadların qarşısının alınmasının zəruriliyi ilə əlaqədardır. Bu günə qədər ionlaşdırıcı radiasiyanın bitkilərin inkişafına, morfologiyasına, genetik səviyyədə baş verən dəyişikliklərinə təsir effektləri öyrənilmiş, müəyyən məlumatlar təhlil olunaraq ümumiləşdirilmişdir [86, s.1054]. Buna baxmayaraq, qamma radiasiyanın bitkilərdə biofiziki, biokimyəvi parametrlərə və fizioloji proseslərə təsir mexanizmlərinin araşdırılması lazımı qədər öyrənilməmişdir və bu sahədə müəyyən çatışmazlıqlar mövcuddur.

Bu sahədə çalışan tədqiqatçılar, o cümlədən Lobaçevski Universitetinin alimi Vladimir Vodenev araşdırmalar nəticəsində belə fikrə gəlmişdir ki, bitkilərdə fizioloji proseslərin aktivliyi bitkilərin böyüməsini və genetik səviyyədə baş verən dəyişiklikləri müəyyən edir. Beləliklə, ionlaşdırıcı şüalanmanın fizioloji və biokimyəvi effektlərinin öyrənilməsi ionlaşdırıcı radiasiyanın bitkilərə təsirinin geniş və kompleks təsvirini verməyə imkan yaradır. Alim öz tədqiqatlarında diqqəti radiasiyanın mühüm fizioloji proseslərə, o cümlədən fotosintez, tənəffüs, hormonal sistemin funksiyalaşdırılması, müxtəlif birləşmələrin biosintezi və s. hadisələrə cəmləmişdir [86, s.1060].

Tədqiqatlarda müəyyən edilmişdir ki, bioloji sistemə müəyyən bir stres amilinin, məsələn ionlaşdırıcı şüalanmanın təsiri zamanı OFF-dan biri olan hidrogen peroksidin (H_2O_2) yaranmasının destruktiv təsiri ilə yanaşı uzaq siqnal ötürülməsində də rolu vardır [22, s. 9]. Məlumdur ki, OFF bütün canlı sistemlərdə müxtəlif mühüm bioloji molekulların zədələnməsinə gətirir. Lakin bitki sistemlərinin inkişafı prosesinə mənfi təsir göstərməyən az miqdarda biomolekulların zədələnməsi yenidən bərpanı formalaşdırır. Sonunda bitkilərin inkişaf dinamikalarında, böyümə proseslərində stimullaşdırıcı effektlər meydana gəlir. Bu da məhz məhsuldarlığın və biokütlənin göstəricisi hesab olunur. Bəzi tədqiqatçıların fikrincə canlı sistemlərdə fizioloji proseslərə qamma radiasiyanın təsir effekti ilk növbədə onların aktivliyinin tənzimlənməsinin destruksiyası ilə müşahidə olunur [59, s.540].

Həmçinin məlumdur ki, bitkilərə aşağı dozalı ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın təsiri onların böyüməsində və inkişafında stimullaşdırıcı effekt yaradır, yüksək dozada isə əksinə, onların bütün funksiyalarını zəiflədir. Eyni zamanda aralıq hallar da var ki, bu zaman bəzi funksiyalar bir qədər stimullaşır, digərləri isə zəifləyir. Lakin ayrı-ayrı “təsadüfi” molekulların radiasiya ilə zədələnməsinin tam sistem və orqanizm səviyyəsində stereotip cavablara çevrilməsinin başa düşülməsində ciddi çatışmazlıqlar mövcuddur [137, s.260].

Ədəbiyyat məlumatlarında qeyd olunur ki, canlı sistemlərdə baş verən müxtəlif bioloji proseslərə, o cümlədən ENZ-nə, fotosintezə, biosintez proseslərinə radiasiyanın təsir effekti oxşar olur. Həmçinin, qeyd etmək lazımdır ki, bu hadisələrin stres amili olan ionlaşdırıcı qamma radiasiyaya cavab reaksiyaları da keyfiyyət baxımından demək olar ki, eynidir. Deməli, belə cavab reaksiyalarının yaranmasında tənzimləmə prosesləri mühüm əhəmiyyət kəsb edirlər. Ehtimal edilə bilər ki, belə tənzimləmə proseslərinin hərəkətverici qüvvəsi stres faktorların təsiri nəticəsində yaranan OFF ola bilər. Yaranan OFF zədələyici, dağıdıcı funksiya ilə yanaşı, cavab reaksiyalarını müəyyənləşdirən siqnal molekulu funksiyasını da yerinə yetirir [96, s.247].

Lobaçevski Universitetinin Biofizika kafedrasının professoru Sergey Qudkovun qeyd etdiyinə görə hidrogen peroksid mühüm siqnal-tənzimləyici rolunu oynayır və əsasən inkişaf edən oksidləşdirici stres probleminin məlumatını əvvəlcədən verir. Hidrogen peroksid müxtəlif funksiyalar yerinə yetirir və onlar bu günə qədər öyrənilir [202, s.470].

Bitkilər heyvanlarla müqayisədə radiasiyaya daha çox davamlıdırlar. Məlumdur ki, kiçik dozalarda şüalanma bitkilərin inkişafını stimullaşdırır bilər. Şüalanmanın təsiri nəticəsində toxumların cücərməsi proseslərinin, tumurcuqların böyüməsinin intensivliyi və s. yüksələ bilər. Şüalanma dozasının artması nəticəsində isə bitkilərdə maddələr mübadiləsindəki dəyişikliklər yarandığı üçün bitkilərin boy artımında, inkişafında, məhsuldarlığında pozulmalar və ləngimə, həmçinin mütasiyaların yaranması müşahidə edilir. Digər tərəfdən isə şüalanmanın dozası az olduqda həyati aktivliyi, inkişafı stimullaşdırır və böyük olduqda isə onu zədələyən, eləcə də inkişafı zəiflədən ilkin radiotoksinlərin meydana gəlməsi ilə əlaqədardır [120, s.8].

İonlaşdırıcı şüalanma müxtəlif təsir effektləri yaratdığı üçün onlar üç təsir halına bölünürlər:

Birinci hal – ionlaşdırıcı şüalanmanın məqsədli şəkildə verilməsinə aiddir. Bu halda əsasən müalicə məqsədi ilə, yəni planlı şəkildə ionlaşdırıcı şüalanma istifadə edilir.

İkinci hal – canlı orqanizmin artıq mövcud olan şüalanmanın təsirinə məruz qalmasına əsaslanır. Buna yüksəlmiş təbii radiasiya fonunu və yaxud radonu misal gətirmək olar.

Üçüncü hal – gözlənilmədən baş verən fəvqəladə hadisələr, məsələn, nüvə qəzaları və ya başqa təhlükəli halların nəticəsində yaranır. Bu hadisə insan sağlamlığına və həyatına ciddi təhlükə yarada bilər.

Toxuma və ya orqanların radiasion zədələnməsi şüalanmanın qəbul edilən dozasından və ya qreylə (Qr) ifadə olunan udulma dozasından asılıdır. Effektiv doza ionlaşdırıcı şüalanmanın zərərvermə potensialı baxımından ölçülməsi üçün istifadə edilir. Zivert (Zv) – effektiv dozanın vahididir və burada şüalanmanın növü və toxuma və orqanların həssaslığı nəzərdə tutulur.

Bioloji aktiv maddələrə (BAM) ionlaşdırıcı şüalanmanın təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, 10 kQr qamma şüalanma BAM - ın miqdarı tərkibini dəyişmir, lakin normativ mikrobioloji təmizlik də yaratmır. Eyni zamanda qamma şüalanmanın sterilizasiya dozası 25 kQr BAM-ın miqdarı tərkibinə təsir etmir. Dərman bitkilərindən fərqli olaraq, onların ekstraktları nisbi yüksək radiasion həssaslığa malikdirlər [11, s.279].

Bəzi tədqiqatçılar bioloji sistemlərə ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın müxtəlif dozalarının təsirini öyrənərkən bitki ekstraktlarından istifadə edərək eksperimental işlər apamışlar. Onlar bitki ekstraktlarını şüalandırmazdan əvvəl və sonra BAM –in tərkibini müəyyən edə bilmişlər. Bitki ekstraktlarının şüalanma dozaları 0,5 kQr və 10 kQr olmuşdur.

Müəyyən edilmişdir ki, ekstraktlarda BAM nisbi yüksək radiasion həssaslığa malikdirlər [10, s.22-23]. Tədqiqatlarda müəyyən edilmişdir ki, bitkilərdə mikroorqanizmlərin miqdarı qamma şüalanmanın 1 kQr udulma dozasında intensiv

azalır, ilkin miqdarla müqayisədə bakteriyaların sayı 10-100 dəfə, göbələklər isə 20-200 dəfə azalır [20, s.381], [64, s. e01278].

Canlı orqanizmlərin müxtəlif stres amillərinin, o cümlədən radiasiya amillərinin təsirinə davamlığı və həssaslığı eyni deyil. Müxtəlif bitki növlərində, eləcə də müxtəlif heyvan orqanizmlərində letal (ölümcül) doza fərqlidir [20, s.387].

İlk növbədə onu qeyd etmək lazımdır ki, canlı orqanizmə radiasiya amillərinin təsiri müxtəlif faktorlardan asılıdır. Canlının fizioloji vəziyyəti, şüalanma müddəti, şüalanma dozası, həmçinin canlının yaşı kimi faktorlar bu prosesdə önəmli rol oynayırlar [36, s. 133].

Əgər canlı orqanizm daxili şüalanmaya məruz qalarsa, ona təsir edən radiasiyanın mənbəyi radioaktiv izotoplar olarsa, bu çox böyük təhlükə deməkdir və bu radioaktiv izotopların buraxdığı şüalanma bioloji təsir imkanlarına malik olur. Bu təsir üçün izotopların xüsusiyyətləri və orqanizmin şüalanma xüsusiyyətləri önəmli rol oynayırlar [20, s.381-382].

1.1.2. Radioaktiv çirklənmənin canlı orqanizmlərə təsiri

Radioaktivlik hadisəsi 1896-cı ildə fransız alimi Henri Bekkerel tərəfindən kəşf edilmişdir. Müasir dövrdə ondan elm və texnikanın müxtəlif sahələrində, tibdə və sənayedə geniş istifadə olunur. Radiasiyanın canlı orqanizmlər üçün təhlükə mənbəyi olduğu hamıya məlumdur. Lakin tibdə, istər praktikada, istərsə də nəzəri tədqiqatlarda Rentgen şüaları və radioaktiv izotoplar tətbiq edilir. Böyük həcmdə süni radionuklidlər, əsasən aralıq məhsul kimi müdafiə sənayesi və nüvə enerjisi müəssisələrində yaranırlar. Ətraf mühitə düşərək bu radionuklidlər canlı orqanizmlərə təsir edirlər ki, bu da onların təhlükəliliyinə dəlalət edir. Bununla əlaqədar olaraq, ətraf mühitin ekoloji durumunun, çirklənmə dərəcəsinin biomonitorinqinin və qiymətləndirilməsinin düzgün aparılması, radioaktiv çirklənmənin təsir effektlərinin müəyyənləşdirilməsi yuxarıda haqqında danışılan təhlükənin dəqiq qiymətləndirilməsi üçün önəmlidir [4, s.27; s.65].

Radioaktiv çirklənməni qoxusuna və dadına görə müəyyən etmək mümkün deyil. Bu da radioaktiv çirklənmənin mühüm xüsusiyyəti hesab olunur. Radioaktiv çirklənmə

yalnız xüsusi doza ölçən cihazların köməyi ilə təyin oluna bilər. Nüvə partlayışının məhvəddici amillərindən fərqli olaraq, radioaktiv çirklənmə insanları və ətraf mühiti uzun müddət öz təsiri altında saxlamaq imkanına malikdir. Nüvə partlayışının bölünən hissələri radioaktiv çirklənmənin əsas mənbəyi hesab olunurlar. Nüvə bölünməsi prosesi nəticəsində çoxlu miqdarda müxtəlif maddələrin mürəkkəb qarışığı yaranır.

İstənilən canlı orqanizmə radiasiyanın təsiri zamanı onun təsirinin əsas hədəfi hüceyrə və ya virusun genetik materialıdır. Bu halda bu hədəfin həssaslığı digər bioloji hədəflərin (zülallar, membranlar, supramolekulyar strukturlar) həssaslığını on dəfələrlə üstələyir. Radiasiyanın təsiri ilə çoxhüceyrəli orqanizmlərin ölümünün səbəbi, orqanizmin həyati fəaliyyəti üçün ən həssas və əvəzolunmaz olan hüceyrələrin bir hissəsinin ölümüdür və bu da öz növbəsində genetik materiallarının zədələnməsi səbəbindən məhv olur. Hesab edilir ki, canlı orqanizmə təsir edən radiasiya istənilən dozada təhlükəlidir. Radiasiyanın canlı orqanizmə təsir effekti həm müsbət, həm də mənfi xüsusiyyətlərə malik ola bilər. Tibdə istifadə - müsbət, şüa xəstəliyi isə mənfi hesab oluna bilər.

Bitki və heyvanlara radiasiyanın təsirini tədqiq edən alimlər maraqlı nəticələr əldə ediblər. Tədqiqatların nəticələrindən aydın olub ki, radiasiyanın təsirinə ən çox məməlilər, daha sonra quşlar, balıqlar, sürünənlər və böcəklər həssasdırlar. Bitkilərin radiasiyaya həssaslığı ən geniş diapazonda variasiya edir və qismən heyvanlar üçün göstəricilərlə üst-üstə düşür [79, s. 21]. Radiasiyanın yüksək dozasına ən az həssas olanlar yosunlar, şibyələr, mikroorqanizmlər, xüsusilə, bakteriyalar və viruslardır. Radiasiyanın insana təsiri şüalanma adlanır. Şüalanma maddələr mübadiləsinin pozulmasına, yoluxucu fəsadlara, bədxassəli şişlərin yaranmasına, radiasiya sonsuzluğuna, radiasiya kataraktına, radiasiya yanmasına və s. xəstəliklərin yaranmasına səbəb ola bilər. Radioaktiv maddələrin orqanizmə daxil olmasının radioaktiv maddələrlə çirklənmiş havanın udulması, çirklənmiş qida və ya su ilə, dəri vasitəsilə, həmçinin açıq yaralardan keçməklə yoluxması baş verə bilər. Birinci yol daha təhlükəli hesab olunur.

Radioaktiv maddələrin şüalanması bütün canlı orqanizmlərə çox güclü təsir göstərir. Hətta udulduqda bədən temperaturunu $0,001^{\circ}\text{C}$ yüksəldən nisbi zəif şüalanma hüceyrələrin həyat fəaliyyətini pozur. Müəyyən edilmişdir ki, əgər radioaktiv maddələr

müəyyən bir yollarla canlı orqanizmə daxil olarsa, artıq bir neçə dəqiqədən sonra onların canlı orqanizmdə, xüsusilə də qanda aşkar olunması mümkündür. Qanda radioaktiv maddələr toplandıqdan sonra onların qatılıqlarının dəyişməsi radioaktiv maddələrin orqanizmə düşməsi hadisəsinin sayından da asılı ola bilər. Bu hadisə bir dəfə baş verdikdə və sonra təkrar olunmadıqda tədricən radioaktiv maddələrin qatılığının azalması baş verə bilər. Bu prosesin 15-20 gün ərzində başa çatma ehtimalları mümkündür. İonlaşdırıcı şüaların zədələyici təsirinin əsasında qarşılıqlı əlaqəli proseslər kompleksi dayanır. Atom və molekulların ionlaşması və həyəcanlanması, sonradan hüceyrələrin müxtəlif bioloji quruluşları ilə reaksiyalara girən yüksək aktiv radikalların meydana gəlməsinə səbəb olur [9, s.19-24].

Radiasiyanın zədələyici təsirin nəticəsində molekullarda əlaqələrin mümkün pozulması çox mühüm yer tutur. İlk mərhələlərdə baş verən fiziki-kimyəvi proseslər ilkin – başlanğıc hesab olunur. Daha sonra şüa zədələnməsinin inkişafı maddələr mübadiləsinin pozulmasında özünü biruzə verir. Radiasiyanın insan orqanizminə təsir effekti adətən iki istiqamətdə baş verə bilər:

1. Somatik – bu kateqoriyaya aid olan təsir effekti şüalanmaya məruz qalan insan orqanizmində baş verir;

2. Genetik – bu kateqoriyaya aid təsir effekti orqanizmdə genetik aparatın zədələnməsinə və sonrakı nəsillərdə yenidən üzə çıxmasına səbəb olur. Şüalanmaya məruz qalan insanın bir və ya bir neçə nəsil sonrakı nümayəndələrində öz təsirini üzə çıxara bilər.

Şüalanmaya məruz qalmış orqanizmin orqan və toxumalarında inkişaf edən dəyişikliklər somatik adlanırlar. Şüalanmanın genetik effektlərinin əsasında hüceyrə quruluşlarının zədələnməsi durur. Somatik və genetik zədələnmələr arasında aralıq yeri embriotoksik effektlər tutur. Döl, xüsusilə orqanogenez dövründə (insanlarda 4-12 həftəlik hamiləlik dövründə) şüalanmaya çox həssasdır. Ən həssas orqan isə dölün beyni hesab olunur [6, s.57-59].

İonlaşdırıcı radiasiya mənbəyi istənilən halda orqanizm üçün təhlükəli ola bilər. Lakin bu sahədə orqanizmlərin radiasiyanın təsirindən müdafiə edilməsi və qorunması yolları və üsulları da mövcuddur. Bu üsullar bir neçə növə bölünürlər. İlk növbədə

zamanı qeyd etmək olar. İkinci üsula məsafə anlayışı aid edilmişdir. Ən nəhayət, sonuncu, üçüncü qorunma üsuluna isə xüsusi müdafiə əşyaları, məsələn xüsusi ekranlar və geyimlər aiddir. Birinci üsul olan zaman dedikdə, nəzərdə tutulur ki, insan radiasiya mənbəyinin yaxınlığında nə qədər uzun müddət olarsa, bir o qədər də insan həyatına və sağlamlığına ciddi təhlükə törətmiş olar. Qısa zaman ərzində radiasiya mənbəyi yaxınlığında olduqda isə sağlamlığa dəyən ziyan da az ola bilər. İkinci üsul olan məsafə anlayışı dedikdə isə nəzərdə tutulur ki, radiasiya mənbəyindən uzaq olmaqla ondan qorunmaq olar. Üçüncü üsul olan xüsusi müdafiə əşyalarına isə qeyd etdiyimiz kimi müxtəlif növ radiasiyalardan qorunmaq üçün hazırlanmış xüsusi vasitələr, məsələn müdafiə geyimləri, xüsusi ekranlar və lövhələr ola bilər. Xüsusi geyimlərlə yanaşı radiasiyadan qorunmanın təmin edilməsi üçün əlavə qidalardan istifadə mümkündür.

Birdəfəlik şüalanma ilə müqayisədə eyni dozalı xroniki şüalanmanın canlı orqanizmə təsiri daha zəif olur və bu daim davam edən radiasiya zədələnməsinin bərpası prosesləri ilə əlaqəlidir. Hesab olunur ki, təxminən 90% radiasiya zədələnməsi bərpa olunur. Bədxassəli yeni törəmələr, genetik zədələnmələr kimi stoxastik (ehtimal olunan) effektlər istənilən dozalı şüalanmada yarana bilər. Dozanın artması ilə bu effektlərin ağırlığı deyil, yaranma riskləri artır [49, s.179].

Ətraf mühit – bitki sistemində radionuklidlərin miqrasiyası yolunda bitkilərin şüalanması nəzərə çarpan bioloji təsirlə müşayiət olunur. Bu təsir arzuolunmaz nəticələrə (kəskin radiasiya xəsarətləri, radiasiya mutagenezi və s.) gətirib çıxarır ki, bu da öz növbəsində radionuklidlərin bitki orqanizmləri ilə udulması, toplanması və miqrasiyası sürətlərində öz əksini tapa bilər. Bununla əlaqədar olaraq, Çernobil Atom Elektrik Stansiyasındakı qəzanın meşə ərazilərinin radionuklidlərlə çirklənmiş sahələrində ağac bitkilərinin həyat fəaliyyətinə təsirinin nəticələrinin öyrənilməsi məsələsi qarşıya qoyulmuşdu. Bu zaman tədqiqat obyektləri, qəza yerindən müxtəlif məsafələrdə yerləşən, torpaq çirklənmələri və bitdikləri yerlərin şəraiti fərqli olan 40-50 yaşlı şam ağaclarının bitdiyi sahələr olmuşdur. Bu mövzuda araşdırmalar on ildən yuxarı müddət ərzində aparılmışdır. Radioaktiv çirklənmənin təsiri altında ağac bitkilərinin ətraf mühitin dəyişən şəraitinə cavab reaksiyası olaraq onların udma qabiliyyəti istifadə edilmişdir. Radionuklidlərin torpaqdan bitkilərə toplanması tədqiq edilmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, radionuklidlər bitkilərə kök sistemi vasitəsi ilə sovrulur (toplanır). Hava vasitəsi ilə səthi çirklənmə isə istisna təşkil edir. Radioaktiv maddələrin torpaqdan ağac bitkilərinə daxil olmasının ən yüksək aktivliyi şam meşələrində qeyd olunmuşdur [176, s.145], [89, s.873].

1.1.3. UB şüalanmanın bitki sistemlərinə təsiri

UB şüalanma dalğa uzunluğu 100–400 nm intervalında olan günəş şüalanmasıdır. UB şüalanma biosferə çatan ümumi günəş şüalanmasının yalnız 7-9% -ni təşkil edir, lakin günəş radiasiyasının digər növlərindən fərqli olaraq, UB yüksək enerjili radiasiyadır. Bu isə o deməkdir ki, UB şüalanma molekullar arasında kimyəvi əlaqələri dağıdaraq və bununla da onları zədələyərək reaksiyalara səbəb ola bilər. Yerin biosferi zərərli qısdalğalı şüalanmadan stratosferdə ozon təbəqəsi ilə müdafiə olunur. Ozon təbəqəsi yer səthindən 10-50 km intervalında paylanır. Lakin ozonun ümumi miqdarı çox deyil, orta qatılığı cəmi 0,000008 təşkil edir. Əgər bu təbəqə mayeyə kondensasiya edilib və Yer üzərində bərabər paylanarsa onun qalınlığı 4 mkm (0,000004 m) təşkil edə bilər [83, s.252-253].

UB şüalanmanın canlı orqanizmlərə təsir effektləri diapazondan asılı olaraq fərqli olur. Bununla əlaqədar olaraq da onları üç növə ayırırlar:

UB - A, uzun dalğa uzunluğu adlanır və 315 - 400 nm diapazonu əhatə edir;

UB - B, orta dalğa uzunluğu adlanır və 280 - 315 nm diapazonu əhatə edir;

UB - C, qısa dalğa uzunluğu, hermisid (mikrob əleyhinə) adlanır, 100 – 280 nm diapazonu əhatə edir [68, s.20-21], [83, s.252-253].

UB şüaların A diapazonundan gələn radiasiyanın Yerin atmosferi tərəfindən kifayət qədər zəif udulduğu məlumdur. Bununla da əlaqədar olaraq, məlumdur ki, Yer səthinə çatan şüalar əsasən daha çox miqdarda ultrabənövşəyi şüaların A diapazonundan ibarətdir. Eyni zamanda ultrabənövşəyi şüaların B diapazonunun da az miqdarda bir hissəsinin təsir effekti mövcuddur. UB - C və UB – B şüalarının təqribən 95% -i isə demək olar ki, ozon qatı tərəfindən udulur.

Məlumdur ki, Yer səthinə düşən UB-radiasiyanın əsas mənbəyi Günəşdir. Yer səthinə gəlib çatan bu şüaların ümumi miqdarına bir çox amillər təsir göstərə bilər.

Məsələn, dəniz səviyyəsindən olan yüksəklik, atmosferin ozon qatının qatılığı, bulud örtüyü və s. kimi amillər bu təsir effektində müəyyən rola malikdirlər.

Bitkilər günəş şüalarından effektiv istifadə etməyə uyğunlaşmışlar. Məlumdur ki, işıq fotosintezini idarə edən enerji mənbəyidir. Lakin bitkilərə işıq tək cəmi müsbət yox, eyni zamanda destruktiv təsir də göstərə bilər. Buna görə də ziyan vurmada günəş radiasiyasından effektiv istifadəyə yaxşı uyğunlaşma bitkilər aləmi üçün önəmli bir prosesdir. Bu, xüsusilə, UB diapazon üçün çox mühümdür, çünki əksər canlı orqanizmlərdən fərqli olaraq bitkilərdə zərərli şüalanmadan gizlənmək imkanları yoxdur. İstənilən canlı hüceyrədə UB şüalanmanın hədəfləri DNT, lipidlər və zülallardır. Bununla belə DNT-nin zədələnməsində mənfi tərəflə yanaşı, müsbət tərəf də vardır. Ultrabənövşəyi şüalar yeni əlamətlərə səbəb olan mutasiyalar yaradan, növ müxtəlifliyinin inkişafını stimullaşdıran mühüm bir təkamül qüvvəsi hesab edilir. Mutasiyalar mühüm hüceyrə proseslərini inhibirlərək və hüceyrə funksiyasının pozulmasına, bəzən hətta hüceyrələrin ölümünə səbəb olaraq, əsasən mənfi hallara gətirirlər.

Udulan ultrabənövşəyi birləşmələrin (flavonoidlər və fenilpropanoidlər) toplanması və bununla əlaqədar olaraq epidermal UB keçiriciliyinin azalması bitkilər tərəfindən zərərli günəş UB radiasiyasına qarşı istifadə edilən müdafiə mexanizmləridir. Bitkilərin gün ərzində UB radiasiyadakı sürətli dəyişikliklərə cavab olaraq qorunmanın tənzimlənməsi kifayət qədər araşdırılmamışdır [71, s.222]. Məlumdur ki, UB radiasiya üzvi birləşmələrin abiogen sintezində mühüm rol oynayan, bu sintezə kömək edən ən mühüm amildir. UB şüalanmanın bioloji sistemlərə təsirinin öyrənilməsi göstərdi ki, bu təsir effekti bioloji müxtəlifliyin artmasına mühüm təkan verir. Nəticədə təkamül prosesində bioloji orqanizmlər günəş spektrinin enerjisindən istifadə etmək, onu qəbul etmək imkanları qazandı [181, s.24].

Artıq enerjinin saxlanması müxtəlif istiqamətlərdə analizinin aparılması bir çox alimlərə imkan verdi ki, ilkin biokimyəvi reaksiyalar üçün əsas enerji mənbəyinin məhz UB şüalarının olduğunu desinlər.

UB-B şüalarının fotosintetik aparatın müxtəlif komponentlərinə təsirləri öyrənilmişdir. Bu şüaların FS 2 – nin P-680 reaksiya mərkəzinin D1 zülalına təsiri

öyrənilərkən məlum olmuşdur ki, D1 zülalının 20 kDa C-terminal fraqmenti müəyyən hallarda sabit olur. Belə şərait və eyni zamanda ağ işıq fotosintetik proseslərin aktivliyinin bərpasına kömək edir. Bundan başqa göstərilmişdir ki, 20 kDa fraqmentinin sıradan çıxması, həmçinin D1 zülalının sintezi hadisələri isıqdan asılı olan proseslərdir.

Buna baxmayaraq, onların bir-biri ilə əlaqələri zəifdir, demək olar ki, yoxdur. Bunun səbəbi isə ondan ibarətdir ki, D1 zülalı sintez olunmadıqda belə 20 kDa fraqmentinin sıradan çıxması mümkün haldır. Beləliklə, ağ işığın təsiri nəticəsində fraqmentlərin deqradasiyasına və UB-B işığının təsiri nəticəsində bərpasına müəyyən kimyəvi, fiziki və bioloji amillər təsir edir. Bu amillərin təsir effektlərinin müqayisəsi nəticəsində məlum olmuşdur ki, UB şüalarının B oblastının təsiri zamanı fraqmentin əmələ gəlməsi prosesi fotokimyəvi hadisədir və ağ işıqda fraqmentin deqradasiyası isə proteaz vasitəsilə baş verir [75, s.1665]. Bitkilər ətraf mühətdən müxtəlif işıq siqnallarını udmaq və qəbul etdikləri informasiyadan həm mühitə adaptasiya və həm də inkişaf üçün istifadə etmək qabiliyyətinə malikdirlər [138, s.55-57], [108, s.727-728]. Bu proses fotoreseptorların istifadəsi ilə həyata keçirilir ki, burada da əsas məqsəd işıq axınının tezliyini, intensivliyini, spektral tərkibini və s. müəyyən etməkdən ibarətdir. UB şüalanmanın A diapazonu bitkilərin fotosintetik fəaliyyətinə mühüm təsir göstərir. Belə ki, UB-A şüalanma bitki nümunələrinin müxtəlif orqanları tərəfindən yüksək miqdarda udula bilir [124, s.179-180]. Bu şüaların canlı orqanizmlərə təsiri barədə müxtəlif fikir və mülahizələr mövcuddur. Onların inhibirləşdirici və eyni zamanda da, stimullaşdırıcı təsir effektləri öyrənilir [170, s.722]. UB şüalanmanın effektivliyinə şüalanmanın müddəti və eyni zamanda, intensivlik təsir edir [154, s.295-296]. Bütün canlı sistemlərə olduğu kimi bitkilərə də müxtəlif xarici mühit amilləri, çoxlu sayda ekoloji faktorlar öz təsirini göstərirlər. Bununla əlaqədar olaraq da, müxtəlif radiasiya amillərinin, müəyyən dalğa uzunluqlu və intensivlikli elektromaqnit şüalarının bitkilərə təsirinin öyrənilməsi sadə məsələ deyil. Beləliklə, böyük təkamül prosesində bitkilər özlərində fotosintetik aktiv radiasiya ilə yanaşı, UB-A radiasiyadan da istifadə etmək imkanlarını yaratdılar və inkişaf etdirdilər [40, s.6-7].

Ozon qatını məhv edən maddələrin atmosferdəki konsentrasiyaları azalır və ozon sütununun miqdarı artıq azalmır. Orta enlik ozonunun, əvvəllər proqnozlaşdırılardan bir

qədər tez, əsrin ortalarına qədər 1980-ci il səviyyəsinə qayıtması gözlənilir. Lakin yüksək enliklərdə bərpa sürətinin daha yavaş olacağı gözlənilir. Yaz aylarında ozon təbəqəsinin qütb enliklərində, xüsusən də Antarktidada növbəti bir neçə onillikdə davam edəcəyi gözlənilir. Ozon təbəqəsinin tükənməsi nəticəsində baş verə biləcək hadisələr alimləri düşündürməyə bilməz [68, s.19], [157, s.279-280; s.285].

UB-şüaların müxtəlif canlı sistemlərə, o cümlədən də bitki sistemlərinə tədqiqinin nəticəsi olaraq aşkar edilmişdir ki, 200-320 nm dalğa uzunluqlu qısdalğalı şüalanma məhvəddici, zərərli və eyni zamanda da stimullaşdırıcı təsir effekti yarada bilər. Dalğa uzunluqları 320-400 nm olan şüalar isə bitkilər aləminə zəif təsir edirlər [132, s.2544], [17, s.62-64; s.173-175]. UB şüalarının bioloji aktivliyinə onların dalğa uzunluqları təsir edir. Kiçik dalğa uzunluqlu diapazona aid UB şüaların bioloji aktivlikləri yüksək olur. Dalğa uzunluqları 280-320 nm diapazonuna aid olan UB şüalar rəxət əleyhinə təsir effektinə malikdirlər [186, s.171]. Yüksək bioloji aktivlik dalğa uzunluqları 200-280 nm diapazonuna daxil olan UB şüalarına aiddir. Bu şüalar, həmçinin bakterisid təsire də malikdirlər [131, s.111-112], [126, s.2261]. İnfraqırmızı şüaların təsiri zamanı dəridə ciddi dəyişikliklər yaranmır. Demək olar ki, şüalanmadan müəyyən müddət, bir qayda olaraq 2-8 saat keçdikdən sonra inkişaf edən qeyri-sabit eritema yaranır. Bu şüalar, həmçinin dəridə qəhvəyi rəngli ləkələrin yaranmasına səbəb olurlar. Parlaq qırmızı rəngə malik olan eritema bir qədər ağırlı olur. Bir müddət sonra eritemanın solğunlaşması baş verir, dəri qəhvəyi rəng alır. Bəzi hallarda, xüsusilə UB şüaların təsiri uzunmüddətli və daha intensiv olduqda dəridə soyulmalar müşahidə olunur. Bu əlamətlər UB şüaların dozasından, intensivliyindən asılı olduqları kimi eyni zamanda dərinin həssaslığından da asılıdır [3, s. 96-97].

UB şüaların B diapazonu insan gözü üçün demək olar ki, hiss olunacaq deyil və xüsusi kornea adlanan epiteli tərəfindən udulur. Bu da müəyyən hallarla, məsələn gözün epitelisinin şişməsi, gözün tez-tez sulanması və s. ilə müşayiət oluna bilər. Ədəbiyyatdan məlumdur ki, qısa dalğalı (dalğa uzunluqları 100-280 nm oaralığında dəyişən) UB şüalar göz retinasına təsir edə bilirlər. Ümumiyyətlə, praktikada UB işığın yaratdığı əsas göz zədəsi göz korneası yanıqlarıdır [3, s. 98-99].

UB zərərsizləşdirmə, müəyyən bir zaman ərzində müəyyən intensivlikli UB

şüalanması ilə suda olan mikroorqanizmlərin şüalanması zamanı həyata keçirilir. Mikroorqanizmlərin tamamilə məhv edilməsi üçün kifayət olan dalğa uzunluğu təqribən 260 nm – dir. Bu dozada şüalanma qəbul etdikdə mikroorqanizmlər çoxalma qabiliyyətini itirirlər. Belə halda onlar mikrobioloji baxımdan məhv olurlar. Təxminən 254 nm - ə yaxın dalğa uzunluqlu UB şüalanma sudan və mikroorqanizmin hüceyrə divarından yaxşı keçir, mikroorqanizmin DNT-si tərəfindən udulur. Bu isə onun quruluşunun pozulmasına səbəb olur. Nəticədə mikroorqanizmlərin çoxalma prosesi dayanır. Bu mexanizm bütövlükdə istənilən orqanizmin canlı hüceyrələrinə aiddir, məhz bununla da sərt UB şüalanmanın təhlükəsi şərtlənir [126, s.2271].

UB şüalanma canlı orqanizmlərə aktiv və hərtərəfli bioloji təsirə malikdir. Toxumaların 0,5-1,0 mm dərinliyinə nüfuz edərək şüalar biokimyəvi proseslərin aktivləşməsinə səbəb olur. UB radiasiyasının təsiri altında bitki hüceyrələrinin bir çox morfofizioloji və biokimyəvi parametrləri dəyişir. Bu dəyişikliklər toxumadan, orqanizmin inkişaf mərhələsindən, onun genotipindən və şüalanma şərtlərindən (şüalanmanın müddəti və spektral tərkibi) asılıdır. Qısa dalğalı UB - C şüalar üçün hüceyrədə hədəf DNT – dir.

Təbii ki, UB – şüaların canlı orqanizmlərə təsirinin müsbət tərəfləri də mövcuddur. İlk növbədə onu qeyd etmək lazımdır ki, bu şüalar ağrıkəsici təsir effekti göstərə bilirlər. Bu isə UB-şüaların həssas sinirlərin həyəcanını azaltmaq funksiyasını həyata keçirməsi ilə sıx bağlı ola bilər. UB şüaların müsbət təsir effektlərindən biri də çox mühüm olan D vitamininin əmələ gətirməsi və anticisimlərin istehsalının stimullaşması ilə əlaqədardır. UB şüaların orqanizmə təsiri nəticəsində oksidləşdirici hadisələrin yaranması sürətlənir, orqanizmdə oksigenin udulması və karbon qazının ayrılması sürətlənir, faqositoz artır. UB şüalar eyni zamanda fermentlərin aktivliyinə, maddələr mübadiləsinə müsbət təsir göstərir. Qan təzyiqinin normallaşmasında, qanda kalsium və fosfatın miqdarının yüksəlməsində UB şüalar mühüm rola malikdir. Bütün bu əlamətlərin və göstəricilərin nəticəsində orqanizmin infeksiyalara qarşı müqaviməti güclənir [124, s.179].

UB şüaların müxtəlif bakteriyaları öldürmə qabiliyyəti (bakterisid təsir) böyük praktiki əhəmiyyətə malikdir. Bu təsir dalğa uzunluqları daha az olan UB şüalarda

xüsusilə özünü göstərir. Işığın bakterisid təsiri bakteriyaların protoplazmasına təsiri ilə əlaqədardır. Sübut edilmişdir ki, UB şüalanmadan sonra hüceyrələrdə və qanda mitogenetik şüalanma artır [71, s.222].

UB-şüaların canlı orqanizmlərə təsiri öyrənilərkən mütləq onun dalğa uzunluğu nəzərə alınmalıdır. Dalğa uzunluğu məlum olmadığı halda bu şüaların heç bir təsir effektini öyrənmək olmaz. Çünki fərqli dalğa uzunluğuna malik olan UB – şüalar fərqli təsir effekti yaradırlar. Onların hər birinin spesifik təsir sahəsi mövcuddur. UB - şüalanmanın qısa dalğalı oblastına daxil olan şüalar ilk növbədə zülal maddələrinin denatirasiyasına səbəb olduqları halda, uzun dalğalı UB şüalar fotolitik zədələnmələrə gətirirlər. Bütün bu xüsusiyyətləri imkan verir ki, UB-şüalarından müxtəlif məqsədlərlə terapiya sahəsində istifadə edilsin. Müxtəlif tədqiqatlarda UB şüalanmanın təsiri öyrəniləndə və yaxud da profilaktik məqsədlərlə süni şüalanma mənbələrindən, məsələn, müxtəlif civə-kvars lampalarından, bəzi hallarda günəş işığından da istifadə edilir. Bu sahədə tədqiqatlar öz müsbət effektini verir. Şüalanma spektrlərinə görə civə-kvars lampaları günəş spektrindən qısa UB şüaların olması ilə fərqlənir. UB - şüalar təsir effektlərinə görə ümumi və yerli təsir göstərən şüalar ola bilərlər. Tibb sahəsində UB-şüalarının profilaktik məqsədlər üçün tətbiqi və istifadəsi həyata keçirilir. Bundan başqa müxtəlif xəstəliklərin müalicəsində də UB şüalar istifadə edilir. Canlı orqanizmin sağlamlığına təsir göstərən amillərdən biri və demək olar ki, ən önəmlisi ətraf mühit amilləridir. UB şüalanma da canlı sistemi əhatə edən ətraf mühitin vəziyyətini qorumaq məqsədi ilə istifadə olunur [83, s. 252].

Civə-kvars lampalarından başqa bakterisid lampalarından da müəyyən xəstəliklərin qarşısının alınmasında istifadə edilir. Bu lampaların köməyi ilə uşaqlarda raxit xəstəliyinin qarşısının alınması və müalicəsi həyata keçirilə bilər. Bir çox yoluxucu xəstəliklərin müalicə və profilaktikasında, qarşısının alınmasında civə-kvars lampalarının xüsusi rolu vardır. Bu lampalar xüsusilə klinikalarda, uşaq bağçalarında, məktəblərdə, yaşayış binalarında, ümumiyyətlə insanların çox olduğu yerlərdə havanın sterilizasiyası məqsədi ilə tətbiq olunur. Müəssisələrdən başqa bəzi qida məhsullarının, məsələn, süd və süd məhsullarının, sü və s. sterilizasiyası da bakterisid lampalarının köməyi ilə həyata keçirilir.

UB şüalar zəif və xəstə uşaqların müalicəsində effektiv rola malikdirlər. Belə ki, bu şüaların təsiri zəifləmiş uşaqların qidalanmasında, çəkirlərinin artmasında, aktiv həyat tərzlərinin yaxşılaşdırılmasında, həmçinin iltihab əleyhinə mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Uşaqların ümumi sağlamlığı normallaşır, fiziki inkişafı yüksəlir. Bundan başqa UB şüaların nevroloji problemlərə qarşı təsiri də mövcuddur [39, s. 29-31].

Qeyd edilən müsbət tərəflərinə, müsbət təsir effektlərinin olmasına baxmayaraq, UB şüalar canlı orqanizmə təbii ki, öz mənfi təsirlərini də göstərə bilirlər. Bu əsasən uzunmüddətli və intensiv təsir zamanı baş verə bilər. Belə təsir effekti canlı orqanizmlərdə patoloji dəyişikliklərin yaranmasına da gətirə bilər. Güclü dozada şüalanma insanda halsızlıq, yaddaş zəifliyi, iştah azlığı, baş ağrısı kimi halların yaranmasına səbəb olur. Yüksək dozalı UB radiasiyanın təsiri isə müəyyən dərəcəli yanıqların, eritema və dəridə şişkinliyin yaranmasına gətirib çıxarda bilər. Yay fəslində uzun müddət güclü UB radiasiyanın təsirindən dəridə qızartı, yanıqlar, soyulma və dermatit yaranır. Bəzi ədəbiyyatlarda göstərilib ki, ağır dermatitin xərçəngə keçmə ehtimalı da az deyil [39, s. 33-34].

1.2. Paramaqnetizm və maqnetizm

Maqnetizm hadisəsi qədim tarixə malikdir. Bu hadisənin belə adlandırılması dəmir filizi parçalarının - maqnetitin ($\text{Fe}^{3+}[\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}]\text{O}_4$) xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır ki, onlar da ilk dəfə qədim Maqneziya şəhəri yaxınlığında tapılmışlar. Məlumdur ki, bütün maddələr, o cümlədən metallar, yarımkəçiricilər və s. maqnit xüsusiyyətlərinə malikdirlər. Eyni zamanda maqnit xüsusiyyətlərinə görə onları paramaqnit maddələrə, ferromaqnit maddələrə, antiferromaqnitlərə və ən nəhayət, diamaqnit maddələrə ayırırlar [54, s. 331-333]. Bu maddələr bir sıra xüsusiyyətlərinə görə bir-birlərindən fərqlənirlər. Məsələn, ferromaqnit maddələr güclü maqnit xassələrinə malikdirlər və xarici maqnit sahəsinə doğru cəlb olunurlar. Antiferromaqnit maddələrdə bunun əksi baş verir və onlar xarici maqnit sahəsindən itələnilir. Paramaqnit maddələr zəif maqnit xassələrinə malikdirlər. Baxmayaraq ki, onlar da ferromaqnit maddələr kimi güclü maqnit sahəsinə doğru cəlb olunurlar, lakin onlarla müqayisədə bu proses paramaqnit maddələrdə zəif baş verir. Diamaqnit maddələr maqnit xassələrinə malik deyillər və

onlar zəif maqnit sahəsinin bölgəsinə sıxışdırılırlar [203, s.702].

Ferromaqnetizm - maqnetizmin ən güclü formasıdır. Ferromaqnit maddələr çox güclü maqnit cazibəsi göstərilir. Ferromaqnit və ferrimaqnit maddələr uzun zaman maqnitləşmiş qalırlar. Dəmir əsaslı maqnitlər ferromaqnitdirlər. Ferromaqnetizmdən fərqli olaraq isə paramaqnetizm, diamaqnetizm və antiferromaqnetizm qüvvələri zəif olur.

Paramaqnetizm isə maqnetizmin elə bir formasıdır ki, bəzi materiallar xaricdən tətbiq olunan maqnit sahəsi tərəfindən zəif cəzb edilir. Bu prosesdə tətbiq olunan xarici maqnit sahəsi istiqamətində daxili maqnit sahələri əmələ gətirir. Paramaqnit maddələrdən fərqli olaraq diamaqnit maddələr maqnit xassələrinə malik deyillər və xarici maqnit sahələri tərəfindən itələnilir [224, s.2795].

Paramaqnetizm əsasən maddənin hissəciklərinin (molekullar, atomlar və ya ionlar) xüsusi maqnit momentlərinin istiqamətlənməsi ilə şərtlənir. Bu maqnit momentlərinin təbiəti elektronların orbital hərəkəti, onların spini və eyni zamanda atom nüvələrinin spini ilə əlaqələndirilə bilər. Paramaqnetizm maddədə cütləşməmiş elektronların hesabına yaranır. Buna görə də atom orbitalları tam doldurulmamış atomların əksəriyyəti paramaqnitdirlər, lakin istisnalar da vardır, məsələn, mis. Xarici maqnit sahəsi elektronların spinlərinin sahəyə paralel düzülməsinə səbəb olur və cazibə yaradır. Paramaqnit maddələrə əksər kimyəvi elementlər və bəzi birləşmələr daxildir. Onların nisbi maqnit keçiriciliyi 1-dən bir qədər böyükdür (yəni kiçik müsbət maqnit həssaslığına malikdirlər) və buna görə də maqnit sahələrinə cəlb olunurlar [224, s.2797]. Paramaqnit maddələrə misal olaraq alüminium, oksigen, titan və dəmir oksidini (FeO) misal göstərmək olar.

Hər hansı zərrəciyin (atom, ion və ya molekul) paramaqnit və ya diamaqnit olduğunun müəyyən edilməsi kimya elm sahəsində sadə bir qaydadan istifadə etməklə aparılır. Bu, elektronların cütləşmiş və ya çütləşməmiş olmasının müəyyən edilməsi ilə əlaqədardır. Bütün elektronları cütləşmiş maddələr diamaqnit maddələrdir, cütləşməmiş elektronları olan maddə isə paramaqnitdir. Paramaqnit maddələr ferromaqnit maddələrdən fərqli olaraq xaricdən tətbiq edilən maqnit sahəsi olmadıqda maqnitləşmə xüsusiyyəti saxlamırlar. Bu, istilik hərəkətinin spin oriyentasiyasını

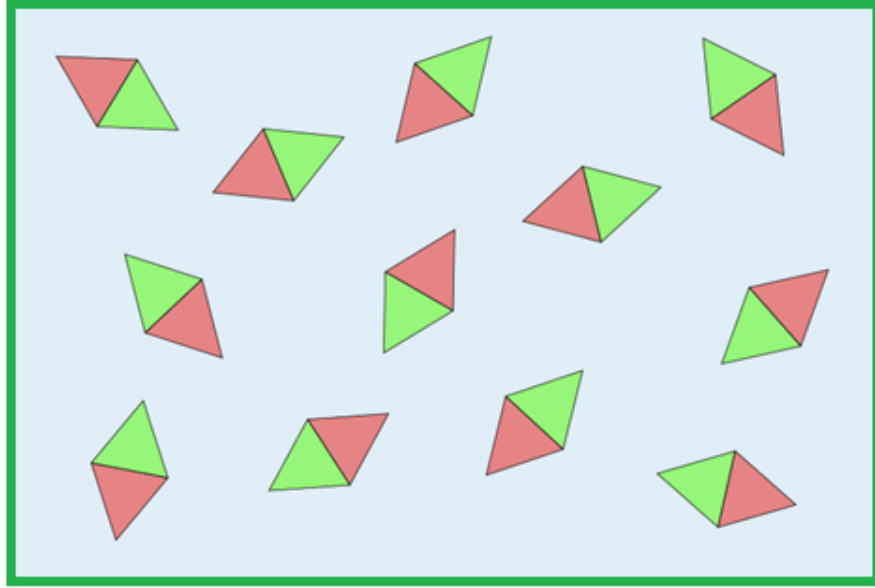
təsadüfi olaraq dəyişməsi ilə əlaqədardır. Nəticə etibarilə ümumi maqnitləşmə tətbiq olunan sahə silindikdə sıfır enir.

Paramaqnit maddənin daxilində, xarici sahənin təsirinə yaranan maqnitləşmənin J təsiri əlavə olunur. Bu baxımdan paramaqnetizm diamaqnetizmin əksidir. Buna görə də paramaqnit cisimlər maqnitin qütblərinə cəzb olunurlar, diamaqnit cisimlər isə itələnilir. Paramaqnitlər üçün səciyyəvi olan maqnitləşmə xüsusiyyətinə ferromaqnit və antiferromaqnit cisimlər də malikdirlər. Lakin xarici sahə olmadıqda paramaqnit cisimlərin maqnitləşməsi sıfır bərabərdir və onlar maqnetik struktura malik deyillər. Lakin bu halda $H=0$ olduqda, ferro- və antiferromaqnitlər maqnetik quruluşlarını saxlayırlar. Qeyd etmək lazımdır ki, maqnetik quruluş – maqnitnizamlı kristalda (ferro, ferri- və ya antiferromaqnit) atomik, dövri fəza düzülüşü və atom maqnit momentlərinin istiqamətləndirilməsidir.

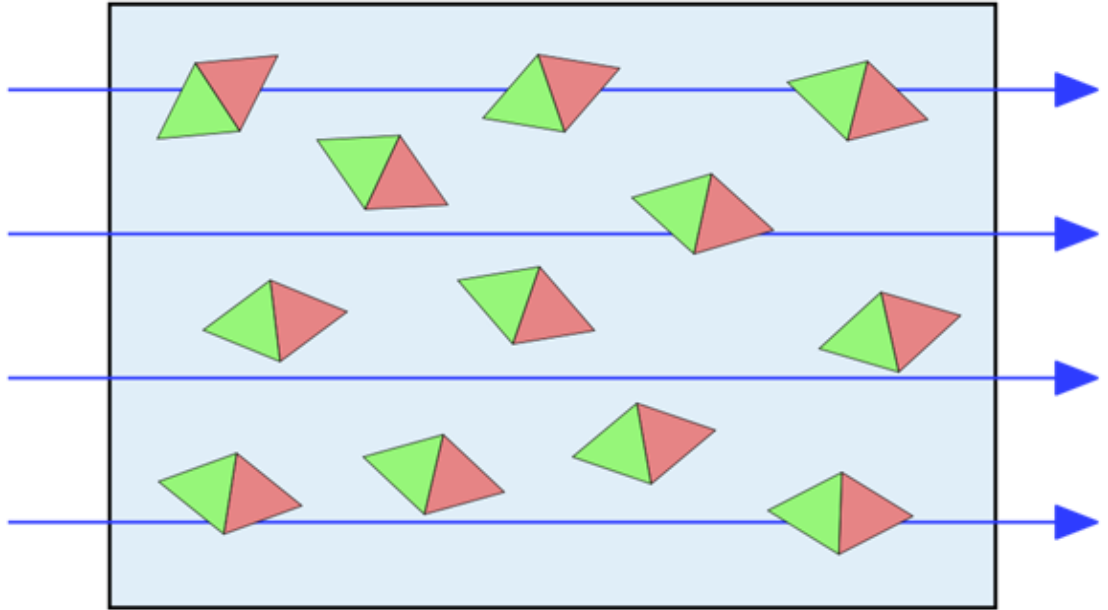
Paramaqnetizm termini ilk dəfə 1848-ci ildə M.Faradey tərəfindən elmə gətirilib və alim bütün cisimləri (ferromaqnitlərdən başqa) dia- və paramaqnitlərə ayırmışdır. Paramaqnetizm hadisəsinin xarakterik olduğu cisimlərin hissəcikləri xüsusi maqnit momentinə malikdirlər. Lakin xarici maqnit sahəsinin olmaması maqnit momentlərinin xaotik, nizamsız istiqamətlənməsinə səbəb olurlar və $J=0$ olur.

Lakin xarici sahə olmadıqda bu maqnit momentləri xaotik istiqamətlənirlər, belə ki, $J=0$. Xarici sahədə paramaqnit maddələrin atomlarının maqnit momentləri əsasən sahə boyunca yönəlirlər [224, s.2800-2802].

Zəif sahələrdə paramaqnetiklərin maqnitləşməsi sahənin böyüməsi ilə $J = \chi H$ qanunu ilə artır, burada χ - 1 mol maddənin maqnit nüfuzluğudur, paramaqnit maddələr üçün həmişə müsbətdir və adətən $10^{-5} - 10^{-3}$ qiymətinə bərabərdir. Əgər sahə çox böyükdürsə, paramaqnit hissəciklərin bütün maqnit momentləri sahə boyunca yönəlirlər (maqnit doyma halı əldə edilir).



Şəkil 1.2.1. Maqnit sahəsi olmadıqda paramaqnit maddələr.



Şəkil 1.2.2. Güclü maqnit sahəsi olduqda paramaqnit maddələr
(mənbə: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Парамагнетики>)

Temperaturun (T) artması ilə hissəciklərin istilik hərəkətinin yönəldici təsiri artır və maqnit nüfuzluğu azalır – sadə halda Kюри qanununa görə $\chi=C/T$ (C – Kюри sabitidir, maddənin təbiətindən asılıdır). Kюри qanunundan kənarlanmalar (Kюри - Veys qanunu) əsasən hissəciklərin qarşılıqlı təsiri ilə (kristal sahənin təsiri ilə) bağlıdır [224, s.2803-2804]. Ümumiyyətlə, paramaqnetizm metal halında olan elementlərə xasdır. Məsələn,

qələvi metallara, keçid qruplarının bəzi metallarına və s. aiddirlər. Bundan başqa paramaqnetizm dəmir qrupunun duzlarına, sərbəst radikallara, keçid elementlərin bir sıra kompleks birləşmələrinə xasdırlar. Ferro- və antiferromaqnit maddələr uyğun olaraq Küri və ya Neyel temperaturundan (paramaqnit vəziyyətə faza keçidi temperaturu) yüksək temperaturlarda paramaqnit olur.

Paramaqnetizm göstərən materiallar paramaqnit adlanırlar. Kimyəvi birləşmələrin əksəriyyəti və bəzi birləşmələr müəyyən şərtlər daxilində paramaqnitdirlər. Qeyd etdiyimiz kimi həqiqi paramaqnitlər Küri və Küri-Veys qanunlarına əsasən maqnit həssaslığı göstərilir. Eyni zamanda həqiqi paramaqnitlər geniş temperatur intervalında paramaqnetizm nümayiş etdirirlər [7, s. 187-192].

Oriyentasiyalı paramaqnetizm halında isə xarici maqnit sahəsindəki maddə hissəciklərinin lokal maqnit momentlərinin istiqaməti bu hissəciklərin məkanda hərəkəti ilə əlaqəli olmur. Bu vəziyyətdə paramaqnetizm xarici H sahəsindəki maqnit momentlərinin müstəqil oriyentasiyası ilə təyin olunur və sahənin istiqaməti üzrə lokal maqnit momentlərinin proyeksiyaları üçün Gibbs paylanması əsasında təsvir edilir. Ardıcıl kvant-mexaniki baxışdan keçirildikdə məlum olmuşdur ki, atom və ya ion sistemlərinin oriyentasion nüfuzluğundan başqa əlavə olaraq, polyarizasion nüfuzluq da vardır. Polyarizasion paramaqnetizm sırf kvant xarakterinə malikdir və temperaturun dəyişməsi səbəbindən həyəcanlı vəziyyətlərin atomların və ya molekulların əsas vəziyyətinə qarışması ilə əlaqədardır [45, s.516].

Tətbiq olunan sahə olmadıqda paramaqnit maddələrin atomları və ya molekulları, daimi maqnit momentlərinə (dipollara) malikdirlər. Daimi moment cütləşməmiş elektronların spinindən yaranır. Bu yaranma ümumi atom və molekulyar elektron orbitallarında həyata keçirilir.

Dipolların bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olmayan vəziyyəti saf paramaqnetizmə aiddir. Saf paramaqnetizm halında həmçinin istilik qarışığına görə xarici sahə olmadıqda dipollar təsadüfi istiqamətlənirlər ki, bu zaman da sıfır qiymətli maqnit momenti yaranır. Dipolların tətbiq olunan sahə ilə uyğunlaşmağa meyilliyi yalnız bir maqnit sahəsi tətbiq olunanda baş verir. Bunun nəticəsində isə tətbiq olunan sahənin istiqaməti ilə eyni istiqamətdə yeni maqnit momenti yaranır. Spin $s = 1/2$ və spin maqnit momenti μ_B olan

metallarda keçirici elektronların olması metalların paramaqnetizmini əlavələrlə təmin edir [45, s.517].

Xarici bir maqnit sahəsində, maqnit momentlərinin xarici sahənin istiqaməti boyunca oriyentiri baş verir. Uyğun maqnit nüfuzluğu praktiki olaraq temperaturdan asılı deyil. Yarımkəçiricilərdəki elektronların və dəliklərin paramaqnetizmi onların konsentrasiyası və yarımkəçiricinin zona quruluşundan asılı olan effektiv maqnit momentlərinin qiyməti ilə müəyyən edilir. Yük daşıyıcılarının konsentrasiyası temperaturdan çox asılıdır, buna görə də paramaqnit yarımkəçiricilərin paramaqnit nüfuzluluğunun temperaturdan asılılığı mövcuddur. Paramaqnitlər zəif maqnitli maddələrdir, maqnit keçiriciliyi ($\mu > 1$) vahiddən cüzi fərqlənir. Paramaqnitlər maqnit sahəsinə doğru cəzb olunurlar. Xarici maqnit sahəsi olmadıqda, paramaqnitlər maqnitlənməmiş olur. Paramaqnitlərə alüminium (Al), platin (Pt), bir çox digər metallar (qələvi və qələvi torpaq metalları, həmçinin bu metalların ərintiləri), oksigen (O_2), azot oksidi (NO), manqan oksidi (MnO), dəmir xlorid ($FeCl_2$) və s. aiddir [45, s.517-519].

1.3. Elektron Paramaqnit Rezonans Spektroskopiyası ilə canlı sistemlərin tədqiqi

Məlumdur ki, elektron paramaqnit hadisəsinin mahiyyəti paramaqnit maddələrin maqnit sahəsində elektromaqnit şüalarını seçimli şəkildə udmasından ibarətdir. 1922-ci ildə A.Eynşteyn və R.Erenfest atomların maqnit enerji səviyyələri arasında şüalanmanın təsiri altında keçidlərin mümkünlüyünü qeyd etmişdilər. Az sonra 1923-cü ildə Y.Q.Dolfman paramaqnit maddələrin elektromaqnit şüalarını rezonans şəklində udu bilməsini əsaslandırılmışdı. Holland fiziki K.Y.Qorter istilik effektini ölçməyə əsaslanan kalorimetrik metodla paramaqnit maddələr tərəfindən elektromaqnit şüalarının udulmuş enerjisini qeydiyyata almaq üçün təcrübələr aparmışdır. Ancaq bu üsul udulan enerjinin miqdarının olduqca kiçik olması səbəbindən bir o qədər də həssas olmamışdı.

Müasir elmin və "yüksək texnologiyanın" inkişafında mühüm rol oynayan böyük kəşf 1944-cü ilin əvvəllərində Kazan şəhərində baş vermişdir. Kazan Dövlət Universitetinin dosenti Evgeniy Konstantinoviç Zavoyskiy elektron paramaqnit rezonans (EPR - elektron paramaqnit rezonansı, ESR - elektron spin rezonansı) hadisəsini kəşf

etmişdir. Bu hadisə müasir dövrdə fiziki, kimyəvi, bioloji, tibbi və ekoloji tədqiqatlarda geniş tətbiq olunur və çox önəmli yer tutur [8, s. 91-92], [21, s. 209-210].

Elektron Paramaqnit Rezonans metodu paramaqnit hissəciklərinin öyrənilməsi üçün, cütlənməmiş elektronlar olan hissəciklərin aşkarlanması üçün əsas spektroskopik metoddur.

Cütlənməmiş elektronlar çoxlu sayda obyektə, o cümlədən də sərbəst radikallar, bir çox keçid metal ionları və kristal qəfəs defektlərində aşkar oluna bilər. Sərbəst radikallar, bir qayda olaraq, qısa bir müddət mövcud ola bilərlər, lakin onlar fotosintez, oksidləşmə və s. kimi bir çox biokimyəvi proseslərdə mühüm rol oynayirlər. Buna görə də EPR metodu kimya, fizika, biologiya, materialşünaslıq və biotibb də daxil olmaqla bir çox elmi fənlərdə son dərəcə effektiv şəkildə tətbiq olunur [41, s. 53-54].

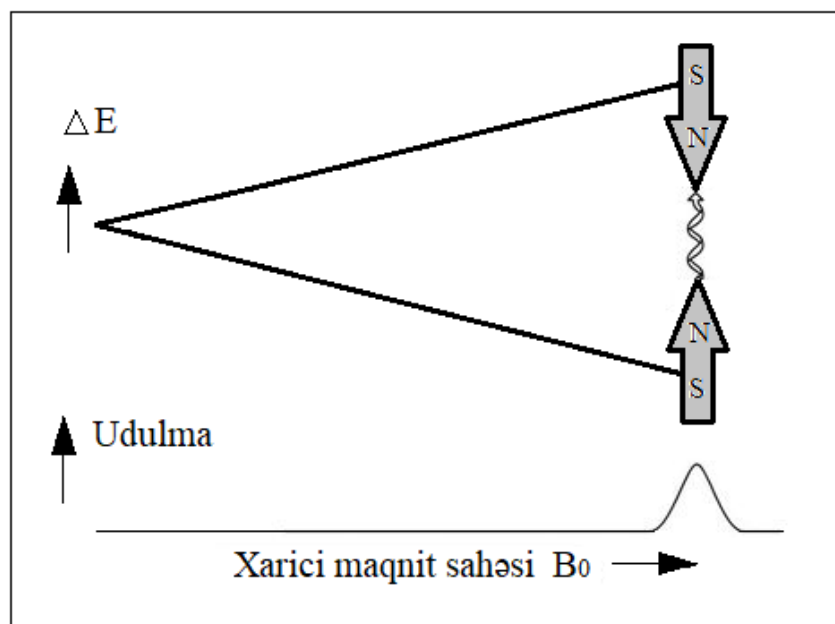
EPR – cütlənməmiş elektronları aşkar etmək üçün yeganə metoddur. Lakin sərbəst radikallar haqqında məlumat verən başqa metodlar da məlumdur. Buna baxmayaraq, bu metodlar arasında sərbəst radikalların tədqiqində əsas yer və üstünlük məhz EPR metoduna verilir. EPR metodu paramaqnit mərkəzlər haqqında zəngin informasiya verir.

Bu metod, həmçinin biotibbi tədqiqatlarda mühüm həyati əhəmiyyətə malikdir. Belə ki, bu metodun köməyi ilə bir çox patologiyalarda və toksiki proseslərdə sərbəst radikalların aydınlaşdırılması mümkündür [50, s.8-9].

Spin hədəfləri (spin metkaları) – biokimyəçilərin istifadə etdikləri daha bir metoddur ki, bu zaman paramaqnit molekul (spin hədəfi) makromolekulun müəyyən bir hissəsini “hədəfləmək” üçün istifadə olunur. Spin hədəfindən alınan EPR spektrləri mühitin tipini və xüsusiyyətini (hidrofobluq, pH, axıcılıq və s.) müəyyən etməyə kömək edə bilərlər.

Nüvə Maqnit Rezonansı kimi tanınan metod iş prinsipinə görə EPR metoduna yaxın metoddur. Birinci metod nüvə keçidlərinin ölçülməsi proseslərini yerinə yetirirsə, EPR metodu cütlənməmiş elektronların keçidlərini maqnit sahəsində qeydə alır. Protonlar kimi elektronlar da maqnit momenti kimi məlum olan hissəciyin maqnit xassəsini təyin edən “spin”-ə malikdirlər [14, s.27].

Elektromaqnit şüalanmalarından istifadə etməklə aşağı səviyyədə olan elektronların yuxarı səviyyəyə keçməsinə nail olmaq və beləliklə də onu "həyəcanlandırmaq" olar [7, s. 100-104].



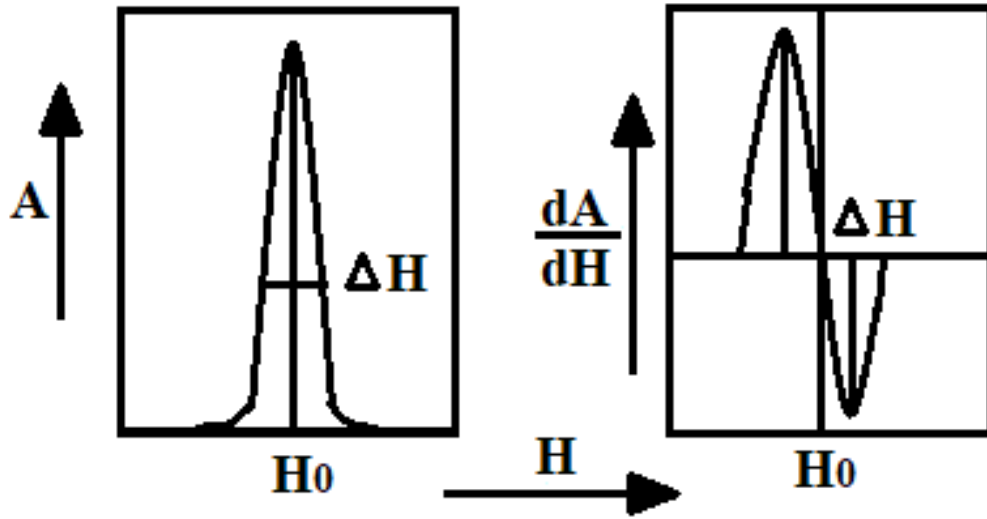
Şəkil 1.3.1. Maqnit sahəsində elektronların enerji səviyyələrinin parçalanması

Önemli məsələ ondan ibarətdir ki, belə keçidin yaranması üçün maqnit sahəsi elə qiymət almalıdır ki, enerji səviyyələri arasında fərq şüalanmanın kvant enerjisinə identik olsun. Bu hadisənin həyata keçməsi müəyyən şərt daxilində baş verir. İlk növbədə xarici maqnit sahəsinin gücü dəyişilir. Məlumdur ki, elektron paramaqnit rezonans hadisəsinin əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, burada elektromaqnit şüalanma cütlənməmiş elektronlar tərəfindən rezonanslı şəkildə udulur. Elektron spinə və həmçinin maqnit momentinə malikdir [7, s.221].

Elektron paramaqnit rezonans spektroskopiyası metodu paramaqnit mərkəzlər haqqında məlumat verir və onların xüsusiyyətlərini öyrənmək imkanlarına malikdir. Bu proses hissəciklərin köməyi ilə elektromaqnit şüalarının udulma spektrlərinin vasitəsilə baş verir [7, s.78-79].

EPR spektrlərinin xüsusiyyətlərinin göstəricisi olan parametrlər əsasən siqnalın eni, g-faktor və siqnalın intensivliyidir. Məlumdur ki, udulma spektrinin birinci tərtib törəməsi EPR siqnalını əmələ gətirir (şəkil 1.3.2). Siqnalın əmələ gəlməsi nümunənin tərkibində olan paramaqnit mərkəzlərin sayəsində baş verir. Belə paramaqnit mərkəzlərin miqdarı xarakteristikası (qatılığı) isə yaranan siqnalın əhatə etdiyi sahə ilə düz mütənasıblıq təşkil edir. Buna əsasən müəyyən olunur ki, paramaqnit hissəciklərin

konsentrasiyası iki parametrlə - 1) udulma siqnalının birinci inteqralı və 2) ERP xəttinin ikinci inteqralı – ilə mütənasibdir [8, s.94-95].



Şəkil 1.3.2. EPR siqnalı. Solda – udulmanın maqnit sahəsinin gücündən ifrat yüksək tezliyin asılılığı (H); sağda – bu asılılığın birinci tərtib törəməsi. EPR spektrometrləri ikinci tip ayrıləri qeydiyyat edir

EPR spektroskopiyasının biologiyada tətbiqləri canlı sistemlərdə paramaqnit hissəciklərin davranışını öyrənməyə imkan verir. EPR-in kəşfindən doqquz il sonra bu metodun bioloji sistemlərin tədqiqində tətbiqi ilə bağlı elmi iş dərc edilmişdir [7, s.177-179]. İlk dəfə olaraq bu elmi işdə müəlliflər göstərmişdilər ki, bioloji sistemlərdə, o cümlədən yarpaqlarda, toxumlarda, toxumaların preparatlarında və s. sərbəst radikallar vardır [7, s.92-94]. Radikalların konsentrasiyası ilə materialın metabolik aktivliyi arasında müəyyən korrelyasiya əlaqəsi müəyyən edilmişdi. Bu işdə maddələr mübadiləsində radikalların iştirakı haqqında əvvəllər təklif edilmiş fikirləri təsdiq edirdi. Həmin dövrdə müəyyən məsələlərlə əlaqədar olaraq hansı sərbəst radikalın mübadilə hadisəsində sualının həlli və cavabı çətinlik yaradırdı [7, s.211-214]. Məlum olmuşdu ki, bu proses bioloji sistemlərdə generasiya olunan EPR inteqral xəttinin xüsusiyyətləri ilə əlaqəli idi. Biokimyəvi reaksiyaların getməsi əsasən nizamlanmış mühitdə həyata keçir. Belə mühitə bioloji membranları aid etmək olar. Bioloji sistemlərin EPR metodu ilə tədqiqi zamanı paramaqnit mərkəzlərin öyrənilməsində

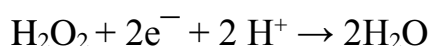
cihazın həssaslığı nəzərə alınır. Eyni zamanda tədqiq olunan nümunələrin tərkibi, ölçü və formasına ciddi diqqət yetirilir.

Göstərilən çətinliklərə baxmayaraq, biologiyanın bir çox sahələrində EPR spektroskopiyaya metodu ilə diqqətəlayiq nəticələr alınmışdır [26, s.13-15; 177-179]. EPR metodu ilə bioloji sistemlər tədqiq olunarkən bioloji nümunələrdə yaranan EPR siqnallarının anizotrop xüsusiyyətləri ortaya çıxmışdır. Belə davranış əsasən müxtəlif canlı orqanizmlərdə, insan və heyvanların beyin tozumalarında tədqiqatlar apararkən aşkar edilmişdir [153, s.7685], [88, s.e207]. Artıq fiziklər və kimyaçılar kimi biologlar da bu metodun üstünlüklərini başa düşərək, ondan əhəmiyyətli dərəcədə istifadə etməyə başladılar.

XX əsrin sonlarında məşhur biokimyəçi alim Leonor Mixaelis ilk dəfə olaraq belə bir fikir irəli sürmüşdü ki, cütlənməmiş elektronu olan molekullar, yəni sərbəst radikallar canlı orqanizmdə oksidləşmə-reduksiya çevrilmələri zamanı yaranırlar. Məlumdur ki, elektronlarının sayı cüt olan molekulların əksəriyyətində maqnit momentlərinin cəmi sıfıra bərabərdir və onlar diamaqnit maddələrdir. Tədqiqatçıların bu sahədə araşdırmalarından sonra canlı sistemlərdə oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının birelektronlu mərhələdən keçdiyi aşkar olundu [95, s.4-5].

Oksidləşmə-reduksiya çevrilmələrində aralıq məhsul kimi sərbəst radikallar yaranır. Hətta hesab etmək olar ki, onların müəyyən qismində yaşama müddəti az olduğu üçün onların müşahidə edilməsi də asan deyil. Belə reaksiyaların öyrənilməsində EPR metodu çox əhəmiyyətli və dəqiq metoddur. Əgər kimyəvi çevrilmələrin gedişatında molekulda tək sayda elektronlar olursa belə molekul paramaqnit xüsusiyyəti qazanır [211, s.73].

In vivo reaksiyalarında da sərbəst radikallı aralıq məhsulların iştirak etməsinə baxmayaraq, onların qısa yaşama müddəti və tormozlanmış halı EPR metodu ilə aşkar edilməsini kifayət qədər çətinləşdirir. Ona görə də bu reaksiyalar *in vitro* şəraitində daha geniş öyrənilmişdir ki, bu halda sərbəst radikallı aralıq məhsulları məhlullarda sərbəst fırlanırlar. İlk belə tədqiqatlar peroksidazalarla kataliz olunan reaksiyaların mexanizminin öyrənilməsinə həsr edilmişdir [11, s.68-69]. Bu fermentlər



reaksiyasını kataliz edirlər ki, burada iki elektron substratdan, məsələn askorbin turşusundan qoparılır. Axınlı metodların tətbiqi ilə bu reaksiyanın alınmış EPR spektrlərindən sərbəst radikallı aralıq birləşmələri və prosesin kinetik parametrləri təyin edilmişdir. Sərbəst radikallar stasionar şəraitdə alınmış EPR spektrlərinin ifratincə quruluşuna əsasən identifikasiya edilmişdir. Bu yolla göstərilmişdir ki, hər H_2O_2 molekulu iki askorbin turşusu verir ki, onlar da sonra ikinci tərtib reaksiyalarda məhv olur. Bu tədqiqatlarda axının sürəti 8 ml/san – yə çatır ki, bu da metodun imkanlarını məhdudlaşdırır. Belə ki, çox hallarda tədqiqatçıda ferment çox kiçik miqdarda olur. Beləliklə, göstərilən metodla ancaq elə fermentləri öyrənmək və tədqiq etmək olar ki, onları kifayət qədər çox miqdarda almaq mümkün olar və ancaq o proseslərdə öyrənmək olar ki, onlarda uzunmüddətli yaşayan radikallı aralıq zərrəcikləri alınsın. Ancaq tez qarışdırma metodlarının təkmilləşməsi, 35 QHs tezlikdə işləyən spektrometrlərin və toplama texnikasının geniş tətbiqi reaksiyaların daha geniş dairəsini öyrənməyə imkan verir [45, s.516-518].

Sərbəst radikallı aralıq mübadilə məhsullarının aşkar edildiyi digər sinfi fotosintetik sistemlər təşkil edir. Bu halda sistemin mürəkkəbliyi paramaqnit birləşmələrin identifikasiyasını daha da mürəkkəbləşdirir. Bu problemin həlli EPR-in biokimyada tətbiqinin görkəmli bölməsini təşkil edir.

Fotosintez nəzəriyyəsində çoxdan bu prosesdə oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının iştirakı qəbul edilmişdi. Lakin ilk nəzəriyyələrdə əsas diqqət postulat kimi götürülmüş hidrogen atomunun sudan karbon turşusuna keçməsinin ilkin aktına yönəldilirdi. 1941-ci ildə bir çox müxtəlif orqanizmlərdə fotosintetik proseslərin biokimyasının müqayisəli analizi əsasında Van Nil belə hipotez irəli sürdü ki, ilkin fotokimyəvi akt zamanı ilkin oksidləşdiricini və ilkin reduksiyaedicini meydana gətirir.

Alimlərin tədqiqatlarında alınan nəticələrdən sonra onların fikirləri təbii olaraq belə bir mülahizəyə gətirdi ki, sərbəst radikallar fotoçevrilmələrin ilkin məhsulları kimi yaranırlar. Yalnız sonralar, artıq elektron paramaqnit rezonans spektroskopiyasının kəşfindən məlum oldu ki, bir çox bioloji istemlərdə həqiqətən işıqın təsiri ilə sərbəst radikallar əmələ gəlir [38, s.145]. Təbii ki, sərbəst radikalların məhz fotoçevrilmələrin ilk məhsulu olmasını aparılan müşahidələrə görə demək olmazdı. Lakin sonralar

alimlər fotoməhsulların ilkin təbiətini sübut etdilər. Bu sahəyə aid ən geniş məlumatlar xüsusi icmallarda və monoqrafiyalarda verilmişdir ki, onlarda EPR-in fotosintezin mexanizminin öyrənilməsində tətbiqinə baxılmışdır [38, s.32-70].

Araşdırılan ədəbiyyat məlumatlarına əsasən demək olar ki, fotosintetik sistemlərin öyrənilməsində paramaqnit mərkəzlər haqqında mühüm informasiyalar verən EPR spektroskopiyası üsulunun tətbiqinə aid elmi işlərin əksəriyyəti fotosintezedici bakteriyalarda aparılmışdır.

Ola bilsin ki, bu onunla əlaqədardır ki, fotosintezedici bakteriyalar fotosintetik aparatın təkamül prosesində inkişafının ilkin mərhələlərində yaranmışlar və bu orqanizmlər molekulyar oksigeni sudan ayıra bilmirlər. Onların əksəriyyəti ancaq CO₂-ni bağlaya bilirlər. CO₂-nin fiksasiyası prosesi zamanı müxtəlif substratları, o cümlədən, molekulyar hidrogeni və hidrogen sulfidi (H₂S) oksidləşdirirlər. Yaxın infraqırmızı oblastda (700-900 nm) şüalandırılmış bu bakteriyalar dar sinqlet siqnalın əmələ gəlməsinə səbəb olurlar. Yaranan siqnalın parametrləri – g faktor 2,0025, eni $\Delta H_{\max} \sim 10 Q_s$ olur [13, s.162-164].

Qaranlıq mərhələsində isə çox zəif intensivlikli EPR siqnalı müşahidə olunur.

Çox maraqlıdır ki, ensiz sinqlet siqnalından müəyyən mühüm məlumatların alınması mümkündür. Müxtəlif bioloji sistemlərin EPR spektrlərinin təhlilində, öyrənilməsində, interpretasiyasında istifadə olunan metodların nümunələri aşağıda göstərilmişdir:

1. EPR spektrlərinin parametrlərinə əsasən əldə olunan məlumatlar. g-faktorun qiyməti (2,0025) bütövlükdə böyük sistemlərdə yaranan sərbəst üzvi radikallar üçün xarakterik olan g-faktorun qiymətinə yaxındır. Rezonans xəttinin forması Gauss əyrisinə uyğundur. Buna əsaslanaraq da ehtimal etmək olar ki, rezonans xətti qeyri-bircins olaraq genişlənmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, bakteriyalar ağır suda (D₂O) yetişdirildikdə, onlarda yaranan EPR spektrinin eni 4 Q_s, H₂O-da yetişdirildikdə isə ~ rezonans xəttinin eni 10 Q_s olur. Bu fakt o fikri təsdiq edir ki, rezonans xəttinin eninin böyük hissəsi ayırd edilməmiş proton ifratincə quruluşla bağlıdır. Bakterixlorofillin *in vitro* oksidləşməsi zamanı müşahidə olunan EPR siqnalı quruluşuna, dəyişmə xassələrinə, g-faktorun qiymətinə və xəttin eninə görə *in vivo* siqnalına çox oxşayır

[14, s.27].

2. Kinetik məlumatlar. EPR spektroskopiyası metodu ilə fotosistemlərin reaksiya mərkəzlərindən alınan oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının kinetikasının tədqiqi mümkündür və eyni zamanda, bu prosesdə müxtəlif parametrlərdən, məsələn, temperatur, işığın intensivliyi və s. asılılıq tədqiq oluna bilər. Həmçinin, 4 K - ə qədər temperaturlarda EPR siqnallarının qeydə alınması mümkündür. Müəyyən edilmişdir ki, temperaturdan asılılıq cüzi dəyişikliklərə gətirə bilər. Əsasən radikalların yaranmasının asılı olduğu parametrlərə işığın intensivliyini aid etmək olar. Radikalların əmələ gəlməsinin işığın intensivliyindən asılılığının düz mütənəsb olduğu müəyyən edilmişdir.

3. Optik məlumatlarla uyğunluq. EPR siqnallarının optik verilənlər ilə korrelyasiya etdiyi müəyyən edilmişdir. İşığın təsiri nəticəsində 800-900 nm dalğa uzunluğunda udma prosesini tərk edən molekulların konsentrasiyası cütlənməmiş elektronların konsentrasiyasına yaxın olur. Bundan başqa, qeyd etmək lazımdır ki, EPR siqnallarının amplitudlarının yüksəlməsi və azalması 800-900 nm diapazonunda optik udulma əyrisinin intensivliyinin yüksəlib, kəçilməsi ilə tamamilə uyğun gəlir, demək olar ki, üst-üstə düşür. Deməli, belə nəticəyə gəlmək olar ki, ERP spektroskopiyası metodu ilə qeydə alınan EPR spektrlərinin parametrlərinin davranışı və dəyişmə xüsusiyyətləri və optik spektroskopiyaya arasında mühüm əlaqə mövcuddur. İşıqla generasiya olunan və müşahidə edilən effektlər dönmə olduqları üçün və işığın təsirini kimyəvi oksidləşdiricilərlə imitasiya etmək mümkün olduğu üçün belə bir fikri qəbul etmək olar ki, bu sərbəst radikal bakterioxlorofilin müsbət ionudur [233, s.309-311].

Aşkar olunmuşdur ki, işığın müxtəlif intensivliklərinin təsiri ilə induksiya olunan oksidləşmə - reduksiya çevrilmələrinin reaksiyaları, fotosintez prosesinin həyata keçirdiyi yaşıl bitkilərdə bakterial fotosintez prosesi ilə müqayisədə daha mürəkkəbdir. Müxtəlif ədəbiyyat məlumatlarına görə, həmçinin artıq qəbul edilmiş və geniş yayılmış təsəvvürlərə, fikirlərə görə fotosintetik prosesdə ardıcıl və müştərək işləyən iki fotosistem mövcuddur. Onlardan biri fotosistem 1 (FS 1) adlanır. FS 1 fotosintetik prosesi çox güclü reduksiyaedici ilə təmin etmək imkanına malikdir ki, bunun da sayəsində CO₂-nin qəbul olunmasını təmin edir. Digər fotosistem uyğun olaraq

fotosistem 2 (FS2) adlanırlar. Bu fotosistem molekulyar oksigenin (O₂) yaranmasını həyata keçirir [7, s.120-121], [50, s.8-9], [217, s.65-66].

Yaşıl bitkilərin yarpaqlarından hazırlanmış suspenziyadan iki EPR siqnalı qeydə alınır. Belə siqnallar, həmçinin yosunların xloroplastlarında da yaranır. Yaşıl bitkilərin yarpaqlarından yaranan siqnal işıqda tez yaranır və qaranlıqda bu siqnalın intensivliyi bir neçə saniyə ərzində kiçilməyə başlayır. Yaranan siqnalın g-faktorunun qiyməti $g = 2,0025$ və rezonans xəttinin eninin qiyməti $\Delta H_{\max} \approx 8 \text{ Qs}$ - a uyğundur. Nümunəni işıqlandırdıqda ikinci siqnal da yaranır və amplitudu böyüyür. Lakin qaranlıqda bu siqnalın amplitudu bir neçə saatın ərzində tədricən aşağı düşür. Bu siqnal üçün uyğun parametrlər: $g = 2,0044$ və $\Delta H_{\max} \approx 20 \text{ Qs}$ [143, s.68-70]. Bu siqnalda müəyyən ifratincə quruluş görmək olur. Birinci siqnal fotosintezedici bakteriyaların işığın təsiri ilə verdiyi siqnal ilə əhəmiyyətli dərəcədə oxşarlığa malikdir. Kinetik olaraq o özünü 700 nm-də udulma zolağının maksimumu olan xlorofil a-nın komponenti kimi aparır. Ən böyük ehtimal ondan ibarət olur ki, birinci (I) siqnal xlorofil a-nın kation-radikalından gəlir, çünki xlorofil a-nın *in vivo* kimyəvi oksidləşməsi zamanı EPR siqnalı və 700 nm-də udulmanın dəyişmələri meydana çıxır və bunlar da *in vivo* işıqla yaranan dəyişmələrə çox oxşayırlar [143, s.67-69], [220, s.47-48].

İkinci siqnalın parametrləri (g-faktoru və ΔH - siqnalın eni) semixinon radikalına və fenoksil tipli radikala uyğun gəlir [218, s.511]. Müəyyən edilmişdir ki, plastoxromanoksil sərbəst radikallarının dondurulmuş məhlulları ikinci siqnala çox yaxın olan siqnal verir. Kifayət qədər etibarlı məlumat mənbələri var, hansılar ki, birinci siqnalın fotosistem 1 ilə, ikinci siqnalın isə fotosistem 2 ilə bağlı olduğunu göstərir. Bu nəticələr bu və ya digər fotosistemin olmadığı mutant yosunlarda aparılmış təcrübələrə əsaslanmışdır [228, s.15-17], [217, s.65-67], [218, s.511-512], [227, s.238].

EPR üsulu ilə bioloji obyektlərin tədqiqi sahəsində ötən əsrin 50-ci illərində ilk elmi işlər aparılmışdır. B.Kommoner 1954-cü ildə bioloji obyektlərdə EPR siqnallarını qeydə almışdır. Avropada isə EPR spektroskopiyası üsulunun bioloji obyektlərin öyrənilməsində tətbiqi 1955-ci ilə təsadüf edir. Bu işin müəllifləri məşhur biofizik alim L.A.Blümenfeld və onun əməkdaşı A.İ.Kalmanson olmuşlar. Onların tədqiqatlarından sonra EPR üsulu biologiyanın müxtəlif sahələrində, o cümlədən biofizika və biotibb

sahəsində yeni məlumatlar almağa imkan verdi [219, s.163-165], [229, s.400], [216, s.20-21].

Onu da qeyd etmək lazımdır ki, EPR spektroskopiyası üsulu fotosintetik aparatın işləmə prinsipi, ENZ – də baş verən funksional proseslərin tədqiqində önəmli rol oynamışdır [228, s.15-16], [216, s.332-333].

Ali bitki hüceyrələrinin xloroplastlarında fotosintetik aparatda baş verən müəyyən hadisələrin öyrənilməsində EPR spektroskopiyası metodunun əhəmiyyəti danılmazdır. Müəyyən edilmişdir ki, xloroplastlarda qeydə alınan EPR spektrləri, həmçinin kinetik ayrılar uyğun olaraq, parametrlərinə və müxtəlif təsir faktorlarına görə kifayət qədər fərqlənirlər. Xloroplastlara müxtəlif intensivlikli işıqla təsir edən zaman EPR spektrlərində yaranan dəyişiklikləri araşdıraraq, ENZ - də baş verən proseslər haqqında məlumatlar alınmışdır [227, s.238-240], [130, s.1046-1048], [219, s.182-183].

EPR spektroskopiyası üsulu ilə nümunələrin spektrləri qeydə alınarkən temperatur rejiminin düzgün müəyyən edilməsi vacib şərtlərdən biridir. Məsələn, elektron daşıyıcılarının EPR spektrlərinin qeydə alınması üçün qeydiyyat əsasən kiçik temperaturlarda aparılmalıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, bu elektron daşıyıcıları metal ionlarında yerləşən cütlənməmiş elektronlara malikdirlər. Qeydiyyatın kiçik temperaturda aparılmasının vacibliyi bir çox bioloji və canlı sistemlərdə paramaqnit metal ionları üçün cütlənməmiş elektronların ətraf mühitlə güclü istilik əlaqəsinin olması ilə əlaqədardır. Nəticədə EPR siqnalı genişlənir və nəticə etibarlı ilə də uyğun olaraq EPR siqnalının intensivliyi kiçilir. Buna görə də, metal tərkibli elektron daşıyıcılarının çoxu otaq temperaturunda praktiki olaraq, görünməz olan çox geniş siqnallar verirlər. Beləliklə, EPR üsulunun köməyi ilə fotosistemlərin funksional vəziyyəti haqqında fikir yürütmək olar [1, s.66].

Sabit bir maqnit sahəsi tətbiq edildikdə maqnit momentlərinin hər biri özünü maqnit kimi aparır və elektronların sahib olduqları spin miqdarlarına görə mümkün olan enerji səviyyələrinə yayılırlar. Bu səviyyələr arasındakı enerji fərqi Larmor tezliyi ilə mütənasibdir. Mikrodalğalı tezlik Larmor tezliyinə bərabər olduqda rezonans yaranır. Belə olan halda elektronların enerji udaraq səviyyələr arasında keçidi baş verir. Elektromaqnit dalğasının enerjisinin udulması seçimli (rezonans) xarakter daşıyır: yəni

udulma maqnit sahəsinin induksiyasının və elektromaqnit sahəsinin tezliyinin ancaq müəyyən qiymətlərində baş verir. Bu vəziyyətdə olan tezliyə “rezonans tezliyi” və müvafiq sabit maqnit sahəsinə “rezonans sahəsi” deyilir [211, s.73-74].

Mikrodalğalı tezlik ilə elektron tərəfindən udulan enerji fərqi arasında əlaqə mövcuddur və bu əlaqə rezonans şərti hesab olunur. Fərqli maqnit mühitləri ilə birləşmiş elektronlar fərqli g- faktora malikdirlər (spektroskopik parçalanma faktoru). Buna görə də EPR signalının g – faktoru çox vacib bir parametrdir. g – faktor tədqiq olunan nümunənin elektrik, maqnit və struktur xüsusiyyətləri haqqında məlumat verir [220, s.57-58].

EPR sərbəst radikalların aşkarlanmasında istifadə olunan yeganə metoddur. Demək olar ki, bütün təbiət elmlərində, tibdə və xüsusilə də biotexnologiyada bu metod tətbiq olunur.

Elektronlar bağlı olduqları nüvə ətrafında dövr edərkən öz oxları ətrafında fırlanır (spin hərəkəti) və əks istiqamətdə spin hərəkəti edən elektron cütləri şəklində mövcuddurlar. Bunlardan birinin yerindən qopması nəticəsində bir elektron qalır. Buna “cütlənməmiş elektron” da deyilir. Belə bir elektronun spin hərəkəti bu elektrona maqnit xassəsi verir və bu elektron kiçik bir maqnit kimi də qəbul oluna bilər. Bu xüsusiyyəti olan maddələr “paramaqnit” maddələr adlanır. Əgər tədqiq olunan maddə maqnit sahəsinə yerləşdirilmirsə, onda bu halda maddənin tərkibində olan maqnit hissəcikləri təsadüfi istiqamətlənmiş olurlar. Lakin tədqiqat nümunəsi rezonatora yerləşdirilərsə artıq bu halda maddənin tərkibində olan maqnit hissəcikləri maqnit sahəsi istiqamətində və yaxud maqnit sahəsinə əks istiqamətdə yönəlmiş olurlar.

Maqnit sahəsi H olarsa, H-ın əks istiqamətinə yönəldilmiş enerjinin miqdarı eyni nisbətdə azalacaq [91, s.1249-1250].

Elektronun maqnit momenti μ aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\mu = 1/2 g \beta$$

Burada,

1/2 – spin kvant sayı,

β – magneton Bor

g – elektronun nüvə ətrafında dövr etməsinin və spin hərəkətinin maqnit

xüsusiyyətinə qatqı dərəcəsini göstərən faktordur.

EPR spektroskopiyasının iş prinsipi güclü maqnit sahəsindəki cütlənməmiş elektronun mikrodalğalı şüa adsorbsiyasına əsaslanır. EPR metodu ilə cütlənməmiş elektronları olan hissəciklər aşkar oluna bilərlər. Bunlara sərbəst radikallar, tək elektronlu molekullar, keçid metalları və s. aiddirlər [50, s. 14-15].

Lakin məlumdur ki, bir çox molekullar cüt sayda elektrona malikdirlər və iki spin vəziyyətinin sayı bir-birinə bərabər olduğundan (yəni spinlər cütləşir) Elektron Spin Rezonans spektri vermir, çünki elektron spininin maqnit təsirləri bir-birini yox edir. Bu tip materiallar nüvələr ətrafında elektronların "orbital hərəkəti" nəticəsində yaranan kiçik sahələr səbəbindən diamagnitdirlər [220, s.47-48].

Əksinə, cütlənməmiş elektronun fırlanması tətbiq olunan sahəni gücləndirən istiqamətdə bir sahə meydana gətirir. Bu paramaqnit təsir diamagnit təsirdən daha çoxdur. Elektronun enerji səviyyələrinə ayrılması maqnit sahəsində baş verir, bu parçalanma mikrodalğalı adsorbsiya ilə müşahidə edilə bilər [216, s.321].

1.4. Biominerallaşma hadisəsinin mahiyyəti

Biominerallaşma – orqanizmlərin mineral əmələ gətirmə proseslərinə aiddir və həm qeyri-üzvi, həm də üzvi dünyanı əhatə edən son dərəcə çoxistiqamətli bir sahədir. Biominerallaşma canlı orqanizmlərin mövcud toxumaları sərtləşdirmək və ya gücləndirmək üçün minerallar formalaşdırdığı bir prosesdir. Bu cür toxumalar minerallaşmış toxumalar adlanır. Bu, son dərəcə geniş yayılmış bir hadisədir, bütün altı taksonomik qrupa daxil olan üzvlər minerallar əmələ gətirəbilmə qabiliyyətinə malikdirlər və orqanizmlərdə 60-dan çox müxtəlif minerallar müəyyən edilmişdir. Məsələn, müəyyən edilmişdir ki, onurğasızlarda karbonat, onurğalılarda kalsium - fosfat və karbonat mineralları, yosunlarda və diatomlarda silikatlar yaranır. Bu minerallar müxtəlif canlılarda müxtəlif strukturların (sümük, diş, çanaq, iynələr və s.) yaranmasına gətirirlər. Aşkar edilmişdir ki, son bir neçə milyon ildir canlı orqanizmlər minerallaşmış sümüklər, skeletlər formalaşdırırlar. Minerallar kristallik və ya qeyri-kristallik olur. Kristallik minerallara aid kalsium karbonat (CaCO_3) və kalsium fosfatı

(Ca₃(PO₄)₂) göstərmək olar. Qeyri-kristallik minerallara isə süngərləri, diatomları və s. aid etmək olar ki, onlar da silisium tərkibli orqanizmlərdir.

Digər nümunələrə isə bakteriyaların iştirak etdiyi mis, dəmir və qızıl yataqlarının aid olduğunu demək olar. Bioloji yol ilə formalaşan minerallar, adətən xüsusi istifadə üsullarına və mühüm tətbiq imkanlarına malikdirlər. Məsələn, maqnetotaktik bakteriyalardakı maqnit sensorlar (Fe₃O₄), cazibə qüvvəsini ölçən cihazlar (CaCO₃, CaSO₄, BaSO₄), həmçinin dəmirin saxlanması və sərf edilməsi (ferritin zülalında da Fe₂O₃ • H₂O) buna aiddirlər [116, s.1-2].

Ən çox yayılmış biominerallara sümük və çanaqların strukturunun qorunması üçün istifadə olunan kalsiumun fosfat və karbonat duzları aiddirlər. Onların quruluşları bir və ya bir neçə nanometrdən makroskopik qiymətlərə qədər yüksək səviyyədə idarə olunurlar. Bu hal da öz növbəsində çoxfunksiyalı xüsusiyyətlərə malik olan mürəkkəb quruluşların yaranmasına gətirir. Bioloji cəhətdən idarə olunan biominerallaşma mexanizmlərinin öyrənilməsinə böyük maraq vardır və müasir dövrdə bu sahədə bir çox işlər yerinə yetirilir [173, s.175-181].

Kalsium karbonat, kalsium fosfat və ya silisiumdan ibarət olan biominerallar dəstək, müdafiə və qidalanma kimi müxtəlif funksiyaları yerinə yetirirlər [190, s.258]. Biomineralların bakteriyalarda rolu nisbətən az öyrənilmişdir. Ədəbiyyat məlumatlarına görə hüceyrələr onları özlərinin aralıq məhsulları tərəfindən mənimsənilməsinin qarşısını almaq üçün yaratmışlar [173, s.125; s.144]. Dəmir oksidi hissəcikləri də, həmçinin onların maddələr mübadiləsini sürətləndirə bilər.

Biominerallaşma prosesi, ümumilikdə canlı orqanizmlərin öz sərt toxumalarının qeyri-üzvi materiallarını sintez etdikləri mürəkkəb bioloji prosesə aiddir. Normal (patolojiddən fərqli olaraq) biominerallaşma adətən yüksək dərəcəli spesifiklik və nəzarət ilə xarakterizə olunur ki, bu da mineral və üzvi tərkiblər arasında müxtəlif iyerarxik səviyyələrdə qarşılıqlı təsir zamanı çıxır və sümük, eləcə də diş kimi “normal” biomaterialların nüvələnməsini, böyüməsini və morfologiyasını istiqamətləndirir. Bu üzvi/mineral biokompozitlərin quruluşu və yaranma mexanizmi, həmçinin müxtəlif orqanizmlər tərəfindən istehsal olunan olduqca mürəkkəb kristal morfolojiyalarının heyrtləndirici müxtəlifliyi və gözəlliyi klassik və müasir

ədəbiyyatlarda ətraflı təsvir edilmişdir [61, s.1-2], [239, s.1-2]. Sümüklərdə və dişlərdə bioloji cəhətdən nəzarət olunan minerallaşma ilə əlaqəli olan amorf fazaların rolunu vurğulayaraq biominerallaşma ilə bağlı bir qədər fərqli nöqteyi-nəzərdən fikirlər irəli sürülmüşdür.

Müxtəlif yetişmə mərhələlərində minerallaşmış toxumalarda aşkar olunan müxtəlif kalsium fosfatların həll olunması sistemləşdirilmişdir. Sümük skelet üçün dəstək funksiyasından başqa, orqanizmin mayesinin ion tərkibinin tənzimlənməsində mühüm bir metabolik funksiyanı təmin edir. Sümük və dişlərdəki mineral faza apatit nanokristallarından ibarətdir ki, bunlar da nəinki bu biokompozitlərin əhəmiyyətli mexaniki xassələri üçün həlledici rol oynayır, həmçinin həllolmanın bəzi qeyri-adi xassələrini nümayiş etdirirlər [61, s.12-13]. Baxmayaraq ki, adətən bu nanokristalların üzvi matrislə sıx əlaqəsi hesabına sabitləşdiyi və beləliklə də kollagen xaric edildikdən sonra qeyri-sabit olması hesab olunur (məsələn, bioloji sümük rezorbsiyasını təmin edən fermentlərin ifraz etməsi nəticəsində), onların həll olunmasının kinetikasının araşdırmaları göstərmişdir ki, onlar hətta doymamış halda dinamik stabilizə edilmiş (yəni artıq həll olmurlar) ola bilirlər [23, s.53]. Təbii quruluşlarına görə müxtəlif olan, bir-birindən fərqlənən bu təbii varlıqlar təbiətin qeyri-adi, heyvətəməz nümunələridirlər.

Bunlara çeynəmə və hərəkət funksiyalarını yerinə yetirən uyğun olaraq, diş və sümüklər, qoruma funksiyalarını yerinə yetirən qabıq, çanaq, iynələr və s. aid edilə bilər. Bu nümunələr çox bərk və davamlıdırlar. Müasir dövrdə, hətta alimlər biominerallaşmanın məhsulu olan bu maddələrə və materiallara oxşar materiallar yaratmaq üzərində işləyirlər [158, s.336-337], [92, s.1].

Yüksək impakt faktorlu və yüksək istinad edilən PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences. Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri) jurnalında professor Pup Hilbert (Pupa Gilbert) və onun rəhbərliyi altında Viskonsin-Madison Universitetindən (ABŞ) bir qrup alim tərəfindən dəniz kirpili ilə kalsium karbonatın boru və çayniqlərdə əhəng çöküntüləri yaradan materiala – dəniz sakinlərinin möhkəm çanaq və tikanlarını yaradan kristal maddələrə transformasiyası prosesi barədə məlumat verilmişdir. Müəlliflər belə ehtimal edirlər ki, bu mexanizm biominerallaşma

hadisəsinin əsas və önəmli prinsipini düzgün və hərtərəfli təsvir edir [116, s.2-5].



Şəkil 1.4.1. Biominerallaşma nəticəsində yaranan və qoruyucu funksiyanı yerinə yetirən kirpi tikanları (mənbə: NanoNewsNet)

Biominerallaşma sahəsində aparılan araşdırmaların məqsədləri tədqiqatçıları çox düşündürür. Professor Hilbert öz işlərində bu sahədə aparılan tədqiqatların mühümlüyünü təsvir edərək bildirir ki, əgər bioloji minerallaşma hadisəsini insanlar yerinə yetirə bilsələr, bu, elm və texnologiyanın inkişafında çox mühüm perspektivlərə gətirə bilər. Tədqiqatçı-alim bu prosesi “aşağıdan-yuxarı” prinsipinə yaxın tutaraq onu yeni nanotexnoloji hadisələrlə əlaqələndirmişdir. Professor Hilbert beynəlxalq əməkdaşlığa üstünlük verərək, dünyanın bir çox aparıcı elmi-tədqiqat müəssisələri və təşkilatları, həmçinin tədqiqatçı-alimləri ilə iş birliyi quraraq kompleks araşdırmalar aparmışdır. Professor beynəlxalq elmi təşkilatlardan olan həmkarlar ilə əməkdaşlıq edərək biominerallaşmanın məhsulu olan bir sıra obyektləri, o cümlədən dəniz kirpilərinin iynələrini araşdırmış və onları sürfə mərhələsindən dərialtı endoskeletdə iti kristal çıxıntılar yaranana qədər tədqiq etmişdir. Məməlilərdə çeynəmə funksiyasını yerinə yetirən dişlər və hərəkət funksiyasını yerinə yetirən sümüklər, malyuskların qoruma funksiyasını yerinə yetirən çanaqlar, kirpilərin eyni funksiyaları həyata keçirən iynələr üzvi və qeyri-üzvi birləşmələrdən və eyni zamanda, dəniz və okean sularında geniş yayılmış kalsium, oksigen və karbondan ibarət olan biominerallardır. Aşkar edilmişdir ki, dəniz kirpilərinin müdafiə funksiyasını yerinə yetirən və inkişafını tam başa çatdırmış iynələri unikal morfolojiyaya malik olan biomaterialdir. Qeyri-adi

quruluşa malik olan bu monokristallar formalaşdıqları vaxtdan təqribən 48 saat sonra Mercedes loqosuna bənzər olan bir struktura çevrilirlər [92, s.12-15].

Bioloji minerallaşma hadisəsinin məhsulu olan bir çox kristallik quruluşa malik olan biomateriallar olan ilbizlərin, molyuskaların çanağı, dəniz kirpələrinin iynələri, sümüklər, dəniz sakinlərinin sümükləri və s. strukturlar qeyri-bioloji proseslər nəticəsində yaranan kristallik materiallardan tamamilə fərqlənirlər. Orqanizmlərin quruluşlarının belə funksional və qeyri-adi morfoloji xüsusiyyətlərə malik olması bir neçə mərhələdən keçir. İlk növbədə bu orqanizmlər amorf mineral çöküntülər istehsal edirlər. Növbəti mərhələdə isə yaranmış mineral çöküntülər tədricən xüsusi qəfəsli kristallik struktura çevrilirlər. Bu kristallik quruluşlar qeyri-adi morfolojiyanı saxlayan və eyni zamanda atomları nizamlı düzölmüş xüsusi qəfəsli formaya malikdirlər [58, s.97-99], [61, s.5-7].

Amorf maddələrin kristal maddələrə çevrilməsinin mexanizmi Hilbert və onun həmkarları tərəfindən aparılan tədqiqatlarda hərtərəfli araşdırılmışdır. Biominerallaşma hadisəsinin mahiyyətini, mexanizmini öyrənməyi qarşıya məqsəd qoyan alim və tədqiqatçılar qrupu tədqiqat obyektini olaraq model sistem kimi dəniz kirpələrini seçmiş və onların biominerallaşma hadisəsi nəticəsində yaranan iynələrini tədqiq etmişdilər. İlk dəfə olaraq, bu alim qrupu dəniz kirpələrinin metabolizmində kalsium elementinin mövcud olduğunu aşkar etmişdilər. Tədqiqatçılar qrupu tərəfindən bu istiqamətdə araşdırmalar davam etdirilmiş və müxtəlif kristallik quruluşlu biomateriallarda, məsələn, çanaqlarda, dişlərdə, sümüklərdə alınan nəticələr öz təsdiqini taparaq sübut edilmişdir [201, s. 4-6].

Məlum olmuşdur ki, biominerallaşma nəticəsində yaranan kristal quruluşlu biomateriallar onların yarandığı ilkin məhsullarla müqayisədə daha çox davamlı olurlar. Bu proses ilk növbədə amorf mineralın kristal minerala çevrilməsi ilə başlayır. Alimlər bu hadisənin hər mərhələsini nəzarətdə saxlamış, davamlı izləmişlər. Onlar ardıcıl müşahidələr nəticəsində belə qənaətə gəlmişlər ki, amorf hissəciklər aqreqasiyaya uğrayaraq davamlı morfolojiyaya malik struktur əmələ gətirirlər.

Alimlər belə fikirlər, mülahizələr irəli sürürlər ki, bu sahədə aşkar olunan yeni məlumatlar, o cümlədən yeni biliklər biomineralların yaranma mexanizmini

aydınlaşdırmağa imkan verəcək və bu proseslərin öyrənilməsi insan fəaliyyətinin bir çox sahələrində tətbiq olunan yeni kristal quruluşlu biostrukturların yaradılması üçün perspektivlərə və yeni elmi uğurlara yol açacaq [85, s.278], [67, s.217-218].

Qeyd etdiyimiz kimi biominerallaşma – canlı orqanizmin toxumalarının mexaniki olaraq sərtləşməsi, maqnit və ya cəzətmə və eləcə də elementlərin saxlanması kimi müxtəlif funksional məqsədlər üçün minerallar istehsal etməsidir. Başqa sözlə desək, biominerallaşma sümük, diş və qabıq kimi müəyyən edilmiş və funksional strukturu ilə yaxşı təşkil olunmuş biominerallar yaradan bir osteogenik prosesdir. Həm üzvi, həm də qeyri-üzvi komponentlərin minerallaşmış toxumaların meydana gəlməsində həyati rol oynadığı sübut edilmişdir. Müasir dövrdə bioloji minerallaşma sahəsində aparılan tədqiqat işlərini onların yerinə yetirdikləri funksiyalara görə iki mühüm kateqoriyaya ayırmaq qəbul olunmuşdur: a) birinci kateqoriyaya aid olan tədqiqatlar əsasən *in vivo* tədqiqatlarını əhatə edir. Bu kateqoriyada canlı orqanizmin inkişafının və fəaliyyətinin müxtəlif mərhələlərində *onların* strukturlarının, morfologiyasının, tərkibinin və s. öyrənilməsi həyata keçirilir. b) ikinci kateqoriya isə mineralların böyüməsinin, inkişafının, onların faza keçidinin öyrənilməsi ilə əlaqədardır.

Biomineralların bir orqanizm tərəfindən bioloji funksiyalar üçün istifadə edilməsinə və ya bir orqanizmin maddələr mübadiləsinin yan məhsulu olmasına görə bioloji nəzarətdə olan minerallaşma və ya bioloji indeksləşdirilmiş minerallaşma kimi təsnif edilə bilər. Nəzarətdə olan minerallaşmaya maqnetotaktik bakteriyalar aiddir. Bioloji cəhətdən idarə olunan minerallaşmanın ən maraqlı nümunələrindən biri maqnetotaktik bakteriyaların tərkibindəki maqnitosomlarda maqnit nanokristalların əmələ gəlməsidir. Bu orqanizmlərdə maqnitosomların meydana gəlməsi maqnetik mineralların canlı aləmdə çox geniş yayılması ilə əlaqəli sənədləşdirilmiş bir nümunədir [73, s.1-3].

Maqnetit (Fe_3O_4) və magemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) nanohissəcikləri canlı orqanizmlərdə hüceyrədaxili ferrimaqnit tərkibli nano ölçülü hissəciklərdir. Bu nanohissəciklərin biominerallaşması bir çox canlı orqanizmlərdə, məsələn, müxtəlif bitki növlərində, ilbizlərdə, balıqlarda və hətta insanlarda baş verə bilər [144, s. 175], [147, s.1], [185, s.205].

Bakteriyalarda biominerallaşma hadisəsi. Maqnit nanohissəcikləri təbiətdə geniş yayılmışlar və bir sıra bioloji materiallarda, canlı sistemlərdə onlara rast gəlmək mümkün olur. Məlumdur ki, müasir dövrümüzdə nanotexnologiyanın inkişafı ilə əlaqədar müxtəlif üsulların köməyi ilə - bioloji, fiziki və kimyəvi üsullar ilə maqnit nanohissəciklərinin sintezi həyata keçirilir. Sintezin həyata keçirilməsinə qədər də bu nanohissəciklər bir çox təbii bioloji materialların, komplekslərin tərkibində mövcud olmuşdular. Nanotexnologiya sahəsində sürətli irəliləyiş nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, maqnit nanohissəcikləri (Fe_3O_4 - maqnetit və γ - Fe_2O_3 - magemit) metabolizm və canlı orqanizmlərin fəaliyyəti prosesində müəyyən mühüm rol oynayırlar. Müəyyən edildi ki, maqnit nanohissəciklərinə bəzi bitki növlərində, bəzi bakteriyalarda, göbələklərdə, quşlarda və s. canlı orqanizmlərdə rast gəlmək olar. Məlum olmuşdur ki, canlı orqanizmdə olan maqnit nanohissəcikləri yerin maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsirdə ola bilirlər və beləliklə də informasiyanı orqanizmin digər bioreseptorlarına çatdırı bilirlər [147, s.1], [183, s.1-3]. Enerji taksisləri hərəkətli bakteriyalarda geniş yayılmışdır və bəzi növlərdə məlum olan yeganə davranış reaksiyasıdır. Bakteriyalar hüceyrə enerji səviyyələrini izləyir və enerjinin azalmasına hüceyrələri bərpa edən mikromühitə üzərək cavab verirlər. Maqnetotaktik bakteriyalar aerotaksisdən istifadə edirlər, bu da oksigen konsentrasiyası zonasına doğru üzüməyə üstünlük verən oksigen konsentrasiyasındakı dəyişikliklərə cavabdır. Məsələn, maqnetotaktik kokslar, yerli maqnit sahə xətləri boyunca, eləcə də davamlı olaraq geomaqnit sahə xətləri boyunca üzürlər [241, s. 2070-2071].

Maqnetotaktik bakteriyaların kəşfi müxtəlif istiqamətlərdə çalışan alimləri – mikrobioloqları, kimyaçıları, fizikləri, mühəndisləri çox maraqlandırdı və bu sahəyə diqqəti artırdı. Məlum oldu ki, bu bakteriyalar məxsusi keyfiyyətlərə və xassələrə malikdirlər, onlar geomaqnit sahə xətləri boyunca istiqamətlənirlər və hərəkət edə bilirlər. Onların bu qeyri-adi “istedadı” nanoölçülü, membrana bağlı kristallardan ibarət olan maqnetosomlara əsaslanır [115, s. 86]. Minerallaşma hadisəsində dəmirin yığılması üzərində bioloji nəzarət prosesi mühümdür və mineralların hüceyrədəki müəyyən yerlərdə bir membran vezikulu içərisində xüsusi ölçü və istiqamətləndirmə ilə çökməsi nəticəsində əldə edilir [156, s.232-234].

Bəzi bioloji minerallara molyuskalarda, balıqlarda, meduzalarda, bitkilərdə, süngərlərdə, diatomlarda, dişlərdə, sümüklərdə və s. rast gəlinir.



Şəkil 1.4.2. Maqnetotaktik bakteriyalarda maqnetosomlar
(mənbə: [wiki/Magnetosome](https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetosome))

Dəmir mineral hissəcikləri maqnetitdən (Fe_3O_4) ibarətdir. Hissəciklər zəncir istiqaməti boyunca kristal oxu üzrə yönəlmişdir. Hissəciklərin ölçüləri, adətən 35-120 nm-ə bərabər olur. Kiçik kristallar superparamaqnitdirlər – yəni ətraf mühitin temperaturunda daimi maqnit deyil və domen divarları daha böyük kristallarda əmələ gəlir [64, s. e01278].

Maqnetosomlar quruluş etibarilə ikiqat lipid təbəqə ilə əhatə olunublar və şəkildən görüldüyü kimi sıra ilə düzülmüş maqnetit kristallarından ibarətdirlər (şəkil 1.4.2). Bu maqnetosomlar hər birinin uzunluğu təxminən 40-50 nm olan 15-20 maqnetit kristalından yaranır (şəkil 1.4.2). Lakin bu rəqəmlər təbii ki, sabit deyillər, ətraf mühitin müəyyən şəraitlərinə görə dəyişilə bilərlər.

Maqnetotaktik bakteriyalarda maqnetosomların əmələ gətirdikləri zəncirlər bir və ya daha çox sayda ola bilər. Maqnetosomların əmələ gətirdikləri zəncirdə maqnetosom kristalları arasında maqnit qarşılıqlı təsiri mövcuddur. Maqnetosomlar özlərini xətti olaraq düzəldir və MamK zülalı tərəfindən membrana bərkidilir. Birlikdə işləyərkən hər kiçik maqnit dipolun birləşməsi maqnetosom zəncirinin bakteriyaları optimal

istiqlamətdə fırladaraq maqnit işarələrindən istifadə etməsini təmin edir. Fiziki olaraq, maqnit sahəsi hərəkətsiz maqnetosom zəncirinin vasitəsilə hüceyrənin maqnit sahə xətləri ilə döndərməsinə və istiqamətini düzəltməsinə imkan verir [191, s.1-14].

İlbizlərdə çanağın meydana gəlməsi. İlbizlərdə çanağın əmələ gəlməsi maraqlı doğuran bir prosesdir. İlbizlərin çanağı biogen məhsul hesab edilir və qeyri-adi xassələrinə görə maraqlı tədqiqat obyektidir. Həmçinin ilbizlərin çanağı biominerallaşma sahəsində tədqiqatlarda model xarakter daşdığına görə mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Araşdırmalar göstərmiş ki, ilbizin çanağının çəkisinin təqribən 95-99 % -ni kalsium karbonat təşkil edir, qalan 1–5% isə üzvi hissədən ibarətdir. Yaranan kompozit kristallara nisbətən təxminən 3000 dəfə çox sərtliyə malikdir [129, s.1-2], [114, s.1099-1100]. İlbizin çanağının biominerallaşmasında önəm daşıyan xüsusi zülallar böyük rol oynayır. Bu zülallar kristallıq quruluşların yaranmasının idarə olunmasına, növünə, morfolojiyasına və böyümə dinamikasına cavabdeh olurlar. Bu cavabdehlik nəticə etibarilə çanağa mexaniki davamlılıq və möhkəmlik verir. İlbizin çanağının quruluşundan bəhs olunan biomimetik prinsiplərin tətbiqi, inkişaf etmiş optik, elektron və ya struktur xüsusiyyətləri olan yeni kompozit materialların istehsalına kömək edə bilər [207, s.1].

Göbələlərdə mineral istehsalı və deqradasiyası. Göbələlərin mühüm və əhəmiyyətli rolunu araşdıran "geomikologiya" bölməsi göstərmişdir ki, göbələlər biominerallaşma, bioparçalanma proseslərində iştirak edir [48, s.109-110]. Göbələlərin biominerallaşmadakı rolunu tədqiq edərkən aşkar edilmişdir ki, göbələlər zülal kimi üzvi matrisin köməyi ilə biominerallar toplayır. Belə ki, üzvi matrisin növündə biomineralların toplanması üçün ayrıca bir sahə yaratdığı məlum olmuşdur [136, s.1-2]. Göbələk inkişaf edən zaman $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ və CuCl_2 qarışığından istehsal olunan mis karbonat kimi mürəkkəbli mineral çökdürülər yarada bilər. Mis karbonatın istehsalı göbələlər tərəfindən hazırlanan və ifraz olunan zülalların iştirakı ilə baş verir. Hüceyrə xaricində tapılan bu göbələk zülalları göbələlər tərəfindən yaradılmış (çökdürülmüş) karbonat minerallarının ölçü və morfolojiyasının müəyyən edilməsində rol oynayır. Karbonat mineralların yaranmasından başqa göbələlər,

həmçinin bu proses üçün substrat rolunu oynayan üzvi fosforun iştirakı ilə uran tərkibli fosfat biominerallarını yarada bilər [166, s.1-2].

Göbələklər miseliy kimi tanınan bir hifal matris meydana gətirirlər ki, bu da çökmüş uran mineralları lokallaşdırır və toplayır. Uran canlı orqanizmlər üçün zəhərli hesab olunsada *Aspergillus niger* və *Paecilomyces javanicus* kimi göbələklər buna qarşı dözümlü ola bilər. Minerallar göbələklər tərəfindən istehsal oluna bilsə də onlar, həmçinin əsasən oksalat turşusu istehsal edən göbələk ştamları ilə parçalana bilər [168, s.2064]. Üç üzvi turşu istehsal edən göbələklər – *Aspergillus niger*, *Serpula himantioides* və *Trametes versicolor* üçün qlükozanın iştirakı oksalat turşu istehsalını artırır. Bu göbələklərin apatit və qalena minerallarını aşındırdığı aşkar edilmişdir [62, s.269].

Göbələklər tərəfindən mineralların parçalanması regenerasiya kimi tanınan bir proses vasitəsilə həyata keçirilir. Tədqiq olunan göbələklər tərəfindən oksalat turşusu ən çox *Aspergillus niger*, ardından *Serpula himantioides* və nəhayət *Trametes versicolor* tərəfindən ifraz olunur [62, s.272-274; s.279]. Müəyyən göbələk qruplarının bu imkanları korroziyaya böyük təsir göstərir, bu da bir çox sənaye müəssisələri və iqtisadiyyat üçün böyük maddi problemdir.

Bitkilərdə biominerallaşma hadisəsi. Bitkilər aləmində də biominerallaşma hadisəsi mühüm rol oynayır və geniş yayılmışdır. Bitkilərdə, əsasən kalsium oksalat kristalları, kalsium karbonat və silisium biomineral növlərinə rast gəlinir ki, bunlar da bitkilərin həyat fəaliyyətlərində müəyyən funksiyaları yerinə yetirirlər. Bu funksiyalar biomineralların quruluşundan, ölçüsündən, tərkibindən və s. amillərdən asılı olaraq yenidən dəyişilə bilər [104, s. 1].

Biominerallaşma hadisəsi bitkilərin inkişafında, ümumiyyətlə həyatında böyük əhəmiyyət daşıyır. Xüsusilə fotosintez optimallaşdırmaq üçün işıq toplama və səpilmə, ağır metalları zərərsizləşdirmək və s. funksiyalar, otyeyənlərdən qorunma və bir çox başqa fizioloji və ekoloji əhəmiyyət kəsb edən rola maldirlər [67, s.199-200].

Biominerallar Fe, Mn, Ca və Mg daxil olmaqla bir sıra metal ionlarından əmələ gələ bilər. Dünyada altmışdan çox müxtəlif bioloji mineral məhsullar məlumdur. Təkcə

kalsium karbonatlar və fosfatlar sümüklər, dişlər, tikanlar da daxil olmaqla biomineral dünyasının böyük bir hissəsini təşkil edirlər [122, s. 166-167].

Qeyd etmək lazımdır ki, kalsium oksalat – oksalat turşusu və kalsium ionlarının reaksiyasından yaranır və oksalat turşusunun özü də otqeyən heyvanlar üçün təsirli bir maneədir. Ən azı dörd fərqli biokimyəvi yolun bitkilərdə oksalatın sintezi ilə nəticələndiyi göstərilmişdir [122, s.171]. *Yucca torreyi L.* (Yukka-tori – həmişəyaşıl nəhəng kol bitkisidir, görünüşcə palmaya bənzəyir, vətəni Meksikadır) köklərinə tətbiq olunan radiokarbon etiketli askorbin turşusundan istifadə; vakuol kristal paketlərinə daxil edilməsi askorbinin bu bitkidə oksalat üçün vacib olduğunu göstərdi [128, s.861; s.866].

Ali bitkilərdə üç biomineralizasiya sisteminin geniş yayılması müəyyən edilmişdir. Kristal kalsium oksalatın hüceyrədaxili yığımlarının əmələ gəlməsi kristal vakuolda baş verir. Fərdi kristal membranla məhdudlaşan kristal kamerada inkişaf edir və çox vaxt kristal vakuolda borular və membranlarla əlaqələndirilir [94, s.591]. Polisaxarid və zülalın mövcudluğundan başqa, bu elementlərin kimyəvi təbiəti yaxşı qurulmamışdır. Tam olaraq hansı elementlərin üzvi matrisi təşkil etdiyini aydın deyil. Sistolitlərdə kalsium karbonatın əmələ gəlməsində isə üzvi matrisi təşkil edən struktur aydındır. Karbonat silikonlaşdırılmış selüloz və kolloza çərçivəsi ilə birlikdə yatırılır. Demineralizasiya olunmuş sistolitlər bu üzvi “skeleti” aydın şəkildə göstərir. Üçüncü sistem silisium gel və ya opal çöküntüləri kimi hidratlanmış silikon dioksidin əmələ gəlməsidir. Silikon, divarın hemiselüloz-pektik hissəsi ilə əlaqəli olduğu yerlərdə birincil divarları hopdura bilər. Ali bitkilərdə minerallaşma ilə əlaqəli üzvi matris yaxşı müəyyən edilməmişdir [67, s.199].

Kalsium oksalat kristallarının sayının cavan yarpaqlarda ən çox olduğu və beş tropik bitkinin yetkin yarpaqlarında ən aşağı sayda olduğu, bitki orqanizmlərinin ən həssas toxumalarını müdafiə etmək üçün biominerallardan istifadə etdiklərini göstərir.

Bitkilər tərəfindən istehsal olunan amorf silisium (SiO_2) fazaları mühüm və geniş silisium dövrünün əsas kütlə axınlarıdır. Bitkilərdə silisium biominerallaşmasının tədqiqi ilkin təkamül ilə bağlı bir sıra sualların yaranmasına səbəb olmuşdur. Məlum olmuşdur ki, ilkin ayrılmış bitki xətlərinin əksəriyyəti əhəmiyyətli miqdarda silisium

yiğmaq, toplamaq qabiliyyətinə malikdirlər. Aparılan müşahidələr hazırda mövcud olan bitkilərin silisium nəqli zülallarının paylanması və təkamülü ilə müqayisə edilmişdir. Təqdim olunan nəticələr əsasında məlum olmuşdur ki, bitkilərdəki silisium biominerallaşması geniş bir təkamül tarixini əks etdirir [162, s.1], [127, s. 377].

Biominerallaşma artıq bildiyimiz kimi canlı orqanizmlərə davamlı strukturların əmələ gəlməsi üçün müxtəlif materiallar verir. Belə ki, məsələn, kalsium fosfat onurğalılarda dişin və sümüklərin əsas tərkib hissəsidir. Bir çox bitkilərin səthində olan silisium bu bitkiləri ot yeyənlərdən qorunmağa xidmət və kömək edir. Funksional kalsium fosfat quruluşları heyvanlar aləmində yaxşı bilinsə də, bu günə qədər daha yüksək quruluşlu bitkilərdə onlara rast gəlinməyib.

Müasir bitki qrupu olan *Loasaceae* tez və son dərəcə təsirli bir sancma tükcükləri ilə təchiz olunmuşdur. Həm də o, mineralizə edilmiş trixomların cəlbədicisi bir örtüyünə sahibdir. *Loasaceae* – nin fitokimyəvi quruluşu nisbətən yaxşı öyrənilmişdir. Lakin onların biominerallaşması haqqında çox az məlumat mövcuddur. Biominerallaşma bitkilərdə kifayət qədər yayılmış bir fenomendir. Fitolitlər, sistolitlər və minerallaşmış trixomlar ilə ən geniş yayılmış biominerallaşma hadisələri baş verir. Bəzi bitki fəsilələri mürəkkəb bir tük örtüyü ilə xarakterizə olunurlar və hətta bir neçə bitki qruplarında rast gəlinən tükcüklər ən diqqət cəlb edən bitki mikroquruluşu hesab olunurlar [226, s. 5449]. Hipodermik bir iynə kimi özünəməxsus funksiyaları, onlarla təmasda olan heyvanlara toksin xaric etməsi, sırf sellüloz əsaslı quruluşlar tərəfindən asanlıqla yerləşə bilməyən xüsusi bir mexaniki güc tələb edir. Gicikən bitkisinin (*Urtica*) uzun müddət kalsium karbonat və silikat ilə minerallaşdığı və bu biomineralların apikal hissədə meydana gəldiyi məlumdur. *Loasaceae*-nin sancan tükləri morfoloji baxımdan *Urtica*-ya çox oxşardır [105, s.195], [178, s.367].

İnsanlarda biominerallaşma hadisəsi. Çox maraqlıdır ki, toxumaların biominerallaşması orqanizm üçün həm zəruri, həm də zərərli minerallaşma proseslərini əhatə edir. Hal-hazırda minerallaşmanın növlərinə, minerallaşmanın başladığı yerlərin hansı yolla meydana gəlməsinə diqqət yetirilir. Bir-birindən fərqli birinci və ikinci kristallaşma mərkəzləri seçilir. Biominerallaşmanın inkişafı tədqiq olunur. Onun xüsusiyyətləri və nəticələri hərtərəfli araşdırılır. Toxumaların biominerallaşması

hadisəsi ədəbiyyatda geniş öyrənilir və təsvir olunur. İndiyə qədər bu prosesin mineraloji və biokimyəvi baxımdan tam izahı verilməmişdir [125, s. 42].

Lakin müəyyən edilmişdir ki, toxumaların biominerallaşması orqanizm üçün əhəmiyyətli və zəruri funksiyalar yerinə yetirməklə bərabər, mənfi hallara, hətta orqanizmin məhvinə də səbəb ola bilər. Toxumaların biominerallaşmasının zəruriliyi hərəkət funksiyasını yerinə yetirən sümüklərin və çeynəmə funksiyasını yerinə yetirən dişlərin yaranması ilə əlaqədardır. Lakin yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi toxumaların biominerallaşması eyni zamanda potensial ölümə də səbəb ola bilər. Bir tərəfdən arteriyaların, ürək komponentlərinin məhvini, digər tərəfdən isə beyin və ağciyərdə destruksiyaya və şişlərin yaranmasına təsir edə bilər. Minerallaşma növlərinin yaranması üçün iki komponentin mövcudluğu zəruridir. Bu komponentlərə minerallaşma maddələri və kristallaşma mərkəzləri aiddirlər. Kristallaşma mərkəzləri dedikdə minerallaşmanın başlaya biləcəyi yerlər nəzərdə tutulur.

Əgər bu komponentlərdən heç biri olmazsa toxuma biominerallaşması mümkün deyil. Bu vəziyyət həm zəruri və əhəmiyyətli minerallaşma növünə, həm də zərərli minerallaşma növünə aid ola bilər. Biominerallaşma sahəsində araşdırmaların, tədqiqatların aparılmasında, biominerallaşmanın inkişaf yollarının öyrənilməsində məqsəd "kalsifikasiyanın" qarşısını almaq və əgər artıq mövcud olarsa onun sıradan çıxarılması və yaxud da zərərsizləşdirilməsi yollarını həll etməkdən ibarətdir. Bir qayda olaraq, toxumaların bioloji yol ilə minerallaşması gizli və ya açıq minerallaşma ola bilər. Bu vəziyyət, xüsusilə, zərərli tip minerallaşmaya aiddir. Müxtəlif toxuma biominerallaşmasının zərərli funksiyaları yerinə yetirilərkən minerallaşma gizli və ya açıq şəkildə yerinə yetirilə bilər. Gizli minerallaşmanın aşkar olunması yalnız son dərəcə həssas olan kimyəvi üsulların tətbiqi və köməyi ilə həyata keçirilə bilər. Onun makroskopik və yaxud da mikroskopik yolla aşkarlanması mümkün deyil. Gizli minerallaşmış toxumaların görünüşündə heç bir dəyişikliklər müşahidə edilmir. Lakin onların tərkibində yüksək miqdarda müxtəlif elementlər mövcuddur. Bu elementlər müxtəlif bioloji quruluşların içərisinə yerləşdirilir, müxtəlif üzvi birləşmələrin atom quruluşlarındakı atomları əvəz edir və ya bu strukturların zədələnmiş sahələrinə yerləşirlər. Minerallaşma ya həmin vəziyyətdə dayana bilər, və yaxud da açıq

minerallaşmaya çevrilə bilər. Gizli minerallaşmadan fərqli olaraq, açıq minerallaşmanın makroskopik və mikroskopik olaraq tanınması mümkündür [158, s.336].

Sümüklərin minerallaşması dedikdə sümük kollageninin osteoblastının yaratdığı qələvi fosfatın minerallaşması başa düşülür. Sümük kollageninin qələvi fosfatın karbonat hidrokxiapatitə çevrildiyi genetik olaraq proqramlaşdırılmış kristalizasiya mərkəzləri vardır. Sümük kollagenindəki bütün kristallaşma mərkəzlərinin doldurulması və içərisindəki kristalların tam inkişafı on bir il çəkir və sümüyün tam inkişafı ilə nəticələnir. Bu proses sayəsində sümük optimal güc parametrlərini əldə edir. Bu prosesi, xüsusən də osteogenez faktorunu və ya amillərini anlamaq həm sümük yapışması halında, həm də sümük xərcənginin inkişafında vacibdir [215, s.456-457], [158, s.336].

Orqanizmdə sümüyün deminerallaşması kristallaşma mərkəzlərinin yaranmasına səbəb ola bilər. Bundan başqa kristallaşma mərkəzləri trabekulaların pisləşməsi ilə də əlaqəli ola bilər. Belə şəraitdə pH –ın qiyməti göstəricilərə əhəmiyyətli təsir göstərə bilər. Belə ki, sümük kollagenindəki karbonat hidrokxiapatiti həll etmək üçün pH-ın qiymətinə nəzarət olunur, pH-ın qiyməti $pH < 6,6$ olduqda hidrokxiapatit həll olur. Daha doğrusu, əgər ətraf mühit “asidik” olarsa hidrokxiapatit həll ola bilər. Artıq CO_2 olduqda isə təbii sümük mühitinin “asidifikasiyası” baş verir. Asidifikasiyanın baş verməsi müəyyən səbəblər üzündən həyata keçir. Səbəblərdən biri sümükdə olan mikrosellər və mikrodamarların tutulması ola bilər. Bundan başqa sümük hüceyrəsi metabolizminin məhsulu olan qaz xaric olma imkanlarını itirdikdə asidifikasiya yaranır. Karbonat hidrokxiapatit kristallar artıq asanlıqla həll olunur və nəticədə kollagen müəyyən dəlik əmələ gəlir. Bütün bunlar nəticə etibarilə sümüyün fiziki parametrlərinin zəifləməsinə gətirir və sümük daha həssas olur ki, bu da sümükdə yaranan qırılmalara səbəb ola bilər [201, s.1-2]. Kiçikdən böyüyə tutmuş arteriyalar minerallaşıblar. Lakin vena damarları isə bir qayda olaraq minerallaşmırlar. Buna səbəb bu damarlarda olan qanın fərqli kimyəvi tərkibinin olması ilə əlaqələndirilə bilər. Belə ki, arterial oksidləşmişdir. Eyni zamanda arterial qan bir qədər qələvidir. Vena damarlarında olan qan isə bir qədər turşudur. Vena damarlarında olan qanın tərkibində

CO₂ asanlıqla karbon turşusu əmələ gətirir. Belə bir fərqin olması arteriyalarda fosfat minerallaşmasının yaranması üçün yetərlidir. Arteriya damarlarında minerallaşmanın baş verməsi damarın divarlarında, eyni zamanda endotelə bürünmüş daxili səthdə baş verir. Digər minerallaşmalar kimi arteriya minerallaşması da gizli şəkildə və ya açıq formada baş verə bilər. Arterial minerallaşma iki şərt yetinə yetirildikdə mümkündür. Birinci şərt ondan ibarətdir ki, arterial qanda minerallaşma maddəsi olmalıdır. İkinci isə arteriyadakı kristallaşma (kristalizasiya) mərkəzləri olmalıdır. Artan miqdarda "mineralizator"un müxtəlif səbəbləri vardır [195, s.1-2].

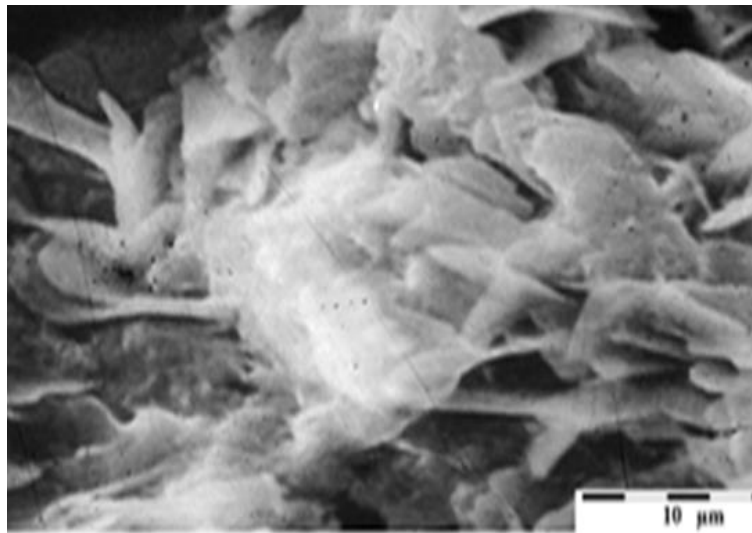
Arteriyalarda iki növ minerallaşma - üzvi birləşmələrlə minerallaşma və qeyri - üzvi birləşmələrlə minerallaşma mövcuddur. Bununla yanaşı, ən çox rast gəlinən minerallaşma hər iki növün nisbətləri dəyişən üzvi-qeyri-üzvi minerallaşmadır. Bu minerallaşma çöküntülərin həll olmasına mane olur. Çünki üzvi çöküntülər üzvi həlledicilər, qeyri-üzvi çöküntülər isə qeyri-üzvi həlledicilər tələb edir.

Biominerallaşma hadisəsinin öyrənilməsi sahəsində aparılan tədqiqatlar göstərir ki, toxumaların minerallaşması ion cərəyanları ilə həyata keçirilir. Bu minerallaşmada həllolma qabiliyyət olan məhsulu aşmağın heç bir rolu və əhəmiyyəti yoxdur. Baş verən bu hadisənin təsviri aşağıdakı kimidir: kristallaşma mərkəzində elektrik yükləri meydana gəlir. Bunlar isə yaxınlıqdan keçən elektrik yüklü ionları tutan "maqnit"lərdir. Elektrik yüklərinə sahib olan tutulan ionlar da öz növbəsində əlavə ionları tuturlar. Bununla da belə ardıcılıq və qaydada kristallar, aterosklerotik lövhələr və s. yaranır. Bu proses bu qaydada davam edir [235, 1-3].

Kalsifikasiya və ya ağciyər minerallaşması müəyyən proseslərdən, hadisələrdən sonra inkişaf edir. Xüsusilə bu hadisənin inkişafına infeksiyalar təkan verir. İnhalyasiya yolu ilə, yəni hava yolu, nəfəs yolu ilə müxtəlif mikroorqanizmlər, məsələn, viruslar, göbələklər, bakteriyalar və s. daxilə keçdikdə əsasən ağciyərlərdə yayılırlar. Bu mikroorqanizmlər ağciyərdə toplanır və çoxalırlar ki, nəticədə də maddələr mübadiləsi nəticəsində müxtəlif toksiki maddələr ifraz edirlər. Bu toksiki maddələrin ağciyər alveollarına təsiri yaranır. Bu təsir orqanizmdə toksinlərin miqdarının artması hesabına baş verir. Mikroorqanizmlər çoxalır və eyni zamanda orqanizmdə toksinlər daha çox qan dövranında dövr edir. Bununla əlaqədar olaraq da

ağciyərə təsir güclənir. Nəinki ağciyər, həmçinin başqa orqanlara da mikroorqanizmlərin, toksiki maddələrin destruksiyaya səbəb olan təsirləri artır. Belə vəziyyətin yaranması ağciyər toxumasının məhv olma mərhələsidir. Bu mərhələ növbəti kristallaşma mərkəzlərinin yaranmasını sürətləndirir və inkişaf etdirir.

Ümumiyyətlə, ağciyər məhz vena damarlarında venoz qanda olan CO_2 – nin arteriya damarlarında arteriya qanında olan oksigen ilə mübadiləsinin həyata keçdiyi məkandır. Bu hadisə nəticəsində pH – ın qiyməti dəyişərək, venoz qanda olan turş haldan arterial qanda qələviyə çevrilir. Beləliklə, damarlarda kimyəvi tərkib dəyişdiyi üçün ağciyərin oksidləşmiş qan dövranında damarlarda minerallaşma yaranır və inkişaf edir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, sağlam, infeksiyaya yoluxmayan orqanizmdə zədələnmiş toxumaların olmaması səbəbindən minerallaşma hadisəsi də inkişaf etmir [93, s.1-2]. Orqanizmin sağlamlığı yaxşılaşdıqda, daha doğrusu müxtəlif mikroorqanizmlər – bakteriyalar, viruslar, göbələklər və s. orqanizmdən çıxarıldıqda ağciyər “asidləşmiş” vəziyyətdən normal vəziyyətə qaydır (şəkil 1.4.3). Artıq bu halda pH bir qədər qələvi olur və kalsium fosfatların kristallaşması üçün kimyəvi şərait olur [232, s.72-73].



Şəkil 1.4.3. Ağciyər kalsifikasiyasında fosfat-xolesterol aqreqatının KEM təsviri

Orqanizmdə ağciyərlərdə yaranan kristallaşma prosesini rentgen şəkildə görmək imkanları vardır. Qeyd etmək lazımdır ki, orqanizmdə kalsifikasiyanın əmələ gəlməsi bir çox proseslərə, o cümlədən də ağciyərlərdə baş verən qaz mübadiləsinə təsir edərək,

onun vəziyyətini pisləşdirir. Nəinki ağciyərin, ümumiyyətlə, bütövlükdə orqanizmin kalsifikasiyasının qarşısını almaq və yaxud da zəiflətmək üçün müəyyən çıxış yolları vardır. Bunun üçün kristallizasiya mərkəzlərinin sayının azaldılması tətbiq oluna bilər. Çıxış yollarına, həmçinin toksiki maddələrin yaranmasının qarşısını almaq və bunun üçün də orqanizmi mikroorqanizmlərə yoluxmaqdan qorumaq lazımdır. Bu proseslərin həyata keçirilməsi isə müxtəlif müvafiq dərman preparatlarının qəbul edilməsi, lazımı antibiotiklərdən istifadə edilməsi ilə əlaqələndirilir ki, bunun da nəticəsində orqanizmdə müxtəlif virusların, bakteriyaların və s. mikroorqanizmlərin yaranmasının qarşısı alınabilir və eyni zamanda artıq yaranmış mikroorqanizmlərin sürətlə çoxalması və yayılması prosesi dayandırılabilir [72, s.190], [113, s.139].

Orqanizmdə şiş yaranan zaman da toxumalarda müəyyən funksional dəyişikliklər yaranır. Məsələn, toxumalarda müəyyən elementlərin miqdarının artması aşkar olunur. Eyni zamanda qan damarlarının sürətli, intensiv inkişafı müşahidə olunur. Bu halda gizli minerallaşma baş verir və onu müəyyən yüksək həssaslığa malik kimyəvi üsulların köməyi ilə aşkar etmək mümkündür. Lakin ədəbiyyatdan məlumdur ki, bir çox hallarda orqanizmdə yaranmış şişlərdə külli miqdarda kalsifikasiyalar yaranabilir [135, s.4-7]. Uzun illərdir ki, xərçəng biominerallaşmasının tədqiqi sahəsində araşdırmalar aparılır. Bu sahədə aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, xərçəngin minerallaşması mənşəyi etibarilə iki mərhələdən ibarət ola bilər [238, s.149].

Birinci mərhələ bədəndə olan mayenin minerallaşmasından ibarətdir. Belə ki, bu mərhələdə toxumalarda mayelərin minerallaşması baş verir. Məlumdur ki, bədən mayesində çoxlu miqdarda kationlar və anionlar vardır. Lakin bundan başqa mayələrdə yüklü molekullar da mövcuddurlar. Mayələrdə belə birləşmələr böyük təhlükə yaradır. Çünki, onlar hüceyrənin çoxalması zamanı DNT-nin minerallaşmasına səbəb ola bilərlər. Məhz bu yerdə də hüceyrə DNT bölünməsi baş verir [85, s.11; s.17]. DNT-nin sıradan çıxması müxtəlif və fərqli toxumaların hüceyrələrində baş verə bilər. Məhz bu səbəbdən yaranan şişlər müxtəlif və fərqli olur. Bütün bu hadisələri bütövlükdə DNT-nin biominerallaşması kimi qəbul etmək və adlandırmaq olar. Belə ki, məhz bu hal geniş yayılmış xərçəngin inkişafına səbəb olur.

Şişin biominerallaşması müəyyən dəyişiklikləri göstərmədiyindən bir çox hallarla

müxtəlif səbəblərdən bədən mayelərinin biominerallaşması və eyni zamanda DNT-nin biominerallaşması mümkündür. Şiş böyüməsinə gətirib çıxaran bütün bu hadisələr müalicələrin mürəkkəbliyini xeyli artırır [150, s. 3-4].

1.5. Canlı sistemlərdə bioloji maqnit nanohissəcikləri

Canlı sistemlərdə bioloji maqnit nanohissəcikləri uzun illərdir ki, tədqiqatçılar tərəfindən tədqiq edilir. “Coğrafi istiqaməti təyin etmək” kimi xüsusiyyət ilk dəfə maqnitotaktik bakteriyalarda kəşf edilmişdir və belə bioloji maqnit nanohissəcikləri bu günə qədər intensiv şəkildə araşdırılır [188, s.5]. Sonralar bioloji maqnit nanohissəcikləri başqa orqanizmlərdə: prokariot, eukariot və arxealar kimi orqanizmlərdə də aşkar edilmişdir [67, s.211-212]. Bundan başqa maqnit nanohissəcikləri, onun müxtəlif növləri yosunlarda, bal arılarında, quşlarda, qarışqalarda və s. canlı orqanizmlərdə, o cümlədən də insanda aşkar olunub. Maqnit nanohissəcikləri insan orqanizminin müxtəlif orqanlarında – böyrəklər, ağciyər, qaraciyər, dalaq, ürək və beyində aşkar edilib. Qeyd etmək lazımdır ki, alimlərin araşdırmaları nəticəsində məlum olmuşdur ki, maqnit nanohissəcikləri, onların müxtəlif növləri, xüsusilə də maqnetit və magemit nanohissəcikləri bir sıra neyrodegenerativ xəstəliklərə yoluxan insanların, Parkinson və Alzheimer diaqnozlu xəstələrin orqanizmlərində aşkar olunublar [146, s.843], [147, s.1].

Tədqiqatlar nəticəsində sübut edilmişdir ki, müxtəlif xəstəliklərə yoluxan insanlarda, xüsusilə neyrodegenerativ xəstələrində və eyni zamanda xərçəng diaqnozlu xəstələrdə maqnit nanohissəcikləri aşkar olunublar. Maqnit nanohissəciklərinin bu orqanizmlərdə toplanması, aşkar edilməsi barədə məlumatlar verilsə də, bu hadisənin mexanizmi haqqında heç bir məlumatlar verilməmişdir. Bəzi ədəbiyyatlarda belə mülahizələr irəli sürülür ki, orqanizmdə maqnit nanohissəciklərinin meydana gəlməsində ferritin zülalı mühüm rol oynayır və maqnetit isə ferritinin ferrihidrit kristallik nüvəsinin yaranması zamanı aralıq məhsul kimi meydana çıxır [198, s.166].

Eyni zamanda bəzi ədəbiyyat məlumatları bu sahədə aparılan eksperimental işlərə həsr edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, bu təcrübələrdə maqnetit nanohissəcikləri dəmir ionlarından yarana bilir və bu proses DNT-nin iştirakı ilə və askorbin turşusunun köməyi

ilə baş verir [55, s.1370]. Nanohissəciklər öz kiçik ölçüləri ilə əlaqədar olaraq qeyri-adi xassələrə malikdirlər. Metal nanohissəciklərinə aid olan maqnit nanohissəcikləri də unikal xassələrə malikdirlər. Məsələn, maqnit nanohissəcikləri kimyəvi baxımdan yüksək təmizliyə malikdirlər, onların toksikiliyi çox azdır. Bu nanohissəciklər zəncirvari quruluşlara bənzər müxtəlif strukturlar yarada bilirlər. Mikroskopik tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, maqnit nanohissəcikləri ox boyunca düzülmüş bir struktura malikdirlər. Onların zəncirvari quruluşa malik olması ilk dəfə olaraq maqnetosomlar adlanan maqnetotaktik bakteriyalarda aşkar edilmişdir. Sonralar belə nanohissəciklər miqrasiya edən quşlarda, həşəratlarda və s. canlılarda aşkar edilmiş və tədqiq olunmuşlar [112, s.200], [153, s.7683].

Son illər nanotibb sahəsində aparılan tədqiqat işlərində müəyyən edilmişdir ki, maqnit nanohissəcikləri, xüsusilə də nanoölçülü maqnetit və magemit hissəcikləri canlı orqanizmlərin (insan və heyvan) müxtəlif daxili orqanlarında, əsasən də beyin toxumalarında aşkar oluna bilirlər. Məməlilər və hətta insan orqanizmlərinin bu istiqamətdə araşdırılması və bu sahəyə böyük diqqət ayrılması bununla əlaqədardır [80, s.833], [153, s.7683].

Ümumiyyətlə isə belə nanohissəciklərin canlı orqanizmlərdə aşkar edilməsinə baxmayaraq, onların müxtəlif orqanlarda, insanın beyin toxumalarında yaranmasının səbəbləri və mexanizmləri öyrənilməmişdir. Müxtəlif xəstəliklər zamanı belə nanohissəciklərin yaranma mexanizmləri izah edilməmişdir. Müasir dövrdə maqnit nanokompozitlərinin araşdırılmasına böyük diqqət ayrılır. Bu materiallar, həmçinin spesifik orqanlara dərman çatdırılmasında “maqnetit hədəf” rolunu oynayırlar. Lakin onların praktiki tətbiq edilməsində hələ bir sıra maneələr mövcuddur:

- Bioloji maqnit nanohissəcikləri bir neçə normal və patoloji orqan və toxuma hüceyrələrinin membranlarında yerləşir. Beləliklə, maqnetit dərmanların maqnit dipolları ilə BMN-in təsiri nəticəsində bu dərmanlar toxumalarda nəzarətsiz toplanır və bir sıra allergik, toksiki effektlərə səbəb olur.

- Müasir süni yolla maqnit yaratma üsulları (liposomal, bakterial, hüceyrə) maqnit hissəciklərinin bircinsli olmasını təmin etmir və maqnit nanohissəciklərinin miqdarını artırırsa belə onları qruplaşdırmır.

Göründüyü kimi, insanın orqan və toxumalarında BMN – nin müəyyən edilməsi üsulları, onların xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi, hüceyrələrdə yerləşməsi, BMN və maqnit daşıyıcılarının bir-birinə olan təsiri çox vacib bir sahədir [119, s.489-490; s.508-510], [151, s.280; s. 284].

BMN – nin genetik tənzimlənməsi maqnetotaktik bakteriyalarda öyrənilmişdir. Burada BMN – nin quruluşlarının və xüsusiyyətlərinin sıx genetik nəzarəti aparılmışdır. BMN biominerallaşmasına maqnetotaktik bakteriyaların bir çox zülalları cəlb olunur və maqnetosom (MS) adı altında kodlanır.

Prokariot və eukariotlarda (insanlar da daxil olmaqla) BMN biominerallaşmasının genetik tənzimlənməsinin ümumi mexanizmi göstərdi ki, zülallar arasında bircinslilik biominerallaşma üçün vacibdir. Tənzimləyici maqnetotaktik bakteriyalar zülalları içərisində yalnız mamK zülalı BMN zəncirinin formalaşması üçün cavabdeh olan bütün insan maqnetosom adası zülallarına homoloqdur. Maqnetotaktik bakteriyalar və insanlarda BMN-in fenotipik ekspressiyası onların bir-biri ilə homoloq zülallarının varlığını göstərir.

Lakin insan hüceyrələrində BMN ətrafında maqnitosom qovucuqların olmaması, BMN – nin forma və ölçüsü maqnetotaktik bakteriyalarla insan zülalları arasında homoloq olmayanların da mövcudluğundan xəbər verir.

Maqnitospirillum maqnetotaktik bakteriyasında maqnitin miqdarı və oksigenin hüceyrəxarici səviyyəsi arasında korrelyasiya olduğu məlumdur. Bu bakteriyalarda maqnitin biominerallaşması oksigenin səviyyəsindən 2 kPa (2%) aşağıda mümkündür. Maqnitosomlarda BMN-in geniş miqdarı 25 Pa-da aşkar edilmişdir. 2 kPa-dan yüksək olduqda oksigenin səviyyəsi BMN-in formalaşmasını tamamilə əngəlləyir. Əlavə olaraq BMN biominerallaşması inkişaf zamanı dəmirin mövcudluğu ilə əlaqədardır. Hüceyrədə maqnit kristallarının sintezi endogen dəmirin toplanması ilə bərabər baş verir. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, böyümə zamanı dəmir çatışmazlığı olarsa, BMN biominerallaşması mümkün deyil. Bilirik ki, insan qanında oksigenin konsentrasiyası 2-4 % - dir ki, bu da maqnetotaktik bakteriyaların mikro oksigenli şəraitinə uyğun gəlir.

İnsan orqan və toxumalarının potensial maqnit nanohissəcikləri istehsalçıları olduğu ehtimal edilir. “İnsan zülalı atlası” məlumat bazasından istifadə edərək analiz

edilmişdir ki, MSR-1 in zülallarından bəziləri insan zülalına homoloqdur. İnsan zülalları məlumat bazasında maqnetotaktik bakteriyaların zülallarından yalnız üçünə (mamA, mamB, mamM) rast gəlinmişdir. Göstərilmişdir ki, bakteriya və göbələklər BMN istehsalçılarıdır. BMN xüsusiyyətlərinə görə təsnif edilmişdir:

1. Hüceyrəxarici amorf BMN
2. Hüceyrədaxili amorf BMN
3. Hüceyrəxarici kristal BMN
4. Hüceyrədaxili kristal BMN

Tədqiqatçıların araşdırmalarının növbəti addımı çöl donuzunun ağciyər, böyrək və dalaq toxumalarında BMN-in varlığının təsdiq olunması olmuşdur. Nəzərə alınmışdır ki, bu obyekt genetik olaraq insan orqanizminə çox yaxındır və BMN biominerallaşmanın mexanizmi prokariotlarda, eukariotlarda və arxealarda eynidir. BMN-ni müəyyən etmək üçün bir sıra təcrübi metodların mövcudluğu məlumdur. SQUID (Yüksəkkeçirici kvant interferens cihazı) mikroskopu zəif maqnit sahəsindən keçdikdə həssas yaxın sahəni görüntüləyir.

Bir çox müəlliflər [69, s.254], [208, s.901], [209, s.203] kimyəvi reaksiyaların idarə edilməsinin, sürətlərinin artırılmasının və ya azaldılmasının maqnit nanohissəciklərinin köməyi ilə mümkünlüyünü sübut ediblər. Müxtəlif üsullar ilə xüsusilə də bioloji yolla generasiya olunan maqnit nanohissəciklərinin tədqiqi və tətbiqi tədqiqatçılarda böyük maraq yaradır. Bu işin aktuallığı onunla əlaqədardır ki, bu nanohissəciklər müasir dövrdə tibdə istər diaqnostika, istərsə də müalicə sahəsində, maqnit rezonans şəkillərinin alınmasında yeni perspektivlərə gətirə bilirlər.

Bioloji yol ilə sintez olunan maqnit nanohissəciklərinin tətbiq sahələri geniş olduğundan, həmçinin toksikilik xüsusiyyətləri zəif olduğu üçün onlar biotibbi tətbiq baxımından böyük diqqət çəkirlər. Onların öyrənilməsi böyük diaqnostik maraq yaradır. Müasir dövrdə tibbi tədqiqatlarda və tibbi praktikada Maqnit Rezonans Tomografiyası (MRT) daha geniş tətbiq olunurlar. Belə nanohissəciklər canlı sistemlərə maqnit sahəsinin təsirinin təhlükəsinin nəzərə alınmasını təmin edir.

Maqnit Qüvvət Mikroskopu bioloji nümunələrin analizində BMN müəyyən etmək üçün istifadə edilir. Güclü maqnit sahəsinə müəyyən etmək üçün isə Atom Qüvvət

Mikroskopundan (AQM) istifadə edilir [101, s.295-296].

Çöl donuzunun böyrək, dalaq və ağciyər toxumalarında BMN-nin varlığı Maqnit Qüvvət Mikroskopu vasitəsilə müəyyən edilmişdir. Çöl donuzunun ağciyər toxumalarından altı nümunə götürülmüş və 24 saat ərzində nümunələr 10% - li formalin məhlulunda saxlanılmışdır. Su parafinlə əvəz edilərək qatılaşıdırılmışdır. Sonra toxuma 5 mm qalınlıqlı şüşə bıçaq vasitəsi ilə kəsilərək Solver Pro-M mikroskopu vasitəsi ilə araşdırılmışdır. Nümunə səthi yalnız maqnetik təsirlərə deyil, həmçinin elektrostatik və atomik təsirlərə də həssasdır. Bu metod maqnit qatılığını artırır. Əvvəlcə müəyyən edilən xəttin topoqrafik profili çəkilir. Sonra maqnit ucluq nümunədən yuxarı qaldırılır. İkinci addım olaraq isə maqnetik siqnal müəyyən edilir, daha sonra siqnal horizontal olaraq soldan sağa skan edilir. Bu halda Maqnit Qüvvət Mikroskopunun kantileveri ilə nümunə səthi arasında məsafə 100 nm saxlanılır.

Araşdırmanın nəticəsi olaraq maqnetotaktik bakteriyalar homoloq zülalları kodlaşdıran genin ekspressiyasının (mamA- Pex-5, mamB- SLC30A9; SLC39A3, mamM- SLC30A9) xərçəng toxumalarında normal toxumalarla müqayisədə daha yüksək olması müəyyən edilmişdir. Belə nəticəyə gəlinmişdir ki, şiş toxumalarında maqnit nanohissəcikləri daha çoxdur. Slc39a4 zülalını kodlaşdıran genlər şiş toxumalarında ekspressiya olunur. Maqnit Qüvvət Mikroskopu ilə aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, çöl donuzunun ağciyər, böyrək və dalaq toxumalarında bioloji maqnit nanohissəcikləri mövcuddur.

Maqnitotaktik bakteriyalarda maqnit nanohissəciklərinin sintezinin xüsusiyyətlərinə və struktur quruluşuna ciddi genetik nəzarətin bütün xüsusiyyətləri ilə genetik tənzimlənməsi mövcuddur. Tərkibində zəncirvari quruluşlu maqnit nanohissəcikləri olan maqnetotaktik bakteriyalarda maqnetosom membranının tərkibində kristal quruluşlu maqnetit hissəciklər sintez edir.

Fosfolipidlərlə yanaşı maqnetosom membranı bir sıra maqnetosomla əlaqəli zülallardan ibarət olur. Bir çox maqnetosomla əlaqəli zülallar maqnetosom adasında və mmGFDC, mms və mamaB operonlarında kodlaşdırılır. Bakteriyalardakı maqnetosomlar zəncir halında toplanmış onlarla ayrı-ayrı maqnetit nanohissəciklərini təmsil edir. Bundan başqa bioloji maqnit nanohissəciklərinin zəncirlərinin

bakteriyaların uzun oxları boyunca yerləşmələri də məlumdur [173, s.125; s.130-132]. Yetkin maqnetit nanohissəciklərinin forması və ölçüsü eyni zamanda maqnetosom adası genlərinin ekspressiyasının təzahürü olan maqnetotaktik bakteriyaların hər ştammi üçün dəqiq müəyyən edilmişdir. BMN sayı da maqnetotaktik bakteriyaların normal (mikro-aerobik) becərmə şərtləri ilə dəqiq müəyyən edilmişdir və bunun xarici faktorların təsiri altında (maqnit sahəsi, oksigen və dəmir konsentrasiyası) dəyişməsi, maqnetosom adası genlərinin ekspressiyasına müvafiq dəyişikliklərlə əlaqələndirilir.

Maqnetotaktik bakteriyaların zülallarını iki funksional sinfə bölmək olar: birincisi, biogen maqnetik nanohissəciklərin biominerallaşması üçün lazım olan zülallar və ikincisi, maqnetotaktik bakteriyalarda maqnetit kristallarının formasına, ölçüsünə və lokallaşmasına genetik nəzarəti həyata keçirən tənzimləyici zülallar. Birinci sinfə aid zülallar maqnetitin biominerallaşması prosesi üçün lazım olan zülallardır. Məsələn, mamB, mamE, mamA, mamO, mamM, mamN, MamQ, MamL, MamI, MamK, MamJ, MamD, MamF, MamC, MamG, MamY, MamH, MamZ, mamP, mamT, MamR, və MamS zülalları maqnetosom adası zülallarının tənzimləyici sinfinə aiddirlər [70, s.338-340], [60, s.6-7].

İnsanlarda BMN fenotipik təzahürü maqnetotaktik bakteriyalardan bir sıra xüsusiyyətlərinə görə fərqlənir. BMN membranla əlaqəli uzunluğu bir neçə mikrometr olan və zəncirlərdə 80-ə qədər kristallarda lokallaşdırılmış, olduqca nizamsız formada insan toxumalarında yığılır. Maqnetotaktik bakteriyalardan fərqli olaraq insanlarda BMN - nin çox müxtəlif ölçüləri və bütün inkişaf mərhələləri müşahidə edilir. Nəticə etibarlı ilə həm superparamaqnit, həm də tək sahəli fazalar vardır. Fenotipik təzahürlərə görə insanlarda BMN – nin forma, ölçü və digər xüsusiyyətlərinin tənzimlənməsi yoxdur. Biogen maqnetik nanohissəciklərin sintezi hüceyrələrdə oksigen və dəmir kimi paramaqnit komponentlər tərəfindən tənzimlənir [118, s.43].

Bundan başqa tədqiqat işləri BMN – nin hüceyrələrdə paramaqnit komponentləri toplaya bildiyini və ya onların daşınmasını tənzimlədiyini təsdiq edir. Məsələn, bakteriyalarda paramaqnit oksigen və dəmir ilə zəngin sahələr BMN – nin yanında meydana çıxır. Maqnetotaktik bakteriyalarda maqnetitin biominerallaşması üçün zəruri

olan genlərin ekspressiyası oksigenlə tənzimlənir, aşağı oksigen (mikroaerob şərait) inkişaf etmiş, yüksək oksigen (aerob şərait) azaldılmışdır. Bakteriyalarda BMN – nin sintezi anaerobik tənəffüs yolları ilə assosiasiya olunub və onunla əlaqəlidir. Maqnetotaktik bakteriyalarda maqnetotaksisə gəldikdə, onun ən vacib nəticəsi oksigenli və oksigensiz mühit arasında hərəkət etməsidir. Eukariotlara gəldikdə isə maqnetotaktik bakteriyaların maqnetosom adasının zülallarının insanla homoloqları dəmirin və ya BMN - nin yüksək miqdarı ilə xarakterizə olunan müxtəlif xəstəliklərin patogenezində rol oynayır. Xüsusilə də yaşa bağlı makula degenerasiyası HtrA1 zülalı ilə əlaqəlidir, Alzheimer, Parkinson və Hantinqton xəstəlikləri HtrA2 zülalı, xərçəng, neyrodegenerativ dəyişikliklər və artrit xəstəlikləri zülalların HtrA ailəsi ilə əlaqəlidir [193, s.4-5].

Şiş toxumaları hipoksiya və şiş olmayan toxumalar ilə müqayisə edilən zaman biogen maqnetitin yüksək miqdarı ilə xarakterizə olunur. Bütün bu xəstəliklər oksidləşdirici stres və Fenton reaksiyası ilə reaktiv oksigen növlərinin əmələ gəlməsi ilə müşayiət olunur. Yuxarıda deyildiyi kimi, maqnetotaktik bakteriyaların maqnetosom adasının genləri oksigenlə tənzimlənir, həmçinin onların insan homoloqu olan HTRA3 və ZNT9 ekspressiyalarının oksigen tənzimləməsi haqqında məlumatlar vardır.

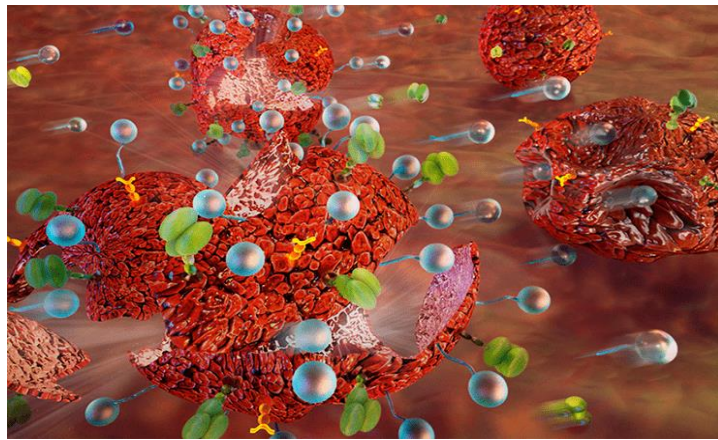
Balıqların və köçəri quşların maqnetotaksisinə gəldikdə isə tədqiqatlar sübut edir ki, qoxu orqanlarındakı biogen maqnetit Yer in maqnit sahəsində gəzməyə xidmət edir. Ancaq [236, s.89], [180, s.1-2], [152, s.193-194] işlərində irəli sürülən fərziyyələrə görə, məsələn, ətrafdan maqneziya şəklində olan maqnetik birləşmələrin maqnit konsentrasiyası nəticəsində qoxu hissini artırmaq mümkün ola bilər.

1.6. Dərmanların ünvanlı çatdırılmasında maqnit nanohissəciklərinin rolu

Böyük Alman bakterioloqu Paul Erlix (1854-1915) ilk dəfə XIX əsrin sonunda "sehrli güllə" terminini işlətmişdi. Bu termini tətbiq edərək, alim canlı orqanizmlərdə dərmanların ünvanlı çatdırılmasının mümkünlüyündən bəhs etmişdi [237, s.786-787]. Dərmanların ünvanlı çatdırılması və yaxud dərmanların hədəfə çatdırılması prosesini “qızıl güllə” adlandırmaqla xəstənin orqanizmində sağlam orqanlara və sağlam

hüceyrələrə heç bir təsir göstərmədən xəstəliyin mənbəyini taparaq öldürəcək dozada dərman vermək nəzərdə tutulur [30, s.291; s.294]. Qısa şəkildə deyə bilərik ki, dərmanların hədəfə çatdırılmasını ifadə edən “sehrli güllə” konsepsiyası aşağıdakı məsələni qarşıya qoyur: Yeni dərman preparatlarının və sistemlərinin ünvanlı olaraq çatdırılması üçün istiqamətlənmiş dizayn.

Müasir elmi dünyada dərmanların ünvanlı çatdırılması dedikdə dərman maddələrinin molekullarının orqanizmin müəyyən hissəsinə, orqana, hüceyrəyə nəzarət olunan bir daşıyıcının köməyi ilə daşınması başa düşülür. Belə daşıyıcı kimi nanohissəcikləri nəzərdə tutmaq olar.



Şəkil 1.6.1. Xəstəlik mənbəyinə dərmanların ünvanlı çatdırılması (mənbə:Cure for cancer: coating cells with nanoparticles may boost drug efficiency)

Artıq keçən əsrin sonlarından başlayaraq müxtəlif nanohissəciklərin, xüsusilə də metal nanohissəciklərinin, əsasən də qızıl və maqnit nanohissəciklərinin köməyi ilə tibdə şiş əleyhinə antibiotiklərin çatdırılması aktiv inkişaf etdirilir. Nanohissəciklər “yüksək nüfuzetmə və saxlanılma” imkanlarına görə malik olduqları effektləri sayəsində şiş hüceyrələrinə nüfuz edə bilirlər [240, s.1-2].

Müasir dövrdə sağaldılması və aradan qaldırılması çətin olan xəstəliklərin müalicəsində həlledici rolunu xəstəlik ocağında preparatın optimal miqdarının seçilməsi oynayır. Dərmanın effektiv olması üçün onun molekullarının lazımı hüceyrələrə çatması vacibdir: antidepressanlar beyinə, iltihab əleyhinə dərmanlar – iltihab olan nahiyəyə, xərçəng əleyhinə dərmanlar – şiş olan nahiyəyə və s. [100, s.1], [134, s.221].

Əksər hallarda heç kim zəmanət verə bilməz ki, orqanizmə inyeksiya və ya tablet şəklində daxil edilən dərman maddələrinin lazım olan hissəsi hədəfə çatacaq.

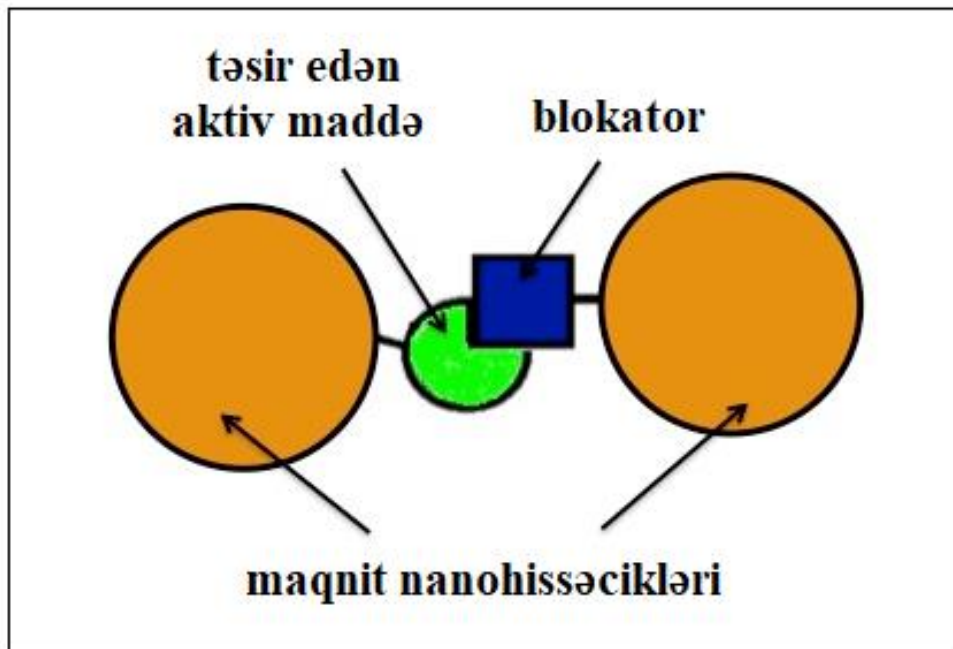
Müəyyən edilmişdir ki, dərmanlar orqanizmə ünvanlı göndərilərkən əgər xarici maqnit sahəsi ilə idarə edilməzsə, onların əksər hissəsi qaraciyərdə toplanır. Orqanizmdən xaric edilməsi isə əsasən ifrazat sisteminin köməyi ilə həyata keçirilir. Bu problemin aradan qaldırılması üçün çıxış yolunu hələ ki, alimlər istifadə edilən ilkin dərman preparatlarının dozasının, qatılığının artırılmasında görürlər.

Dərmanların ünvanlı hədəfə çatdırılmasında ən böyük çətinliklərdən biri də dərmanların toksiki effektinin ola bilməsi və bunun nəzərə alınmasıdır. Çünki əks halda orqanizmə yeridilən dərman müəyyən orqana özünün müsbət təsirini göstərsə də, digər orqanlara toksiki təsir edərək, onların həyat fəaliyyətlərini aşağı sala bilər. Burada əsas problem sağlam hüceyrələrə təsir etmədən dərmanları məhz hədəfə çatdırmaqdan ibarətdir. Bu, yalnız xəstə yox, həm də sağlam hüceyrələri məhv edən xərçəngə qarşı nəzərdə tutulan dərman preparatları üçün xüsusilə vacibdir. Məhz bununla əlaqədar olaraq bu sahədə çalışan dünya alimləri müasir dövrdə digər orqanlara heç bir zərər yetirmədən, dəqiq hədəfə düşən dərmanların ünvanlı çatdırılması üzərində fəal işləyirlər. Bu çatdırılma növünün əsas vəzifəsi və mühüm xüsusiyyəti – dərmanın xəstə orqana gedib çatana qədər digər başqa orqanlara təsir etməməsi, heç bir kimyəvi reaksiyalara uğramaması ilə bağlıdır və dərmanın mütləq yalnız lazımi yerdə təsir göstərməsi üçün qorunmasından ibarətdir [121, s.1227], [174, s.351-352]. Bu prosesin həyata keçirilməsi molekulların xüsusi qablaşdırma kapsullarına, müdafiə konteynerlərinə yerləşdirilməsi ilə mümkündür. Bu proses aşağıdakı qaydalara uyğun yerinə yetirilməlidir:

1. Konteynerin hazırlandığı material elə hazırlanmalıdır ki, özü kimyəvi reaksiyalara girməsin, çünki bu halda dərmanın xəstə hüceyrələrlə qarşılıqlı təsiri pozula bilər;
2. Konteynerin materialı müəyyən yolla dərmanın orqanizmdə tələb olunan yerə nəqlini təmin etməlidir;
3. Konteynerin quruluşu, həmçinin də tərkibi dərmanın lazım olan anda sərbəst buraxılmasına imkan verməlidir.

Bu gün ən böyük problem, bir qayda olaraq uzaqdan idarə edilməsi tələb olunan müdafiə konteynerlərindən, xüsusi qablaşdırma kapsullarından dərmanların lazım olan yerdə buraxılmasıdır. Məsələn, necə etmək lazımdır ki, xəstə orqana gəlib çatmış kapsulun qabığı bir neçə dəqiqə sonra açılaraq dərmanın çıxmasını təmin etsin?

Bütün meyarlara cavab verən ideal həll hələ tapılmadığından, Moskva Dövlət Universitetinin Kimya Fakültəsi, Bionanomaterialların Kimyəvi Dizaynı Laboratoriyasında məqsədli dərman çatdırılması üçün sistemin orijinal versiyası təklif edilmiş və inkişaf etdirilmişdir. Üç əsas komponentdən - maqnit nanohissəcikləri, təsir edən aktiv maddə və onun blokatorundan ibarət olan bu sistem şəkil 1.6.2-də göstərilmişdir. Bütün bunların nə üçün lazım olduğu araşdırılmışdır [18, s.3-5].



Şəkil 1.6.2. Nanohissəciklərin əsasında dərmanların ünvanlı çatdırılması sistemi

Şəkil 1.6.2 - də göstərilən “təsir edən aktiv maddə” hər hansı bir xəstəlik olan orqana və ya nahiyəyə çatdırılmalı olan dərmandır. Bu dərman xəstəlik ocağına xüsusi daşıyıcıların – müxtəlif konteynerlərin və nanomaterialların köməyi ilə çatdırılır. Blokator isə dərman vasitəsinin orqanizmdə digər orqanlar ilə qarşılıqlı təsirinin qarşısını alır. Məlumdur ki, maqnit nanohissəcikləri dəmir əsaslıdırlar və bununla əlaqədar olaraq da onları xarici maqnit sahəsinin köməyi ilə idarə etmək mümkündür. Bu yolla da maqnit nanohissəciklərinə tikilmiş dərman vasitələrini xəstəlik mənbəyinə

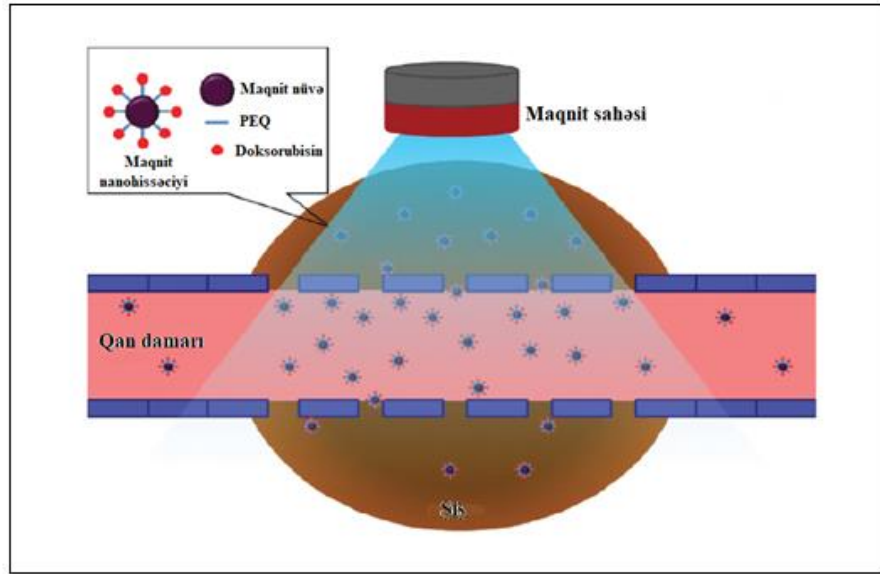
istiqamətləndirmək olar [18, s.7].

Dərman daşıyıcıları kimi maqnit nanohissəciklərinin tətbiqi və istifadəsinə üstünlük verilir. Bu onunla əlaqədardır ki, onların maqnit xassələri var və toksiki təsir effektləri aşağıdır. Lakin bu sadə proses deyil, yəni maqnit nanohissəciklərinin köməyi ilə dərmanların hədəfə çatdırılması mürəkkəb bir prosesdir. Xəstə orqanizmdə maqnit nanohissəciklərinin manipulyasiyası olduqca böyük diqqət və incə dəqiqlik tələb edən bir əməliyyatdır. Bu prosesdə xüsusilə dəqiqlik tələb edən 2 məsələ var: 1) xarici maqnit sahəsinin toxumalara necə təsir etməsi, xarici maqnit sahəsi ilə dərman preparatlarının idarə olunması və 2) orqanizmin tələb olunan nahiyəsində bədənə yeridilmiş maqnit nanohissəciklərinin müəyyən lazım olan miqdarının saxlanması bacarığı.

Bu günə qədər maqnit nanohissəciklərindən istifadə etməklə bir neçə klinik sınaqlar aparılmışdır. 1996-cı ildə onlardan epirubisinin nəqli üçün istifadə edilmişdir. Nanohissəciklər üzərinə bir epirubisin adsorbsiya edilən qlükoza polimerindən örtüklə sabitləşdirilir. Nanohissəciklərin kolloid məhlulu inyeksiya vasitəsilə suspenziya şəklində laboratoriya siçanlarının orqanizminə yeridilən və xarici maqnit sahəsinin təsiri ilə şiş hüceyrələri olan nahiyəyə doğru istiqamətlənən ferromaqnit mayedən ibarətdir (şəkil 1.6.3). Maqnit nanohissəcikləri dəyişən maqnit sahəsində və ya yaxın infraqırmızı sahədə istilik generasiya etməyə qadirdilər (qızıl nanohissəcikləri kimi). Nano-xərçəng terapiyası, aminosilan polimerindən hazırlanmış qoruyucu örtüyü olan 12 nm-lik Fe_3O_4 nanohissəciklərinin şişə daxil edilməsindən ibarətdir. Məlum olmuşdur ki, maqnit sahəsi ilə yaxın infraqırmızı sahənin kombinə edilmiş təsiri son dərəcə yüksək istilik yaradır və şişin böyüməsini effektiv zəiflədir [107, s.1-2].

Ümumiyyətlə, son illər nanotexnologiyaların intensiv inkişafı və bu texnologiyaların tibdə uğurlu tətbiqi nanotibb, nanodiaqnostika kimi yeni sahələrin yaranmasına təkan vermişdir. Xüsusilə, onkoloji xəstəliklərin müalicəsi üçün nanotexnoloji yaxınlaşmalar müasir tibb sahəsində irəli sürülür. Müxtəlif nanohissəciklərin və nanomaterialların antişiş terapiyasında tətbiqi üzərində tədqiqatlar aparılır. Bu tədqiqatlarda xüsusi və ən geniş yer maqnit nanohissəciklərinə

verilir. Onların istər diaqnostika, istər terapiya, istərsə də hipertermiya sahəsində tətbiqləri mühüm əhəmiyyət kəsb edir.



Şəkil 1.6.3. Maqnit sahəsi maqnit nanohissəciklərini şişə istiqamətləndirir

Dərmanların məqsədli hədəfə çatdırılmasında daşıyıcı kimi liposomların tətbiqi əlverişli hesab olunur. Lakin onlardan istifadə edərkən qruplaşdırılmaları nəzərdə tutulur. Qruplaşdırma liposomların ölçülərinə və eyni zamanda da bilipid təbəqələrin miqdarına əsasən aparılır.

1. Yeni texnologiyalara əsaslanaraq hazırlanan bu yeni tibbi preparatlar bu günə qədər mövcud olan dərman vasitələrindən tamamilə fərqlənirlər. Onlar daha yüksək effektivliyə və aşağı toksikiliyə malik preparatlardır. Digər tərəfdən də bu materialların orqanizmdə orqan və toxumalarda paylanması əvvəlki dərman preparatlarından daha üstün hesab edilir.

2. Son iki onillikdə müxtəlif dərman vasitələrinin xəstə orqanlara, şiş hüceyrələrinə nanomaterialların, xüsusi kapsulların köməyi ilə daşınması müasir nanotibb sahəsində yeni uğurlara və nailiyyətlərə səbəb olmuşdur.

3. Dərmanların məqsədli ünvana çatdırılmasında maqnit nanohissəciklərindən ibarət olan liposomlar tətbiq edilir. Bunlar diaqnostika və müalicə üçün dərmanların daşınmasını həyata keçirən, Maqnit Rezonans Tomoqrafiyası üçün kontrastlayıcı vasitələr daşıyan biomateriallardır. Bu materiallar maqnetoliposom adlanırlar.

Maqnetoliposomların bir çox üstünlükləri vardır. Onlar nanohissəciklərin həllolma və kolloid stabillik funksiyalarını stabiləşdirirlər. Bu isə qanda laxtalanmanın qarşısını alır və aqreqlər əmələ gəlmir. Müəyyən parametrlər var ki, nanodaşıyıcıların seçilməsində onlar mütləq nəzərə alınırırlar. Buna xarici yük, morfologiya və eyni zamanda ölçü parametrləri aiddir.

4. Liposomlar qanda kifayət qədər uzun müddət dövr etdikləri üçün şiş hüceyrələrində yüksək qatılıqlarda toplanırlar.

5. Hədəfə çatdırılmada tətbiq edilən maqnit nanohissəciklərinin orqanizmdə hərəkətinin nəzarətdə olması üçün bir sıra işlər aparılmışdır. Xüsusilə xarici maqnit sahəsinin təsiri ilə qan damarlarında maqnit nanohissəciklərinin hərəkəti, yayılması araşdırılmışdır.

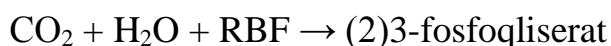
6. Maqnitlə idarə olunan dərman formasının maqnit mikrostatik stentlərin qeyri-bərabər bir maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri araşdırılmışdır. Bununla yanaşı 10^{-9} N-luq təsir qüvvələri üçün böyüklük sırası əldə edilmişdir. Buna baxmayaraq biogen maqnetit tədqiqatı 1975-ci ilə qədər başlamışdır. Daha sonra prokariotlarda, həmçinin insan da daxil olmaqla eukariotlarda tapılmışdır.

1.7. C3 və C4 bitkiləri

Bitkilər aləmində fotosintezin C3 və C4 tipinə aid olan bitkilər, fotosintez prosesində uyğun olaraq C3 və C4 dövründən istifadə edirlər ki, bu da fotosintezin qaranlıq mərhələsində həyata keçirilir. Ümumiyyətlə, elmə çoxdan məlumdur ki, dünyanın bitki aləminin böyük əksəriyyəti, təqribən 95%-i fotosintez prosesinin C3 tipinə aid olan bitkiləri əhatə edir. Yer üzərində mövcud olan bitkilərin təqribən 4 %-i isə fotosintezin C4 tipinə aid olan bitkilərin payına düşür. Qarğıdalı (*Zea mays*), şəkər qamışı (*Saccharum officinarum* [L.](#)), bütün ot bitkiləri və s. fotosintez prosesinin C4 tip bitkilərinin payına düşürlər. C4 bitkilərinin üstünlüklərindən biri ondan ibarətdir ki, onlar istənilən əlverişsiz şəraitə uyğunlaşa bilirlər və istənilən şəraitdə fotosintez qabiliyyətinə malikdirlər. C3 bitkilərində karbon qazının birqat, C4 bitkilərində isə ikiqat fiksasiyası bu bitkilərin mühüm fərqlərindən biridir [52, s. 196].

Fotosintez prosesi zamanı C3 bitkilərində Kalvin tsikli işə düşür ki, bu da qaranlıq mərhələnin mexanizmini əks etdirir. Bu prosesin nəticəsi olaraq ilk stabil birləşmə olan 3-fosfoqliserat əmələ gəlir. Bununla əlaqədar olaraq da, Kalvin dövrü C3 dövrü adlanır və üç mərhələdə baş verir [52, s. 198], [19, s.56], [106, s.589].

Temperatur faktoru fotosintez prosesinə nəzərəçarpan təsir göstərir. Temperaturla yanaşı, C3 bitkilərinin inkişafında, məhsuldarlıq prosesində fəsil mövsümü mühüm rola malikdir, çünki torpağın rütubətliyi və s. amillər ilin müxtəlif fəsillərində fərqli ola bilər. Adətən yaz və payız fəsillərində torpağın rütubətliyi yüksək olur, bu da mühüm əhəmiyyət kəsb edir. İsti mövsüm şəraitində (yay fəslində) isə yüksək temperatur torpağın nəmliyinin aşağı düşməsinə səbəb olur və C3 bitkilərinin inkişafı ləngiyir, məhsuladrlıqlar aşağı düşür. Fotosintez prosesində karbonun fiksasiyası üçün üç əsas metabolik yol vardır. Onlardan biri də C3 fotosintezidir. Bu proses zamanı bütün bitkilərdə baş verən reaksiya həyata keçir: RBF iki üçkarbonlu birləşməyə 3-fosfoqliserat molekuluna çevrilir [199, s.36]:



Fotosintezin C3 bitkilərində CO₂ havadan birbaşa qəbul olunur. Bu bitkilər bir qayda olaraq günəş işığının orta intensivlikli olan ərazilərində, yeraltı suları bol olan, mülayim iqlim qurşağında inkişaf edirlər. C3 bitkiləri C4 bitkilərindən xeyli əvvəl mezozoy və paleozoy eralarında yaranıblar və Yer kürəsində mövcud olan bitkilər aləminin böyük əksəriyyətini təşkil edirlər [24, s.64-65]. Tərəfimizdən aparılan tədqiqatlarda C3 bitkiləri olaraq buğda (*Triticum* L.) və noxud (*Cicer arietinum* L.) bitkiləri ilə C4 bitkisi olan qarğıdalı (*Zea mays* L.) arasında müqayisəli təcrübələr aparılmışdır.

Fotosintezin C3 tipinə aid olan bitkilər köklərin vasitəsilə torpaqdan udulan suyun demək olar ki, 97 % - ni transpirasiya nəticəsində itirirlər. Bununla əlaqədar olaraq, C3 bitkiləri isti iqlim şəraitində, isti ərazilərdə yaxşı inkişaf edə bilmirlər [106, s.589-590]. Su itkisinin qarşısının alınması üçün C3 bitkilərində yarpaqlarda ağızcıqlar bağlanır. Nəticədə CO₂ – nin yarpaqlara daxil olması çətinləşir və beləliklə, C3 bitkilərinin yarpaqlarında CO₂ – nin qatılığı azalmağa başlayır. Bu, əsasən quraqlıq bölgələrdə bitən C3 bitkilərində baş verir. Nəticə etibarilə karbonun oksigenə nisbəti azalır və

müdafiə funksiyasını yerinə yetirən fototənəffüs prosesi güclənərək işə düşür [199, s.40-41].

Lakin C4 bitkiləri isə müxtəlif ən əlverişsiz və çətin şəraitlərdə, isti və hətta quraqlıq ərazilərdə xarici mühit şəraitinə asanlıqla uyğunlaşa bilirlər. Buna görə də, fotosintezin C3 bitkilərini belə şəraitdə və ərazidə sıradan çıxara bilirlər.

Əslində, C4 fotosintezi təkamül prosesində C3 fotosintezindən xeyli sonra meydana gəlmişdir və onun bir modifikasiyasıdır. Bütün bitkilər Hatç - Stak dövriyyəsində fosfoenolpiruvatkarboksilaza (FEP-karboksilaza) fermentinin iştirakı ilə mezofil hüceyrələrində karbonun birinci fiksasiyasını həyata keçirirlər [172, s. 3508-3509; s. 3527-3529]. Baş verən reaksiyanın nəticəsində oksaloasetat əmələ gəlir və daha sonra malata və yaxud aspartata çevrilir. Bu yolla daha sonra örtük hüceyrələrinə nəql olunur. Burada reduksiyaedici pentozofosfat dövriyyəsinə daxil olan CO₂ dekarboksilləşmə nəticəsində sərbəstləşir. Fotosintezin C3 bitkilərində olduğu kimi C4 bitkilərində də Kalvin dövriyyəsində saxarozanın sintezi üçün istifadə olunan CO₂ üçatomlu şəkərə çevrilir [199, s. 36-37]. CO₂ -nin mezofil hüceyrələrindən örtük hüceyrələrinə aralıq məhsulları şəklində daşınması (nəql olunması), Rubiskonun lokalizə olunduğu yerdə onun konsentrasiyasını nəzərəcarpacaq dərəcədə artırmağa imkan verir [199, s. 40-42]. Nəticədə onun effektivliyi əhəmiyyətli dərəcədə artır, oksigenlə yan reaksiyalardan və beləliklə də nəticədə fototənəffüsdən tamamilə qaçılır. Fotosintezin C4 bitkilərində aktiv qaz mübadiləsinin təmin edilməsi üçün zəruri olan ağzıcağı daim açıq saxlamağa ehtiyac olmur. Bu, CO₂ – nin səmərəli fiksasiyası üsulu ilə baş verə bilər. Beləliklə, transpirasiya zamanı su itkisi azalır. C4 bitkilərinin əlverişsiz hava şəraitində, yüksək temperaturda, quraqlıq yaşayış bölgələrində, yüksək duzluluq şəraitində, CO₂ – nin çatışmazlığı şəraitində böyüyə və inkişaf edə bilməsi məhz bu səbəblə əlaqədardır [65, s. 275].

1.8. Müxtəlif ilbiz növlərinə müxtəlif stres amillərinin təsiri

Molyusklar tipinə mənsub olan ilbizlərin çoxlu növləri məlumdur. Onlar Yer kürəsində qədim zamanlardan mövcud olan və ətraf mühit amillərinin təsirinə davamlı olan canlılardır.

İlbizlər canlı orqanizmlərin minerallar istehsal etməsi prosesi olan biominerallaşma hadisəsi nəticəsində yaranan çanaqlara malikdirlər. Məlumdur ki, biominerallaşma toxumaların və minerallaşmış materialın bərkidilməsinə səbəb olur [185, s.196]. Bu və digər xüsusiyyətlərinə görə çanaqlı üzüm ilbizləri bir çox dünya alimlərinin tədqiqat obyektinə olmuşlar. Onlara müxtəlif faktorların təsirləri öyrənilmişdir [51, s.34-48], [225, s.4-12].

İlbizlər ilə aparılan təcrübələrdə onların çəkisinin müxtəlif faktorlardan asılılığı öyrənilmiş, ilbizlərin çəkisinə temperaturun, hətta havanın nisbi rütubətinin təsiri araşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, ilbizlərin çəkisinə yemək rasionu da nəzərəcarpan təsir göstərir [51, s.34]. Təcrübələr ilin müxtəlif fəsillərində bir neçə dəfə təkrar həyata keçirilmişdir. Ümumiyyətlə, dünyanın bir çox ölkələrində ilbizlər ilə təcrübələrin aparılmasında tədqiqatçılar fəsil faktoruna da böyük önəm verirlər və əsasən tədqiqatların aparılmasını yaz, yay və payız fəsillərində həyata keçirirlər.

Bəzi ölkələrdə ilbizlərin süni çoxaldılması ilə məşğul olan fermalar yaradılmışdır [51, s.35]. Bu fermaların yaradılmasının əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, burada ilbizlər qış yuxusuna getmirlər. Çanaqlı üzüm ilbizlərinin (*Helix pomatia*) və həmçinin digər ilbiz növlərinin süni yetişdirilməsinin üstünlüklərinin artırılması üçün tədqiqatçılar müəyyən işlər görürlər. Bu sahədə aparılan eksperimental işlər əsasən onların çəkirlərinə təsir edən amillərin müəyyən edilməsi ilə bağlıdır. Bu tədqiqatların nəticələrinə əsasən ilbizlərin həyat fəaliyyətləri, yaşama tərzləri, aktivlikləri və bütövlükdə ümumi vəziyyətləri haqqında fikir irəli sürmək olar.

Bu xüsusiyyət eyni zamanda, üzüm ilbizlərinin həyat fəaliyyətləri, aktivlikləri, həyat tərzləri və bütövlükdə ümumi vəziyyətləri haqqında fikir yürütməyə imkan verir. Çoxsaylı tədqiqatlara əsasən məlum olmuşdur ki, çəkisi çox olan ilbizlər çəkisi az olan ilbizlər ilə müqayisədə kənar amillərin təsirlərinə daha davamlı olurlar. Çəki və həmçinin də yaş parametrinə görə böyük ilbizlərin stres təsirlər zamanı sağ qalması ehtimalı daha böyükdür. İlbizlərin yetişdirilməsi ilə məşğul olan fermalarda bu göstəricilər nəzərə alınır.

Lakin marağa səbəb olan bir proses də ondan ibarətdir ki, müxtəlif ədəbiyyatlarda ilbizlərin çəkisinə, inkişafına təsir göstərən amillər barədə fərqli və hətta ziddiyyətli məlumatlar verilir [44, s.171], [84, s.303].

Bəzi ədəbiyyat məlumatlarında qeyd olunur ki, ilbizlərin çəkisinə müəyyən hava şəraiti təsir göstərə bilər. Tədqiqatçılar qrupu ilbizlər ilə apardıqları araşdırmalardan sonra belə qənaətə gəliblər ki, onların yetişdirilməsi isti və rütubətli hava şəraitində həyata keçirilməlidir. Lakin bu alim-tədqiqatçılar ümumi məlumatlar versələr də, konkret olaraq əlverişli temperatur diapazonu və rütubət səviyyəsi haqqında məlumat verməyiblər. İlbizlərin məhsuldar yetişdirilməsi və çəkisinin artırılması üçün zəruri şərait, optimal temperatur və rütubətin qiyməti müəyyən edilməmişdir [51, s.34-35]. Bəzi ədəbiyyatlarda isə qeyd olunur ki, ilbizlərin həyat şəraiti, yaşadıkları torpağın nəmliyi də onların çəkisinə nəzərəçarpan təsir göstərə bilər [66, s.2957-2958]. Bunlara baxmayaraq, ilbizlərin tədqiqinə həsr edilmiş müəyyən ədəbiyyat mənbələri var ki, orada ilbizlərin yetişdirilməsi və çoxaldılması üçün optimal, əlverişli temperatur diapazonu haqqında məlumat verilir və göstərilir ki, məhz belə şərait ilbizlərin aktiv həyat tərzləri və inkişafı üçün əhəmiyyətlidir [84, s.303-304; s.309-311]. Lakin ilbizlərin çoxaldılması prosesində ən böyük çətinlik məhz otaqda temperaturun optimal tənzimlənməsi, yəni onların yetişdirilməsi üçün uyğun temperaturun düzgün müəyyən edilməsidir. Bu da həm çətin və həm də bir qədər baha başa gələn bir prosesdir. Bununla əlaqədar olaraq, ilk növbədə yay fəslində ilbizlərin yaşayış tərzinin normal saxlanması üçün yüksək temperaturun mənfi təsirinin aradan qaldırılması problemi mühüm məsələ kimi qarşıda durur [34, s.140-141].

Bəzi ölkələrdə ilbizlərin çoxaldılması və qidalandırılması ilə bağlı təsərrüfatlarda əsas yem kimi müxtəlif bitki yarpaqları (çuğundur yarpaqları, kələm yarpaqları, turp yarpaqları və s.) istifadə edilir. Bu yemək rasionu başqa ərazilərdə məskunlaşmış ilbizlər üçün də səciyyəvidir.

Avstraliyadakı fermalarda ilbizlər əsasən müxtəlif göyərtilər, xüsusilə turşəng və ispanaq yarpaqları ilə qidalandırılırlar. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, ilbizlərin yemək rasionu cənub və şimal bölgələrində fərqli ola bilər. Beləliklə, üzüm ilbizlərinin həyat fəaliyyəti, çoxalması, qidalanması ilə aparılan çoxsaylı tədqiqatlar göstərir ki, onların

çəkisinə müxtəlif amillərin təsirinin kompleks tədqiqi mühüm məsələdir. Ümumilikdə qeyd etmək olar ki, bu günə qədər müəyyən edilmişdir ki, ilbizlərin yetişdirilməsi ilə məşğul olan fermalarda, təsərrüfat sahələrində qida rasionu, həyat şəraiti, temperatur, torpağın nəmliyi, rütubət kimi amillər ilbizlərin çəkirlərinə nəzərəçarpan təsir göstərir [51, s.40-42]. Hətta müəyyən edilmişdir ki, bəzi tərəvəz məhsullarından ibarət qida rasionu bəzi amillərin mənfi təsirini azalda bilər. Qida rasionuna tərəvəzlərin əlavə edilməsi ilbizlərin həyat tərzlərinə xüsusi təsir edərək müsbət effekt yaradır. Belə ki, tərəvəzlərin yemək rasionuna əlavə edilməsi ilbizlərin aktiv qalmasına və əhəmiyyətli çəki toplamasına imkan verir.

Beləliklə, istər cənub, istərsə də şimal bölgələrində məskunlaşmış ilbizlər üçün əlverişli və uyğun yemək rasionu məhz tərəvəz məhsulları (xüsusilə xiyar) olmuşdur. Alimlər müəyyən etmişlər ki, temperaturun artması ilbizlərin çəkisinin azalmasına, rütubətin artması isə əksinə çəki artımına səbəb olur.

İlbizlərin aktivliklərinə müxtəlif temperaturların təsirləri öyrənilmişdir [165, s. 245-252]. Üç növ quru ilbizlərinin (*Cepaea nemoralis*, *Cepaea hortensis* və *Arianta arbusforum*) 24 saat ərzində müxtəlif temperaturlarda aktivlikləri müşahidə edilmişdir. *Cepaea nemoralis*, *Cepaea hortensis*, *Arianta arbusforum* ilbizləri ilə 0°, 3°, 8°, 17°, 22°, 26°C temperaturlarda, rütubət 100% olduqda 16 saat işıq, 8 saat qaranlıq şəraitində tədqiqatlar aparılmışdır. Hər üç növ ilbizin aktivliyinin temperatur və işığa görə əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdiyi müəyyən edilmişdir. Təcrübələrdən alınan nəticəyə görə bütün növ ilbizlərin aktivliklərinin temperatur və işığın intensivliyinə görə müxtəlif olması aşkar edilmişdir. Aktivlik temperatur 0°C olduqda ən aşağı olmuşdur, yuxarı temperaturlara doğru isə aktivlik artaraq tarazlanmışdır. Həm *Arianta arbusforum*, həm də *Cepaea hortensis* aşağı temperaturlarda *Cepaea nemoralis* -dən daha aktiv olmuşlar. Heterogenliyin əksəriyyətinin qaynağını *Arianta arbusforum* ilə digər iki yaxın növ arasındakı fərq təşkil etmişdir. Işıq və qaranlıq dövrlərindəki fəaliyyətlər nəzərə alındıqda artıq *Cepaea hortensis* və *Cepaea nemoralis* arasındakı fərqlər nəzərə çarpmışdır. *Arianta arbusforum* bütün temperaturlarda *Cepaea* -dan daha aktiv olmuşdur, lakin bu fərq temperatura görə dəyişmişdir. Təcrübələr göstərmişdir ki, təbii şəraitdə ilbizlərin aktivliyinə gündüz

rütubətin aşağı olması mənfi təsir göstərə bilər, lakin gecə aktivlik artır. Hər üç növ ilbizdə işığa nisbətən qaranlıqda daha çox aktivlik müşahidə olunmuşdur. Temperaturun artması ilə *Cepaea nemoralis* ilbizlərində gündüz aktivliyi *Arianta arbusforum* ilbizlərinə nəzərən çox olmuşdur. Nəticə etibarilə isə gecə saatlarında ilbizlərin daha çox aktiv olması müəyyən olunmuşdur [165, s.245-246; s.249-252].

Bundan başqa ilbizlərin böyüməsinə və çoxalmasına temperaturun və fotoperiodun təsirləri öyrənilmişdir [133, s.367-368]. *Helix aspersa* ilbizlərinin böyüməsi və çoxalması müxtəlif şəraitlərdə öyrənilmişdir. Qırx həftə ərzində aparılan tədqiqatlarda ilbizlər dörd temperatur kombinasiyalarında və süni fotoperiodda, həmçinin şəffaf və qeri-şəffaf qablarda iki temperatur şəraitində müqayisəli şəkildə öyrənilmişdir. Nəticədə məlum olmuşdur ki, temperatur amili hər iki prosesə öz təsirini göstərir. Lakin yumurta qoyulandan on həftə sonra optimal temperatur şəraitində (20° C) fotoperiodun olmaması növbəti 15 həftədə yumurta qoyulmasının qarşısını almışdır. Yumurta qoymanın qarşısı alındıqdan sonra zülal vəzi atrofiyaya uğramışdır, bu isə ifrazat məhsullarının toplanmasını göstərir. İlbizlərin böyüməsi qeyri-şəffaf qablarda daha yaxşı olmuşdur. Yumurta qoymaya isə qabların növü təsir etməmişdir.

Bundan başqa ilbizlərə mühitin pH-nın da təsiri öyrənilmişdir [192, s.130]. Məqalədə Norveç göllərindəki və çaylarındakı biotanın ekoloji və biogeografik aspektlərinə həsr olunmuş bəzi nəticələr öz əksini tapmışdır. Çöl tədqiqatları 20 il boyunca aparılmışdır. Turş sulu göllərdə ilbizlərin olmaması müəyyən edilmişdir. PH<5,2 olan göllərdə, su hövzələrində ilbizlərə rast gəlinməmişdir.

1.9. Bəzi stres amillərinin laboratoriya siçovullarına təsiri

Dovşan, siçan, siçovul, balıq kimi heyvanlar sadə heyvanlar deyillər. Onlar laboratoriya heyvanlarına aiddirlər və bu baxımdan çox əhəmiyyətliyərlər. Laboratoriya heyvanları olmasaydı, çox mühüm kəşflər baş verməzdi və müasir elmin inkişafı sadəcə dayanmış olardı. Amma müxtəlif heyvanlar elmdə müxtəlif yollarla iştirak edirlər, istifadə olunurlar və onların arasında ən populyar olanları siçanlar və siçovullardır.

Heyvanlar üzərində aparılan təcrübələr haqqında fikir bildirəndə, adətən dərhal siçan və ya siçovullar təsəvvür edilir. Məhz gəmiricilər eksperimental varlıqların obrazına çevrilirlər.

"Laboratoriya heyvanı" dedikdə laboratoriya siçanı və ya siçovulu nəzərdə tutulur və əksinə. Həqiqətən də, ABŞ Milli Biotibbi Tədqiqatlar Assosiasiyasının statistikasına görə, dünyadakı bütün laboratoriya heyvanlarının 95%-i siçan və siçovullardır [47, s.1-3]. Bunun səbəbini anlamaq çox da çətin deyil. Siçanlar və siçovullar balacadırlar, onları saxlamaq və onlara qulluq etmək asandır. Onlar tez çoxalırlar və çox yaşayırlar. Bütün bunlar siçanlar və siçovulların digər məməlilərdən üstünlükləridir. Həmçinin, onu da qeyd etmək lazımdır ki, gəmiricilər təkamül baxımından bizə digər heyvanlardan yaxındırlar. Bu da insanlar üçün bəzi potensial dərmanları tədqiq edən zaman stres amillərinin canlı sistemlərə təsirini öyrənərkən xüsusilə vacibdir [47, s.3-5].

Adi siçovullardan fərqli olaraq, laboratoriya siçovulları xaraktercə daha yumşaq və daha sakitdirlər. Onlar darıxdırıcı həyata daha yaxşı dözürlər və daha davamlıdırlar, yetkinlik yaşına daha tez çatırlar və daha çox nəsil verirlər. Siçovullar ilə ilk genetik təcrübələr XIX əsrin 70-80-ci illərində aparılmağa başlamışdı. 1908-ci ildə isə siçovullar qidalanma və pəhrizlərlə məşğul olan tədqiqatçılar tərəfindən istifadə olunmağa başlandı. Beləliklə, laboratoriya siçovulları geniş elmi perspektivlərə yol açdılar.

Biotibbi tədqiqatlarda siçovulların mühüm üstünlüyü var - insanlarda müəyyən xəstəliklərlə əlaqəli olan demək olar ki, bütün genlər üçün siçovullarda analoji gen tapmaq mümkündür. Hazırda ətraf mühit çirkləndiricilərinin, ekoloji problemlərin olduğu bir şəraitdə canlı orqanizmlərə, o cümlədən də insanlara stresin təsiri nəinki azalmır, əksinə artır. Bununla əlaqədar olaraq, stresə qarşı dayanıqlığın əsaslarının problemləri mühüm bioloji aktualıq kəsb edir. Stresə qarşı reaktivlik, stresə qarşı davamlılıq dəyişən mürəkkəb həyat şəraitində, ekstremal vəziyyətlərdə və digər stres təsirlər altında uyğunlaşmanın, həyat qabiliyyətinin əsas meyarlarıdır. [42, s.3] işlərində müxtəlif stres amillərinin laboratoriya siçovullarının davranışına, həyat fəaliyyətlərinə, sərbəst radikalların lipid oksidləşməsinə təsiri tədqiq edilmişdir.

Tədqiqatçılar stres amili olaraq emosional ağrı faktorunun siçovulların həyat fəaliyyətlərinə, davranışlarına təsirlərini tədqiq etmişlər və müəyyən etmişlər ki, belə stres amil laboratoriya siçovulların həyat aktivliklərinə, yaşama tərzlərinə ciddi təsir göstərir. Belə təsir xüsusilə özünü siçovullarının müəyyən davranışlarında, məsələn, hərəkətliyində azalma, passivlik və s. xüsusiyyətlərin yaranmasında göstərir. Tədqiqatlardan alınan nəticələr göstərmişdir ki, orqanizm stres amillərinin təsirinə lipidlərin prooksidləşməsini aktivləşdirməklə, orqanizmin kompensasiya sistemi isə katalaza aktivliyini artırmaqla cavab verir [42, s.3], [16, s.19-20]. Aparılmış tədqiqatlarda müxtəlif yaşlarda olan siçovulların qanında və toxumalarında olan müəyyən proseslərə stresin müxtəlif dərəcədə təsiri aşkar etmişdir. Stresə daha aktiv reaksiya verən gənc siçovulların mədə mukozası və periodontal toxumalarının onun zədələyici təsirlərinə daha çox həssas olduğu müəyyən edilmişdir [16, s.21-23].

Kəskin emosional-ağrı stresinin çoxalması zamanı yaranan yüksək emosional gərginliyin göstəriciləri siçovulların açıq-aydın vegetativ reaksiyaları olmuşdur: hərəkət həyəcanı, yüksək gərginlik, vokalizasiya. Hədsiz ağrı qıcıqları cavan siçovullarda aktiv reaksiyası çağırırdı, onların bir platformadan digərinə tez-tez hərəkət etməsinə səbəb olurdu [16, s.21]. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, yaşlı siçovullar elektrik cərəyanına zəif reaksiya verirlər. Onların reaksiyaları çox zəif, ləng baş verir və onlar eksperimental qəfəsdə tez-tez hərəkəti dayandırırırlar.

Məlum olmuşdur ki, istənilən yaş kateqoriyasına aid olan laboratoriya siçovullarında kəskin emosional-ağrı stresi onların müxtəlif orqanlarında, xüsusilə qanda, qaraciyərdə dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Cavan siçovullardan fərqli olaraq, yaşlı siçovulların qan nümunələrində eritrositlərin peroksid hemolizinin artması tendensiyası müşahidə edilmişdir. Onların qan zərdabında lipoproteinlərin ümumi cəm fraksiyasının tərkibinin yüksəlməsi artma tendensiyasına meyli olmuşdur. Bu siçovulların qan zərdabında aşkar edilmişdir ki, asil-hidroperoksidlərin səviyyəsi nəzərəçarpan dərəcədə dəyişmişdir. Eyni zamanda yaşlı siçovulların qaraciyər homogenatlarında peroksid proseslərinin sürətlənməsi müşahidə edilmişdir.

Tədqiq olunan tədqiqat obyektlərində cavan siçovulların parametrlərində fərqli dəyişikliklər müşahidə edilmişdir. Beləliklə, kəskin emosional-ağrı stresi eritrositlərin

peroksid hemolizində nəzərəçarpan artımına səbəb olmuşdur ki, bu da qanda lipidlərin peroksidləşməsi proseslərinin artmasına və eyni zamanda eritrosit membranlarının lipid antioksidant tokoferol ilə doyma halının azalmasına işarə etdiyini göstərir. İlk lipid peroksidləşmə məhsullarının tərkibinin - qan zərdabında lipoproteinlərin ümumi fraksiyasının - 1,5 dəfə ($p = 0,004$) və cavan siçovulların intakt qruplarının məlumatları ilə müqayisədə qan serumunda asil-hidroperoksidlərin tərkibi 1,4 dəfə ($p=0,004$) artması müəyyən edilmişdir. Yaşlı heyvanlardan fərqli olaraq, stresə məruz qalmış cavan siçovullarda qaraciyər homogenatlarında ikiqat lipid peroksidləşmə məhsullarının toplanmasının kinetikasi nəzərəçarpan dərəcədə dəyişməmişdir. Bu heyvanların qaraciyərində antioksidant müdafiə fermenti olan qlutatiyon reduktazanın aktivliyində nəzərəçarpan və çox önəmli (1,8 dəfə; $p=0,05$) azalma aşkar edilmişdir ki, bu da hüceyrədaxili qlutatiyon metabolit sistemində antioksidant müdafiənin kifayət qədər olmadığına dəlalət edir. Beləliklə, aparılan ardıcıl eksperimentlər nəticəsində kəskin emosional – ağrı stresinin müxtəlif yaşlarda olan siçovulların qanında və toxumalarında bir sıra proseslərə, o cümlədən lipidlərin peroksidləşməsinə fərqli təsir etdiyi müəyyən edilmişdir. Müşahidə edilmişdir ki, əgər yaşlı siçovulların qaraciyər orqanlarında peroksid məhsulları cavan siçovullara nisbətən daha sürətlə toplanırsa, cavan heyvanların qanında ilk lipid peroksidləşmə məhsullarının daha çox nəzərəçarpan aktivləşməsi baş verir. Müxtəlif yaş dövrlərində olan siçovulların alveolyar prosesinin sümüklərində stresin təsiri altında lipid peroksidləşmə proseslərində nəzərəçarpan artım aşkar edilməmişdir. Göstərilən stres təsir nəticəsində stresə daha aktiv cavab reaksiyası verən cavan siçovulların periodontal toxumaları və mədənin selikli qişası stresə daha həssas olmuşdular [16, s.24]. Stres amillərinin təsiri zamanı mədənin selikli qişasında və periodontal toxumalarda metabolik və struktur dəyişikliklərin paralelliyi [159, s.1397], [43, s.24-25] işlərində göstərilmişdir. Həzm sisteminin bu iki hissəsinin qarşılıqlı asılılığı, çox ehtimal ki, neyrohumoral təsirlərin vəhdəti və birliyi, eləcə də onların patogen ətraf mühit amillərinə yüksək həssaslığı ilə şərtlənir.

Bundan başqa radiasiyanın təsirinə məruz qalmış laboratoriya siçovullarının da qan zərdabları öyrənilmişdir. Müxtəlif stres amillərinin, o cümlədən radiasiyanın

təsirinə məruz qalan laboratoriya siçovullarının qan nümunələrinin biokimyəvi analizləri aparılmış, müəyyən parametrlər öyrənilmişdir [36, s. 133-137]. Qan nümunələrinin biokimyəvi analizi qamma şüalanmanın yüksək dozalarının təsirindən sonra araşdırılmışdır. Bu eksperimentlər şüalanmadan sonra müxtəlif dövrlərdə təkrar aparılmışdır. Məlum olmuşdur ki, laboratoriya siçovulları kəskin radiasiyaya məruz qaldıqdan 10 gün sonra, onların qan nümunələrinin biokimyəvi göstəricilərində müəyyən dəyişikliklər yaranır. Bundan başqa qamma radiasiyanın yüksək dozasının təsirindən sonra siçovulların qan nümunələrinin öyrənilməsi göstərdi ki, bu təsir qanda qlükozanın konsentrasiyasının azalmasına səbəb ola bilər.

Laboratoriya siçovulları ilə aparılan təcrübələrdə bioetik normaların nəzərə alınması, tələb olunan bütün qaydalara riayət edilməsi mütləqdir. Radiasiyanın təsirinin öyrənilməsi zamanı təcrübələrdə çəkisi təqribən 200-250 q olan və yaşı 6-8 ay arasında dəyişən siçovullar tədqiqat obyektləri olmuşlar. Onların şüalanması İGUR qurğusunun köməyi ilə aparılmışdır. Mənbə ^{137}Cs olmuşdur. Siçovullar 1 Qr dozada şüalandırılmışlar və həmin vaxt üçün dozanın gücü 0,9 Qr/dəqiqə təşkil edirdi. Tədqiqatçılar müəyyən etmişlər ki, 1 Qr dozada ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın təsiri laboratoriya siçovullarında hər hansı şüa xəstəliyinin yaranmasına və inkişafına, müəyyən xəstəliklərin klinik əlamətlərinə səbəb olmamışdır. İlk stres olan ionlaşdırıcı şüalanmadan 4 gün sonra, ikinci stres olaraq heyvanlar sərt fiksasiya ilə təqribən 4-6 saat müddətində uzanmış vəziyyətdə stresin təsirinə məruz qalmışlar. Kontrol siçovullar şüalanan siçovullar ilə eyni vaxtda belə bir stressə məruz qalmışdılar. Kontrol obyekt olaraq da müvafiq yaşda olan heyvanlar – siçovullar seçilmiş və eksperimentlərdə istifadə edilmişdir.

Beləliklə, laboratoriya siçovulları ilə aparılan təcrübələrdə aldıkları stressə müvafiq olaraq onlar dörd qrupa bölünmüşlər: 1-ci qrupa aid siçovullar heç bir stres faktorun təsirinə məruz qalmamışlar. Onlar kontrol obyektlər adlandırılmışlar. 2-ci qrupa aid siçovullar müxtəlif dozalarda radiasiya amilinə məruz qalmışlar. 3-cü qrupa aid siçovullar stres faktor kimi sərt fiksasiyaya məruz qalan laboratoriya siçovulları olmuşdur. 4-cü qrupa aid laboratoriya siçovulları isə ikiqat stressə məruz qalmışlar. Onlar həm şüalanmış və həm də sərt fiksasiyaya məruz qalmışlar.

Stresə məruz qalmış laboratoriya siçovullarında hematoloji parametrlərin öyrənilməsi heyvanlar şüalandıqdan on gün sonra aparılmışdır. Nəticədə siçovulların periferik qan nümunələrində fotoelektrokolorimetrik üsulun köməyi ilə aşağıdakı parametrlər müəyyən edilmişdir: qanda qlükozanın səviyyəsi (bu parametr stres reaksiyasının inkişafının göstəricilərindən ən mühümlərindən biri kimi təyin edilmişdir); iki fermentin - aspartat aminotransferaza (AST) və alanin aminotransferazanın (AlAT) aktivliyi müəyyən edilmişdir. Bu araşdırma miokardın və qaraciyərin patologiyasının diaqnostikasının müəyyən edilməsi məqsədi ilə aparılmışdır [36, s.135].

II FƏSİL

MATERİALLAR VƏ TƏDQIQAT METODLARI

2.1. Tədqiq olunan bitki obyektləri

Dissertasiya işi yerinə yetirilərkən bitki nümunələri ilə *in vivo* və *in vitro* tədqiqatları aparılmışdır. Aparılan tədqiqat işlərində Abşeron yarımadasında geniş yayılmış müxtəlif növ bitkilər: ağac və kol bitkiləri, su bitkiləri, eyni zamanda müxtəlif bitki toxumları, onların qabıqları və cücərtiləri öyrənilmişdir.

İlkin tədqiqat işlərində əsasən Abşeronun Ramana qəsəbəsində yerləşən və hazırda fəaliyyət göstərməyən Yod zavodu ərazisində dominantlıq təşkil edən bitkilər (iydə (*Elaeagnus angustifolia* L.), qamış (*Scirpus lacustris* L.), cığ (*Juncus Acutus* L.), dəvətikanı (*Alhagi pseudalhagi* L.), həlməl (*Zygophyllum fabago* L.), razyana (*Foeniculum vulgare* M.)) bitkiləri, onların yarpaq, gövdə, toxum və toxum qabıqları öyrənilmişdir [140, s.316].

Bundan başqa tədqiqat obyektlərimiz Abşeron yarımadası üçün xarakterik bəzi ağac və kol bitkiləri olmuşdur: zeytun (*Olea europea* L.), əncir (*Ficus carica* L.), eldar şamı (*Pinus eldarica* M.), tubulqa (*Pyracantha coccinea*), arıçubuğu (*Ligustrum lucidum* L.) və nar (*Punica Granatum*).

Zeytun (*Olea europaea* L.) - Zeytun fəsiləsinə aid olan bitki cinsidir. Həmişəyaşıl və qiymətli ağac növüdür. Yalnız kəskin quraqlıq şəraitində və ümumiyyətlə, çox nadir hallarda bu ağac öz yarpaqlarını itirə bilər. Ətraf mühit amillərinin təsirinə, quraqlığa, hətta -10° C temperatürə qədər şaxtaya dözümlüdür və istənilən növ torpaqda bitir. Böyümə və inkişafı 500 ilə qədər davam edə bilər. Zeytunun yarpaqları özünəməxsus rəngə (üst hissəsi tünd yaşıl, alt hissəsi isə gümüşü rəngə) çalır, uzunsov, bir qədər qalın quruluşa malikdirlər. May-iyun aylarında xırda, ağ rəngli çiçəklər açır. Meyvələri birtoxumludur. Azərbaycanda, xüsusilə Abşeronda geniş becərilir. Demək olar ki, Abşeronun hər güşəsində zeytun ağaclarını görmək mümkündür.

Əncir (*Ficus carica* L.) Abşeronun ən qiymətli ağac növlərindən hesab olunan subtropik meyvə ağacıdır. Bu bitki növü Azərbaycanda, xüsusilə də Abşeronda geniş

yayılmışdır. Əncir yüksək kaloriliyi, şirinliyi ilə digər meyvələrdən fərqlənir. Yarpaqları iri və sərtidir. Alimlər müəyyən ediblər ki, əncir yarpaqlarından hazırlanan sulu dəmləmə və spirtli ekstrakt ürək fəaliyyətinə çox yaxşı təsir edir, həmçinin qan təzyiqinin azalmasında mühüm əhəmiyyəti vardır.

Azərbaycanın ən qiymətli bitkilərindən biri də nardır. Nar (*Punica Granatum*) – Azərbaycanın bir çox ərazilərində, xüsusilə də Göycay rayonunda, eyni zamanda Abşeronda da geniş yayılmışdır. Nar dənələri müxtəlif vitaminlərlə zəngindir: C, B6, B12, P. Eyni zamanda, narda mineral və mikroelementlərin konsentrasiyası yüksəkdir: kalium, maqnezium, kalsium, dəmir, natrium, fosfor və s. [189, s.7071]. Ürək-damar sistemi üçün, immun sistemin gücləndirilməsi üçün, xəstəliklərdən sonra orqanizmin bərpası proseslərində nar şirəsi və nar meyvələrinin əhəmiyyəti əvəzsizdir. Tibdə bu bitkinin demək olar ki, hər yeri: qabığı, çiçəkləri, şirəsi, meyvələri, ağ kiçik tumları, meyvələrarası pərdəsi geniş tətbiq olunur. Yarpaqları uzunsov, nazik, parlaq, tamkənarlı və qalındır.

Tubulqa (*Pyracantha coccinea*) – demək olar ki, dekorativ bitki növü kimi çox məşhurdur. Həmişəyaşıl kol bitkisi olaraq parklarda, bağ ərazilərində yetişdirilir. Gövdəsinin üzərində uzun tikanları olur. Meyvələri yumru formada, qırmızımtıl rəngdədir. Yarpaqları qalın, tünd yaşıl rəngli, uzunsov, tamkənarlı, üstdən parlaq, altdan tutqun rəngli olur.

Arıçubuğu (*Ligustrum lucidum L.*) – həmişəyaşıl ağac növüdür. Bu ağacın hündürlüyü 10 m-ə qədər ola bilər. Yarpaqları tünd yaşıl rəngli və parlaqdır. Gözəl ətirli, balaca, ağ rəngli çiçəkləri olur. Arıçubuğu dekorativ ağac növüdür. Abşeronda kifayət qədər geniş yayılıblar. Bəzi ölkələrdə arıçubuğu dərman bitkisi kimi istifadə olunur. Bu bitkinin toxumlarından müəyyən xəstəliklərdə, xüsusilə oynaq ağrıları, göz xəstəlikləri, ciyər və böyrəklərin müalicəsində istifadə edilir.

Eldar şamı (*Pinus eldarica M.*) – hündür, gözəl görkəmli ağac növüdür, düz gövdəli və geniş çətirlidir. Şamkimilər fəsiləsinə aid olan bu ağac iynəyarpaqlıdır, hündürlüyü 20 m-ə qədər çatır. Sərt uclu iynəyarpaqları həmişəyaşıl olub 10-15 sm – dək uzunluğa çatır və C vitamini, eyni zamanda karotin ilə zəngindir. Yarpaq qınları 1 sm uzunluqda olur. Eldar şamı ağacının oduncağı da çox əhəmiyyətlidir. Ondan

tikinti materialı kimi istifadə edilir, kanifol istehsal olunur. Həmçinin, yaşllaşdırmada Eldar şamı ağacı böyük üstünlüyə malikdir. Azərbaycanın meşələrində, parklarında bu ağac növünə çox rast gəlmək mümkündür.

Tədqiqatlar zamanı, həmçinin laboratoriya şəraitində aparılan təcrübi işlərdə model sistem kimi dənli taxıl bitkilərindən buğda (*Triticum L.*), qarğıdalı (*Zea mays L.*), paxlalı dənli bitkilərindən noxud (*Cicer arietinum L.*) istifadə edilmişdir. Model sistem kimi, eyni zamanda bəzi su bitkiləri: Su limnofilasası (*Limnophila aquatica*), Elodea (*Elodea canadensis*) tədqiq edilmişlər.

Su Limnofilasası (*Limnophila aquatica*) bitkisinə adətən təbiətdə durğun sulu bataqlıqlı su hövzələrində rast gəlinir. Bu bitki akvarium bitkisi kimi də tanınır. Akvariumların bəzədilməsində onlardan geniş istifadə olunur. *Limnophila aquatica* ən gözəl və geniş yayılmış su bitkilərindən biridir, istisevən bitkidir. Onun üçün əlverişli su temperaturu 24-28° C təşkil edir. Suyun sərtliyi onun üçün xüsusi əhəmiyyət daşımır. Belə ki, bu bitki həm çox yumşaq, həm də nisbətən sərt suda yaxşı böyüyür. Bitki həftədə bir dəfə akvariumdakı suyun həcmnin 1/4 hissəsinin dəyişdirilməsini tələb edir. Su təmiz olmalıdır, əks halda bitkinin qaralması və deqradasiyası baş verir. Limnofila uzun gövdəsi olan bitkidir. Yarpaq düzümü hər birində 3-10 ədəd yarpaq olan dəstə şəklindədir. Bu dəstənin diametri 12 sm-ə çata bilir. Solğun-mavi rəngli çiçəkləri olur. Limnofilanın hündürlüyü 50 sm-ə çata bilir. Akvariumdakı suyu aktiv olaraq oksigenlə zənginləşdirir və təmizləyir. Çox sürətlə, təxminən həftədə 5 sm-ə qədər böyüyür. Limnofilanın optimal böyüməsi üçün suyun parametrləri: sərtlik 3-15°, pH 6.0-7.5, temperatur 24-28° C olmalıdır. Adətən 22° C-dən aşağı temperaturda bitki özünü qənaətbəxş hiss etmir [27, s.5].

Su limnofilasası üçün parlaq işıqlandırma amili də çox mühüm rol oynayır. Adətən süni işıqlandırma üçün lüminessent lampalardan istifadə etmək olur. Zəif işıqlanmada onun gövdəsi zəifləyir, görünüşü nəzərəçarpacaq dərəcədə korlanır. Gün ərzində işıq müddəti 10-13 saat təşkil edir. Kök sistemi çox incə, həssas və zəifdir. Ona görə də torpaq qismində iri dənəli qum və ya kiçik çınqıllardan istifadə etmək olar. Suyun dibi təmizlənərkən gövdə zədələnersə bitki məhv olur və suyun səthinə çıxır. Limnofilanın çoxaldılması üçün onun uzun gövdəsi 15-20 sm uzunluqlu 4-5 yarpaqlı

hissələrə bölünür və torpağa əkilir. Yeni kök sistemi onlarda bir qayda olaraq 4-5 gün sonra yaranır. Ümumiyyətlə, yarpaqları çox incə olduğundan bu bitki ilə çox ehtiyatla rəftar olunmalıdır.

Elodea (Elodea canadensis) bitkisi çox tez böyüyən, uzunluğu iki metrə çatan və çox budaqlanan gövdəyə malikdir. Elodeanın gövdəsi nazik və çox incədir, kökləri isə yoxdur. Bitkinin nazik, uzunsov yarpaqları gövdə üzərində sıx yerləşib. Elodeanın yarpaqları parlaq yaşıl rəngdə olur. Gövdənin yuxarı hissəsində yarpaqların rəngi aşağı hissədə bitən yarpaqların rəngindən açıq olur. Bu bitki su hövzələrində çoxlu miqdarda olduqda onların təsərrüfatda istifadəsini məhdudlaşdırır, balıqçılığa və gəmiçiliyə mane olur. Eyni zamanda bitkilərin ən yaşıl kütləsi iqtisadi məqsədlər üçün (gübrələmədə, heyvandarlıqda yem kimi və s.) uğurla istifadə edilə bilər. *Elodea* populyar akvarium bitkisi kimi tanınır. Rənginin parlaq-yaşıl olması üçün torpağa və yaxud quma əkmədən onun budaqlarını suyun səthində saxlamaq lazımdır. Bir müddət sonra onun gövdəsinin aşağı hissəsi torpağa çatır. Buna görə də, akvariuma mümkün qədər az su tökmək lazımdır ki, onun kökü torpağa, akvariumun dibinə rahatlıqla çata bilsin [27, s.179].

Elodea qış aylarında akvariumda zəif inkişaf edir. Ümumiyyətlə, *elodea* bitkisinin yaxşı inkişaf etməsi və böyüməsi üçün əsas şərtlərin olması müəyyən edilmişdir. *Elodea* bitkisinin yayda yarıkölgəli, qışda isə yuxarı hissədən intensiv, güclü işıqlandırılan yerdə olması lazımdır. Bundan başqa *elodea* su bitkisinin torpaqda yaxşı kök salssa bilməsi və yetişdiyi su mühitində temperaturun 12°C-dən aşağı olması onun inkişafına müsbət təsir edən şərtlərdəndir.

Elodea akvarium üçün çox faydalı və əhəmiyyətli bir bitki hesab olunur, çünki suda olan çirkəbi udur və akvariumdakı suyun təmizlənməsinə çox kömək edir. Təbii şəraitdə sürətlə çoxalır. Onun bir budağı bir neçə il ərzində bütün gölməçəni və ya hətta bir çayı doldurmaq üçün kifayət edir. Suda natrium xlorid və dəmir oksidinin olması bitkinin məhvinə gətirir [103, s.66-67].

2.2. Tədqiq olunan heyvan obyektləri

Aldığımız nəticələrin bütün canlı sistemlərə aid olduğunu, yəni ümumiliyini və

universallığını göstərmək üçün canlı sistem olaraq müxtəlif növ bitkilərlə yanaşı, bəzi heyvan orqanizmləri də öyrənilmişdir. Heyvan orqanizmlərindən tədqiqat obyektləri olaraq təbiətdən yığılan çanaqlı üzüm ilbizləri (*Helix pomatia*) və model sistem kimi laboratoriya şəraitində tədqiq olunan laboratoriya siçovulları (*Wistar albino*) seçilmişdir.

2.2.1. Çanaqlı üzüm ilbizləri

İlbizlər Molyusklar tipinin ən geniş yayılmış sinfi hesab olunur. Təbiətdə çanaqlı və çılpaq ilbiz növləri mövcuddur. Onlar quru mühitdə, dənizlərdə və okeanlarda, şirin su hövzələrində yayılıblar. İlbizlərin bədəni 3 hissədən ibarətdir: baş, gövdə və qarın hissədə yerləşən əzələli ayaqlar. Qan plazmasında həll olunmuş şəkildə hemosianin – tərkibində mis molekulu olan zülalı daşıyır [34, s.140-141], [185, s.196].

Üzüm ilbizlərinin həyat qabiliyyətləri yüksək inkişaf etmişdir və bununla onlar bir çox heyvan orqanizmlərindən seçilir. Təcrübələr göstərib ki, onlar müxtəlif stres amillərinə qarşı çox davamlıdırlar, qidalanmadan 3 il yaşaya bilirlər. Qış fəslində torpağın altında, həmçinin ağac gövdələrinin qabıqlarına sığınaraq öz aktivliklərini davam etdirirlər.

Adətən nəmli yerlərdə və payız aylarında, xüsusilə də yağışdan sonra ilbizlərə daha çox rast gəlmək olur. Onların bədəni bol mayedən ibarət olduğu üçün adətən soyuq havalarda donur, isti havalarda isə bədənlərindən su itirərək quruya bilirlər. İlbizlərin ölçüləri 2-3 mm-dən bir neçə santimetrə qədər olur. Onlar hərəkət edərkən iz buraxırlar. Buna səbəb ilbizlərin parlaq rəngdə selikli maye istehsal etmələridir. Bu maye musin adlanır. Adətən ilbizlər hər hansı təhlükə hiss etdikdə, çanaq zədələndikdə, müəyyən xarici amillərin, temperaturun, radiasiyanın təsiri zamanı musin adlanan mayeni ifraz edirlər [189, s.12155]. İlbizlərin müalicəvi əhəmiyyəti məhz musin sayəsindədir. Onlardan üz dərisi üçün çox bahalı kremlər hazırlanır. Hətta üzdəki qırışlar, arzuolunmaz xallar və dəri qocalması "ilbiz terapiyası" vasitəsilə müalicə olunur [175, s.1-2], [225, s.1-2]. İlbizlərin çoxlu sayda növləri mövcuddur: göl ilbizləri, makara ilbizləri, çılpaq ilbizlər, üzüm ilbizləri (*Helix pomatia*) və s. Tədqiqatlarımızda araşdırdığımız məhz üzüm ilbizləri olmuşdur. Abşeron yarımadasında onlar geniş

yayılıblar. Qədim zamanlardan bəzi ökələrdə ilbizlərdən qida kimi istifadə edilməsi məlumdur [78, s.49-50]. Növlərindən asılı olaraq ilbizlərin yaşama yerləri fərqli ola bilər. Məsələn onlara parklarda, meşə ərazilərinin kənarlarında və s. yerlərdə rast gəlmək olar. Demək olar ki, qış fəslindən başqa bütün fəsillərdə ilbizlər aktiv həyat sürürlər. Havalar soyumağa başladıqdan sonra, ilin qış fəslində isə ilbizlər torpağın dərinliyinə və yaxud ağac qabıqlarının altına girirlər və qış yuxusuna gedərək anabioz həyat sürürlər. İlbizlər anabioz vəziyyətə düşdükdə öz çanaqlarını ifraz ütdikləri musindən hazırladıqları epifraqma adlanan xüsusi müdafiə pərdəsi ilə bağlayırlar (şəkil 2.2.1). Onların hazırladıqları epifraqmanın qalınlığı fərqli olur ki, bu da ilbizlərin yaşadığı mühitdə qış fəslinin sərtliyindən asılı olaraq dəyişir [171, s.87-88].



Şəkil 2.2.1. Çanaqları epifraqma ilə bağlanan ilbizlər.

(mənbə: <https://ulito4ka.ru/soderjanie/spyachka-ulitki.html>)

Müəyyən edilmişdir ki, anabioz dövründə ilbizlərin çəkələrində 10% azalma müşahidə olunur. Anabioz dövründən çıxdıqdan sonra isə ilbizlərin çəkisində bərpa prosesi mümkün olur. Həmçinin anabioz dövründə ilbizlərin ağız yuxarı vəziyyətdə olduqları da müəyyən edilmişdir. Belə hal qış fəslindən sonra ilbizlərin asanlıqla oyanmalarını təmin edir.

İlbizlərin aktivlikləri hava şəraitindən asılıdır. Adətən quru havalarda onların aktivlikləri çox zəif olur. Çox isti temperaturlarda onlar demək olar ki, çanaqda otururlar və özlərini susuzluqdan qoruyurlar. Rütubətli hava isə onlara müsbət təsir

edir. Yağışlı havalarda ilbizlərin aktivliyi artır. Onlar belə günlərdə çanaqlarını bağladıkları epifraqma pərdəsini yeyirlər və aktiv hərəkətə başlayırlar. Həmçinin bu günlərdə onların hərəkətmə sürətləri də artır. İlbizlərin regenerasiya bacarıqları da vardır. Çox maraqlıdır ki, onların hər hansı bir orqanları zədələnsə və ya başqa bir heyvan tərəfindən məhv edilərsə, ilbizlər ölmürlər. Təxminən 2-4 həftə ərzində onların həmin orqanları yenidən bərpa olunur. Üzüm ilbizlərinin yaşama müddəti orta hesabla 7-8 il təşkil edir, lakin bəzən 20 ilə qədər də davam edə bilər [169, s.17-18], [76, s.33-34].

2.2.2. Laboratoriya siçovulları (*Wistar albino*)

Tibb elminin inkişafı üçün aparılan tədqiqatlarda bəzi laboratoriya heyvanlarından istifadə edilir. Müasir dövrdə tibb sahəsində çalışan alimlər heyvanlar üzərində tədqiqatlar apararaq bir çox xəstəliklərin müalicəsi, immun sistemin gücləndirilməsi, müəyyən xəstəliklərə qarşı peyvəndlərin hazırlanması və tətbiq edilməsi, dərman preparatlarının hazırlanması üçün laboratoriya heyvanlarına üstünlük verirlər. Heyvan orqanizmlərində paramaqnit mərkəzləri öyrənərkən tədqiqatlarda biz əsasən laboratoriya siçovullarına üstünlük verdik. Bu tədqiqatlarda bioetik qaydalara əməl edilmişdir.

Laboratoriya siçovulları ilə aparılan təcrübələrdə tətbiq edilən anesteziya maddələri 2 qrupa ayrılırlar: 1) yerli, 2) ümumi.

1. Yerli (lokal) – bədənin hər hansı kiçik bir hissəsində hissetmənin itirilməsi üçün tətbiq edilir. Bunlardan daha geniş istifadə olunanlar bunlardır - prokain (novokain) və lidokain (ksilokain).

2. Ümumi – bütün bədəndə hissiyatın yox edilməsi üçün tətbiq edilir. Bunlar da öz növbəsində 2 qrupa ayrılır: inyeksiya və inhalyasiya yolu ilə bədənə yeridilən maddələr. Tiyopentan, metoheksiton, pentobarbiton, inaktin, ketamin, alfaksalon / alfadolon kimi maddələr inyeksiya vasitəsilə laboratoriya heyvanlarının bədənlərinə inyeksiya şəklində yeridilir. Metoksifluran, halotan və izofluran kimi maddələr isə inhalyasiya vasitəsilə heyvanlara verilən keyitmə maddələridir.

Laboratoriya siçovulları çox erkən cinsi yetkinliyə çatırlar. Onların çoxalmaları

mövsümdən asılı olmayaraq baş verir. Bu heyvanlar gecələr çox aktiv olurlar. Onların fəaliyyətlərinin çoxu gecələr və ya səhərə yaxın olur, ömürləri orta hesabla təxminən 2,5-3,5 il arasında dəyişir. Tam böyümə və inkişafı 6-8 ay çəkir. Təqribən 40-50 günlərində bu heyvanlar artıq cinsi yetkinliyə çatırlar. Yetkinliyə çatmış erkək siçovulların çəkisi 450-500 q, yetkinliyə çatmış dişi siçovulların çəkisi isə 250-300 q ağırlığında olur. Laboratoriya siçovullarının bədən temperaturları $35,9-37,5^{\circ}\text{C}$ - dir. Tənəffüs hərəkətləri 75-130 dəqiqə, ürək döyüntüləri 200-300 dəqiqə olur. Hamiləlik bu heyvanlarda 22 gün davam edir və bir dəfədə 7-14 bala doğulur. Yeni doğulmuş balaların çəkisi 5 – 7 q olur.

Kiçik gəmiricilər bütün bədən orqanlarına ehtiyac olan təcrübələr üçün çox ideal və əlverişli seçimdir. Onlar nisbətən kiçikdirlər və məhsuldar olaraq çoxalırlar. Eyni zamanda laboratoriya siçovullarının orqanlarının stresə olan reaksiyaları fizioloji baxımdan insanlarla bənzərdir. Bütün bunlar da aparılan tədqiqat işlərində böyük önəm daşıyır [46, s. 97-98].

Müxtəlif təcrübələrdə istifadə olunması üçün alınan qanın minimum stres ilə götürülməsi çox vacibdir. Çünki ən kiçik stres belə alınan nəticədə xətanın miqdarını dəyişə bilər. Təcrübədən asılı olaraq qanın alınma yeri, miqdarı və növü (arterial və ya venoz) fərqli olur. Çox mühüm və önəmli şərtlərdən biri də ondan ibarətdir ki, bu proses bioetik qaydalara uyğun olaraq həyata keçirilməlidir [109, s.40].

Adətən siçovullarda təcrübələr zamanı qan ürəkdən, quyruq venası və ya arteriyasından alınır. Ürəkdən qan alma, adətən böyük miqdarda qan tələb olunan hallarda və təcrübəyə son verilmə mərhələsində istifadə olunur. Belə prosedurun həyata keçirilməsindən əvvəl siçovul düzgün şəkildə anesteziya edilməlidir. İynə siçovulun döş qəfəsinin sol tərəfinə şaquli olaraq daxil edilir və cüzi şəkildə sıxılır. Qan iynənin qantoplama hissəsində görünən kimi təsir kəsilir.

Quyruqdan qan alma zamanı əvvəlcə siçovul ona uyğun olan anesteziya maddə ilə uyşdurulur. Siçovulun lateral quyruq venasına iynə ilə (25-30 nömrəli) 20-30 dərəcə bucaq altında daxil olunaraq təqribən 0,5 ml-ə qədər qan alınır. Damar gözlə görünməyən halda ilıq suya (40°C) salınır, bununla da damarın görünməsi təmin edilir. Başqa bir üsul isə quyruğun ucunu kəsməkdən (kəsikdən biraz yuxarıda ipək iplə

bağlamaq şərti ilə) ibarətdir. Qan alınandan sonra kəsik nahiyəsinə yüngül təzyiq tətbiq etməklə qanaxma dayandırılır [194, s.2-3]. Siçovullardan alına biləcək qanın maksimum miqdarı 10-15ml - dir. Ümumi qanın miqdarı isə onlarda 50-65 ml təşkil edir. Laboratoriya siçovulları biotibdə istifadə üçün çox mühüm model heyvanlardır.

2.3. Tədqiqat obyektlərinin şüalandırılması

Aparılan tədqiqatlarda şüalandırılan tədqiqat obyektləri müxtəlif bitki nümunələrinin toxumları (buğda, qarğıdalı) və eyni zamanda bəzi heyvan orqanizmləri (çanaqlı üzüm ilbizləri və laboratoriya siçovulları) olmuşdur. Tədqiqat obyektləri ionlaşdırıcı qamma radiasiya və UB radiasiya ilə şüalandırılmışlar. Şüalandırma zamanı nümunələrin letal və yarımletal dozaları nəzərə alınmışdır.

Təcrübələrdə nümunələrin ionlaşdırıcı qamma radiasiya ilə şüalandırılması “RXUND – 20000” ($D = 1.722 - 0.269$ Rad/san arasında dəyişmişdir), “URI” ($D = 8.965 - 7.008$ Rad/san arasında dəyişmişdir) və “MRX- γ 25” ($h=10,5$; $D = 136.165 - 100.453$ Rad/san arasında dəyişmişdir) qurğularında aparılmışdır. Şüa mənbəyi ^{60}Co və ^{57}Co izotopları olmuşdur.

Bitki nümunələri əsasən 10 Qr, 30 Qr, 50 Qr, 100 Qr, 150 Qr, 200 Qr, 250 Qr, 300 Qr dozalarda şüalandırılmışlar.

Heyvan orqanizmlərini şüalandırarkən onlar xüsusi konteyner qablara yerləşdirilmiş və lazım olan dozalarda şüalandırılmışlar. Çanaqlı üzüm ilbizləri 50 Qr, 100 Qr, 150 Qr, 200 Qr, 300 Qr, 400 Qr, 600 Qr, 800 Qr, 1000 Qr dozalarda, laboratoriya siçovulları 3 Qr, 6 Qr, 8 Qr dozalarda şüalandırılmışlar. Bütün hallarda şüalandırılmış nümunələrin şüalanmayan (kontrol) nümunələr ilə müqayisəli təhlili aparılmış və onların hər biri ayrı-ayrılıqda tədqiq edilmişdir.

Bundan başqa tədqiq olunan bitki nümunələri (model sistem kimi araşdırılan buğda (*Triticum* L.), qarğıdalı (*Zea mays* L.) və çanaqlı üzüm ilbizləri UB – B şüaları ilə şüalandırılmışlar. Şüalanma xətti şüalanma spektrinə malik olan DRT – 230 civə-kvars lampasından istifadə edilməklə aparılmışdır. Bundan başqa UB şüalanma mənbəyi kimi şüalanma spektrinə görə DRT – 230 civə-kvars lampasından fərqlənən yüksəktəzyiqli DRŞ–250 lampasından da istifadə edilmişdir. Təcrübələrdə ekoloji UB

şüaları (290-360 nm) almaq üçün UFS – 2 filtrindən istifadə edilmişdir.

Şüalanmanın müddətindən asılı olaraq bitki nümunələrinin udulma dozalarını dəyişmək mümkün olmuşdur. Belə ki, 10 dəq. şüalanma $1,2 \text{ C/sm}^2$ - ə uyğundur. Buğda və qarğıdalı toxumlarının 3 günlük cücərtiləri 20 sm-lik məsafədə DRT 230 lampası 5 dəqiqə ərzində qızdırıldıqdan sonra şüalanmaya məruz qalmışlar. Cücərtilərin səthində UB şüaların intensivliyi 20 Vt/m^2 olmuşdur. Bu isə $1,2 \cdot 10^{-1} \text{ C/sm}^2$ - ə uyğundur.

Quru bitkilərin yarpaq epidermisinin olması mezofil hüceyrələrə UB şüalanmanın təsir effektini zəiflədir. Belə ki, mezofil hüceyrələrinə çatan UB şüalanma epidermal təbəqəni keçərkən 90% azalır. Yarpaq səthinə düşən UB radiasiyanın intensivliyi aktinimetrik və ballometrik üsul ilə aparılmışdır.

2.4. Radiasiya fonunun təyin edilməsi

Ərazi təcrübələri zamanı tədqiq edilən bitki yarpaqları toplanmazdan əvvəl onların bitdiyi sahələrdə dozimetrik ölçmələr aparılmışdır. Bu ərazilərdə radiasiya fonu təyin edilərkən qamma şüalanmanın ekspozisiya dozasının gücü (EDG) dozimetr - radiometrin (MKC-AT 1125) köməyi ilə müəyyən edilmişdir (şəkil 2.4.1).

Dozimetr-radiometr “MKS-AT1125” geniş funksional imkanlara malik olan yüksək həssas cihazdır. Cihazın köməyi ilə ətraf mühitdə qamma - radiasiyanın dozasını ölçmək, ətraf mühit obyektlərində ^{137}Cs radionuklidlərinin xüsusi aktivliyini təyin etmək, eyni zamanda ionlaşdırıcı radiasiyanın və radioaktiv maddələrin mənbələrini müəyyən etmək mümkündür. Dozimetr-radiometr “MKS-AT1125” daşına bilən ölçü cihazlarına aiddir və laboratoriyada, çöl şəraitində istifadə oluna bilər. Cihazın əsas məqsədi və tətbiq sahəsi:

- Ətraf mühitin, ərazinin, obyektlərin, materialların radiasion nəzarəti;
- İonlaşdırıcı radiasiya mənbələrinin axtarışı, aşkarlanması və lokallaşdırılması;
- Sənaye müəssisələrində dozimetrik və radiometrik nəzarət;
- Müəyyən ərazilərdə nüvə enerjisi və rentgen qurğularından istifadə zamanı radiasiyanın dozasının gücünə nəzarət.



Şəkil 2.4.1 Ərazilərdə radiasiya fonunu müəyyən etmək üçün istifadə edilən dozimetr-radiometr –“MKS-AT1125”

“MKS - AT1125” dozimetr – radiometri ölçmələrin 100-ə qədər nəticələrini qeyd etməyə və yaddaşda saxlamağa imkan verən yaddaşla təmin edilmişdir. Cihazın yaddaşından kompüterə məlumat ötürülməsi RS 232 interfeysi və ya USB adapteri vasitəsilə həyata keçirilir. Dozimetr kompüterə qoşulduqda qamma radiasiya spektrlərini müşahidə etmək imkanları yaranır.

Ərazilərdə apardığımız tədqiqatlarda EDG ölçülərkən dozimetrin detektoru yerdən 5 sm məsafədə saxlanılmışdır. EDG hər ölçmə nöqtəsində 3 dəfə ölçülərək orta qiyməti hesablanmışdır. Ölçmə nöqtələri arasında hərəkət edərkən dozimetrin detektoru yerdən 50 sm hündürlükdə saxlanılmış və bu müddət ərzində cihazın göstəricisinə nəzarət edilmişdir. Bu da ölçmə nöqtələri arasında yüksək EDG - ə malik olan yerlərin nəzərdən qaçırılmamasına kömək edir.

2.5. Xloroplastların ayrılması metodu

Xloroplastların ayrılması əsasən bir neçə mərhələ üzrə aparılır. Bütün mərhələlər kifayət qədər funksional fəal preparat almaq üçün adətən 0 - 4°C temperaturda davam edir. Xloroplastların ayrılması üçün istifadə olunan yenidən hazırlanan su mühiti aşağıdakı tərkibdə olur: 0,05 M tris-HCl buferində 0,35 M NaCl, pH=8.0.

Təcrübəyə başlamazdan əvvəl yarpaq 20-25 dəqiqə ərzində polietilen torbada

soyuducuda saxlanılır. Sonra isə yarpaq xüsusi farfor qabda öz çəkisindən 5 dəfə artıq olan bufer məhlulla əzilir. Alınan homogenat tənzifdən bərk sixilaraq bir neçə dəqiqə (5-6 dəqiqə) müddətində 800 dövr/dəqiqə müddətində sentrifuqadan keçirilir. Alınmış supernatant növbəti mərhələdə 15 dəqiqə ərzində yenidən sentrifuqadan keçirilir. Dövriyyə 2500 dövr/dəqiqə təşkil edir. Sonda çöküntü bufer məhlul ilə yuyulur və yenidən 15 dəqiqə ərzində 2500 dövr/dəqiqə sentrifuqadan keçirilir. Xloroplastlar homogenləşdirilir. Homogenin həcmi bufer ilə 30-40 ml çəkiyə qədər çatdırılır. Alınan xloroplast preparatının soyuqda (0 - 3°C temperaturda) saxlanması mütləq şərtidir. Belə ki, belə temperatur şəraitində xloroplastlar bir neçə saat öz aktivliklərini saxlaya bilirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, xloroplastlar -20 – -25°C temperaturlarda öz aktivliklərini hətta bir neçə ay müddətində saxlaya bilirlər [140, s.319].

2.6. Elektron Paramaqnit Rezonans spektroskopiyası metodu

Elektron Paramaqnit Rezonans spektroskopiyası metodunun köməyi ilə paramaqnit hissəciklər, paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilir. Bu metod cütlənməmiş elektronları olan materialları tədqiq etmək üçün əlverişli bir metoddur [38, c.75-77].

Apardığımız tədqiqatlar zamanı EPR spektrləri 3 sm diapazonlu “VARIAN E-4” (ABŞ) və “BRUKER-EMX” (Almaniya) EPR spektrometrlərində otaq temperaturunda qeyd olunublar. Tədqiqatlar zamanı intakt yarpaqlarda və izolə edilmiş xloroplastlarda EPR spektrləri qeydə alınarkən, EPR siqnalları İYT – 10 mVt gücündə, yüksək tezlikli modulyasiya 0,2-0,4 mT amplitudunda qeyd edilmişdir.

Aparılan EPR tədqiqatlarında EPR spektrləri qeydə alınmazdan əvvəl nümunələr otaq temperaturunda, təbii şəraitdə qurudulmuşlar. Qurudulmuş və üyüdülmüş nümunələrin qeydiyyatı zamanı onlar kvarts ampulanın içərisinə yerləşdirildikdən sonra, spektrometrin elektromaqnit qütbləri arasında yerləşən rezonatora qoyulmuşdur.

Nümunələrin qeydiyyatı zamanı ifrat yüksək tezlikli elektromaqnit dalğaları klistronun rezonatora daxil olur. Eyni zamanda qeydiyyat zamanı rezonansın şərtləri tənzimlənir. Bu proses maqnit sahəsinin gərginliyinin xətti dəyişdirilməsi yolu ilə aparılır. Analizatorun həssaslığını artırmaq üçün maqnit sahəsinin yüksək tezlikli modulyasiyasından istifadə olunur.

Maqnit sahəsinin induksiyası verilən nümunə üçün xarakterik olan qiymətə çatdıqda enerjinin rezonans udulması baş verir. Konvertasiya olunan şüalar daha sonra detektora ötürülür. Daha sonra EPR signalı detektə olunaraq udulma əyrisinin birinci tərtib tötəməsinə çevrilir. Bu prosesdə yüksək tezlikli modulyasiya mühüm rol oynayır. Nəticədə EPR spektri yaranır, inteqral əyri qeydiyyat edilir.

Kinetik ölçmələr zamanı maqnit sahəsi EPR 1 signalının törəməsinin aşağısahəli pikində fiksə edilmişdir. Kəsilməz işıq mənbələri 300 Vt və 150 Vt güclü lampalar olmuşdur. Işıq su filtrindən keçdikdən sonra fokuslaşdırılan linza sistemlərinin köməyi ilə spektrometrin rezonatorunda yerləşdirilən nümunənin üzərinə istiqamətləndirilmişdir. Apardığımız tədqiqatlarda EPR spektrləri adətən otaq temperaturunda (20-25°C) qeydə alınmışdır. Bəzi təcrübələr zamanı nümunələrin EPR spektrləri müxtəlif temperaturalarda (60 – 260 K) da tədqiq olunublar.

2.7. Messbauer spektroskopiyası metodu

Dəmirərkibli nanohissəciklərin quruluşunun öyrənilməsi üçün Messbauer spektroskopiyası üsulu əsas metodlardan biri hesab edilir. Messbauer spektroskopiyası metodunu başqa cür nüvə qamma rezonansı üsulu kimi də adlandırırlar. Qamma-rezonans spektroskopiyası kondensə edilmiş mühitin fiziki və kimyəvi xassələrinin tədqiqi üçün, həmçinin bərk maddələrdəki mikro- və nanoölçülü obyektlərin öyrənilməsi üçün istifadə olunur.

Messbauer effektini müşahidə etmək üçün Messbauer keçidinin enerjisinə bərabər bir enerji halında olan qamma-kvantların olması vacibdir. Bunun üçün adətən radioaktiv izotoplar istifadə olunur, məsələn, qamma-kvantın buraxılması ilə ^{57}Co izotopu ^{57}Fe izotopuna çevrilir. Rezonans almaq üçün qamma-kvantların mənbəyi müəyyən sürətlə (v) hərəkət etdirilir və bunun nəticəsində mənbədə nüvə keçidi enerjisi dəyişir $E_{\gamma \text{ mənbə}}$, Dopler effekti yaranır.

S nüvəsi həyəcanlanmış ($E_{həy}$) vəziyyətdən əsas ($E_{əsas}$) vəziyyətə keçərkən qamma-kvant buraxır. A nüvəsinə düşən qamma-kvant onu həyəcanlanmış vəziyyətə keçirir, bu da sonra ya qamma-kvantların ya da elektron konversiyaların buraxılması ilə boşalır [35, s.84-85].

Təcrübə zamanı standart absorbent qamma şüalanma mənbəyi ilə detektor arasındakı nümunə tutucusuna yerləşdirilir. Spektrometrin aktiv pəncərəsi diskriminator rejiminə keçirilir. Diferensial amplitud spektrinin toplanmasına başlanılır. Bu proses 5-10 dəqiqə ərzində davam etdikdən sonra dayandırılır. Spektrometrin aktiv pəncərəsi “Toplama” rejiminə keçirilir. Messbauer spektrinin çəkilişinə başlanılır. Spektrlər yenilənir və yaddaşda saxlanılır.

2.8. Skanedici Elektron Mikroskopiyası

Bioloji nümunələrin morfoloji xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi müasir dövrdə nanobiotexnologiyada əsas məsələlərdən biridir. Bəzi quruluşların ölçü və formaları onların fizioloji xüsusiyyətlərini təyin edir. Skanedici elektron mikroskopu (SEM) bioloji sistemlərin tədqiqi üçün yeni imkanlar açır. Bu səbəbdən araşdırdığımız tədqiqat obyektləri SEM (ZEİSS) ilə də öyrənilmişdir. Müasir dövrdə SEM həm fundamental elmi tədqiqatlarda, həm də biotexnoloji tətbiq məsələlərinin həllində geniş tətbiq olunur. Nümunənin hazırlanması problemi SEM vasitəsi ilə aradan qaldırılır. Burada elektronlar seli bütün səthə düşür. Fokuslanma müəyyən bir nöqtədə baş verir və sistemin köməyi ilə hərəkət edərək səthi skan edir.

SEM-in konstruksiyası İşıqburaxan Elektron Mikroskopuna (İBEM) çox oxşarsa da onlar arasında mühüm və prinsipial fərqlər də mövcuddur. Bu fərq ondan ibarətdir ki, 1) burada elektronlar seli bütün səth boyunca düşür; bundan başqa 2) fokuslanma müəyyən bir nöqtədə baş verir və ən nəhayət 3) sistemin köməyi ilə elektron seli hərəkət edərək bütün səthi skan edə bilir. Bundan başqa SEM-in köməyi ilə qurğu daxilində vakuum yaratmaq problemi də aradan qaldırılmışdır.

SEM tədqiqatları üçün nümunələr xüsusi qaydada hazırlanır. Nümunələr əvvəlcə qlutar aldehidlə fiksə olunur, daha sonra isə osmi turşusu ilə ikiqat təbəqə və zülallarla bağlanır. Növbəti prosesdə nümunələr stabilləşdirilir. Sonra nümunə qurudulur, qatran vasitəsilə hopdurulur və nazik kəsiklər şəklinə salınır. Bəzən nümunənin kontrastlığını artırmaq üçün onlar ağır metal, qurğuşun, uran, osmi duzları ilə birgə işlənir [111, s.1]. SEM vasitəsi ilə nümunənin səthinin üçölçülü şəkli alınmışdır. Əvvəl nümunə fiksə olunmuş, qurudulmuş, ağır metal nazik təbəqə ilə örtüldükdən sonra sonda

elektron dəstəsi ilə skan edilmişdir. SEM ilə aparılan təcrübələrdə nümunənin səthinin şüalanması zamanı səpələnən elektronların miqdarı müəyyən edilir. Müəyyən edilmiş qiymət ilk şüaya nəzərən sinxron hərəkət edən və monitorda şəklın alınmasında istifadə edilən ikinci şüanın intensivliyinə nəzarət etmək üçün istifadə olunur.

SEM-də vizual olaraq aldığımız mürəkkəb, yarımfazalı təsvirlərin analizi və interpretasiya edilməsi üçün müəyyən kompüter təhlilindən istifadə edilmişdir. Bu təhlil imkan verir ki, nümunənin kəmiyyətə morfoloji analizi aparılsın, daha doğrusu quruluş elementlərinin ölçüsü və forması, eyni zamanda onların oriyentasiyası, fəzada yerləşməsi və s. məlumatlar əldə edilsin.

2.9. Keçirici Elektron Mikroskopiyası

Keçirici Elektron Mikroskopu (KEM) elmdə yeni kəşflərə, yeni ixtiralara və uğurlara gərib çıxaran bir cihazdır. Digər mikroskoplardan fərqli olaraq KEM – də tədqiq olunan nümunənin təsvirinin alınması nümunədən keçən elektron dəstəsinin köməyi ilə baş verir. KEM digər elektron mikroskoplarından onunla fərqlənir ki, burada nümunədən keçən elektron seli daha sonra böyüdülmüş ölçüdə maqnit elektron linzalar ilə (elektron optikası) qeyd olunan səthdə fokuslaşır [57, s.81-82].

Elektron seli maddə tərəfindən güclü şəkildə udulduğu üçün, tədqiq olunan nümunələr çox nazik (ultranazik) olmalıdırlar. Qalınlığı 0,1 mkm - dən kiçik olan nümunələr ultranazik nümunələr hesab olunurlar. KEM – də araşdırmalar üçün nümunələrin qalınlığı 20-200 nm ölçüsündə olmalıdır. Kifayət qədər kiçik ölçülü nümunələr elektronlar üçün şəffafdırlar. Müxtəlif nanomateriallar (məsələn, nanoborular) və yaxud kiçik dispersli tozlar KEM-də öyrənilmək üçün səthə çəkilməklə tez hazırlana bilər.

Nümunələrin hazırlanmasında əsas məsələ – hazırlanma prosesində minimal zədə ilə kifayət qədər nazik nümunələr əldə etməkdən ibarətdir. Bioloji nümunələr KEM -ə yerləşdirilməzdən əvvəl onlar mütləq qurudulmalı və ya dondurulmalıdırlar. Çünki maye nümunə vakuumda qaynayır, pozucu təsir göstərir. KEM üçün bioloji nümunələrin ənənəvi hazırlanması yüksək vakuum şəraitində müşahidə üçün hazırlayarkən toxumaların histologiyasını qoruyan prosedurları əhatə edir [222, s.417].

İlkin nümunələr toxuma nümunəsinin bütün qalınlığına kimyəvi maddələrin sürətli nüfuz etməsinə imkan verəcək qədər kiçik olmalıdır (ölçmələrin heç olmasa birində nümunələr 0,7 mm - dən böyük olmamalıdır) [117, s.127-129].

Kontrol və müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalandırılmış laboratoriya siçovullarının daxili orqanları tədqiqatlarımızda KEM (JEM-1400) ilə öyrənilmişdir. EPR metodu ilə stres zamanı laboratoriya siçovullarının bəzi daxili orqanlarında (dalaq, beyin, qaraciyər) dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yarandığı müəyyən edilmişdir. Göstərilmişdir ki, maqnit nanohissəcikləri daha çox qaraciyər orqanında generasiya olunur [184, s.42-43]. KEM ilə aparılan təcrübələrdə maqnit nanohissəciklərini stressə məruz qalmış laboratoriya siçovullarının qaraciyər orqanlarında vizual olaraq görmək mümkün olmuşdur.

Kontrol və müxtəlif dozalarda (6 Qr və 8 Qr) ionlaşdırıcı qamma radiasiya ilə şüalanmış siçovulların qaraciyərlərindən kəsilərək götürülmüş nümunələr 0,1M fosfat buferində hazırlanmış (pH=7,4) 2,5%-li qlutar-aldehid, 2%-li paraformal-aldehid, 4%-li surkosa və 0,1%-li pikrin turşusundan ibarət məhlulda saxlanılmışlar. Qaraciyər nümunələri ən azı 1 sutka (24 saat) ərzində yuxarıda tərkibi qeyd olunmuş məhlulda saxlandıqdan sonra 0,1 M fosfat buferində (pH=7,4) hər biri üç dəfə olmaqla 15 dəqiqə müddətində (cəmi 45 dəqiqə) yuyulmuşdur. Işıq və elektron mikroskoplarında tədqiqatların aparılması üçün qəbul olunmuş ümumi metodlara əsaslanaraq post fiksasiya mərhələsində qaraciyər nümunələrindən götürülmüş tikələr 1,5 saat ərzində 1%-li OsO₄; 0,1M fosfat buferi və 1,5%-li qırmızı qan duzunun qarışıq məhlulunda saxlanılmışdır. Post fiksasiya mərhələsindən sonra nümunələr yenidən 0,1 M fosfat buferində (pH=7,4) hər biri üç dəfə olmaqla 15 dəqiqə müddətində (cəmi 45 dəqiqə) yuyulmuşdur. Artıq III mərhələdə tikələr dehidratasiya olunmuşdur. Bu zaman onlar hər biri üç dəfə olmaq şərti ilə 15 dəqiqə müddətində (cəmi 45 dəqiqə) əvvəlcə 50% - li spirt məhlulundan, sonra isə uyğun olaraq 70% - li və 96% - li spirt məhlullarından keçirilmişlər. Daha sonra nümunələr məhlulun tərkibi 50% təmiz spirt və 50% təmiz aseton olmaqla hər biri 3 dəfə 15 dəqiqə (cəmi 45 dəq.) müddətində yuyulmuş və yenidən hər biri 3 dəfə 15 dəqiqə (cəmi 45 dəq.) ərzində təmiz asetonda fiksə olunmuşdur. Nümunələrin hazırlanmasının növbəti dördüncü mərhələsində blokların

hazırlanması işi həyata keçirilmişdir. Bunun üçün tərkibi 5 maddənin qarışığından (Epon-812, DDSA, Araldid M, Dibutalftalat və DMP-30) ibarət olan araldid-epon məhlulundan istifadə edilmişdir. Bir qayda olaraq bu maddələrin çəki nisbəti götürüləcək nümunələrin sayından asılı olaraq dəyişir.

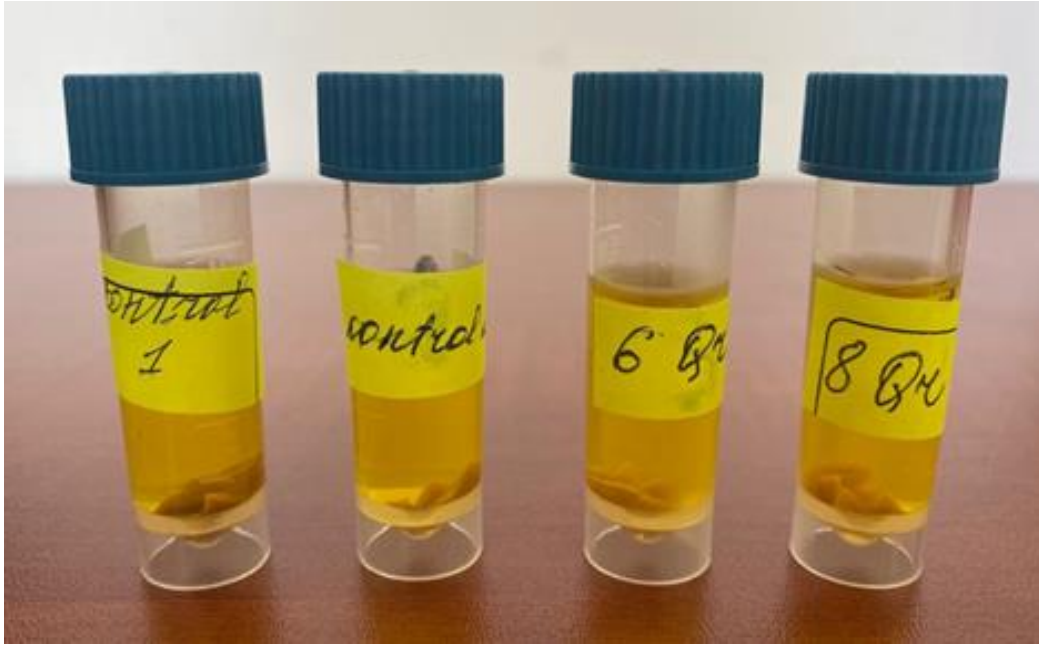
Məsələn: 10 ml Araldid-Epon məhlulunu hazırlamaq üçün aşağıdakı tərkib nisbəti seçilməlidir: 2,5 ml-Epon-812; 5,5 ml-DDSA; 1,5 ml-Araldid M; 0,3 ml-Dibutalftalat; 7 damcı-DMP-30. Blok hazırlanma mərhələsi öz növbəsində bir neçə hissəyə bölünür:

- 1) məhlulun 75 % - i təmiz aseton, 25 % - i isə araldid-epon;
- 2) məhlulun 50 % - i təmiz aseton, 50 % - i isə araldid-epon;
- 3) məhlulun 25 % - i təmiz aseton, 75 % - i isə araldid-epon;
- 4) məhlulun tərkibi 100 % araldid-epon.

Sonuncu mərhələ olaraq nümunələr (tikələr) bu məhlullarda 1 saat müddətində saxlandıqdan sonra, onlar şəkil 2.9.1-də göstəriləni kimi əvvəlcədən hazırlanmış və ardıcılıqla nömrələnmiş qəliblərə qoyulurlar. Qəliblər termostata yerləşdirilirlər (şəkil 2.9.1). Termostatda qəliblər üç gün ərzində müxtəlif temperaturalarda saxlanılırlar. 1-ci sutkada temperatur 37°C , 2-ci sutkada temperatur 45°C və 3-cü sutkada temperatur 60°C olur.

Üç gün sonra tam hazır bloklar qəliblərdən ayrılmış, EM UC7 ultramikrotomu (Leica, USA) vasitəsi ilə əvvəlcə yarımnazik (1 mkm) kəsiklər hazırlanmışdır. Kəsiklər ikiqat boyama üsulu ilə (a məhlulu - 0,5% metilen abısı, 0,5% azur II, 0,5% bura və b məhlulu - 5%-li spirt, 0,1%-li fuksin) rənglənmişdir.

Yarımnazik kəsiklər əvvəlcə ZEISS işıq mikroskopunda izlənilmiş, sonra lazımı hissələrin şəkilləri EOS D650 (Canon, Yaponiya) rəqəmli fotokamera sistemi ilə çəkilmişdir. Işıq mikroskopu vasitəsi ilə baxılaraq yarımnazik kəsiklərin lazım olan hissəsindən seçilmiş sahələrdən piramidalar düzəldilmiş, sonra isə yuxarıda adı qeyd olunan ultramikrotom vasitəsilə 50-80 nm qalınlığında gümüşü və qızılı ultranazik kəsiklər hazırlanaraq gridlərə (setka) yığılmışdır.



Şəkil 2.9.1. Laboratoriya siçovullarının qaraciyər orqanının KEM-də təsvirinin alınması üçün hazırlanması

KEM-də baxmaq üçün həmin kəsiklər əvvəlcə 2 % - li uranil-asetat məhlulu ilə 15 dəqiqə müddətində, sonra isə NaOH – ın 0,1M məhlulunda hazırlanmış 0,6 % - li təmiz qurğuşun-sitratla 0,5-1 dəqiqə müddətində rənglənmişdir. Ultr nazik kəsiklər 80-120 KV gərginlik altında JEM-1400 Keçirici Elektron Mikroskopunda (JOEL-Yaponiya) tədqiq edilərək yan kamera (Veleta) vasitəsilə elektronogramlar çəkilmişdir. Təsvirin morfometrik analizi Almaniyanın «Olympus Soft Imaging Solutions GmbH» şirkəti tərəfindən hazırlanmış kompyuter proqramı (The TEM imaging platform) vasitəsilə TIF formatında çəkilmiş elektronogramlarda yerinə yetirilmişdir.

KEM-də nanohissəciklərin təyini zamanı “İntensivlik profili” kompüter proqramı vasitəsilə boyanmamış preparatlardan hazırlanmış ultranazik kəsiklərdən götürülmüş nümunələrin elektroqram tədqiqi zamanı alınan histqramlarda şaquli istiqamətdə üfüqi xətt üzrə çəkilmiş strukturların uzunluğu (nm ilə) verilir. Qeyd etmək lazımdır ki, digər ağ-qara fotosəkillərdə olduğu kimi, elektroqramlarda da təsvirin intensivliyi boz rəngin kölgəlik dərəcəsiindən asılıdır. Bizim istifadə etdiyimiz Veletta (Olympus, Almaniya) yan kamera hər pikselə 14 bit məlumat daşıya bilər və çəkilmiş elektroqramların intensivlik diapazonu $2^{14} = 16384$ -ə bərabər olduğundan o, göstərilən boz çalarların sayını bir-birindən dəqiq şəkildə ayıra bilər. Bu göstəricilər canlı orqanizmlərdə nanohissəciklərin yerini dəqiq müəyyən etməyə imkan verir.

2.10. UB-Görünən spektrofotometr

Nar ekstraktlarından nümunə götürülərək UB-Görünən spektrofotometrində udma spektrləri çəkilmişdir. Spektrləri korrektə etmək üçün fon kimi bidistillə suyu götürülmüşdür. Nanohissəciklərin formalaşdığı məhlulun ilkin dəqiqələrində udma spektrində pik yox dərəcəsiində olmuşdur. Lakin reaksiyanın sonunda (24 saat sonra) udma spektrinin maksimum piki 420-440 nm-ə çatmışdır.

III FƏSİL

MÜXTƏLİF STRES AMİLLƏRİNİN TƏSİRİ ZAMANI BİTKİLƏRDƏ PARAMAQNİT MƏRKƏZLƏRİN TƏDQIQI

Ətraf mühitdə antropogen amillərin təsirinin güclənməsi şəraitində onun bütün komponentlərinin daha çox çirklənməsi baş verir və nəticə etibarlı ilə canlı sistemlərin yaşama şəraitinin keyfiyyəti xeyli aşağı düşür. Təbii varlıqlar olan torpaq, su və atmosfer havası müxtəlif stres amillərinin (radiasiya amilləri, müxtəlif zəhərli sənaye tullantıları və s.) təsirlərinə məruz qalırlar. Bu təsirlər nəticəsində baş verən stratosferin çirklənməsi ozon təbəqəsinin azalmasına və Yer səthində ultrabənövşəyi (UB) şüalanmanın səviyyəsinin, intensivliyinin yüksəlməsinə gətirir. Belə stres amillərinin bioloji sistemlərə, canlı orqanizmlərə təsiri onlarda sərbəst radikalların, o cümlədən oksigenin fəal formalarının (OFF) yaranmasına səbəb olur [82, s.591].

Bu hadisələrin baş vermə mexanizmini və stres amillərin canlı sistemlərdə yarada biləcəkləri struktur-funksional dəyişiklikləri, yeni fiziki-kimyəvi xassələri öyrənmək üçün onlarda paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmişdir.

3.1. Radiasiya fonu müxtəlif olan ərazilərdə bitən bitkilərin yarpaq, gövdə, toxum və toxum qabıqlarının EPR spektrlərinin müqayisəli tədqiqi

Abşeronun müxtəlif ərazilərində bitən bitkilərdə stres zamanı paramaqnit mərkəzləri tədqiq etmək üçün aparılan ilkin tədqiqatlarımızda tədqiqat ərazisi olaraq Ramana qəsəbəsi Yod zavodu ərazisi seçilmişdir. Uzun illər fəaliyyət göstərmiş (1934 – 1984-cü illər), sonralar isə atılmış bir sahə olan (1984 – 2012-ci illər) Yod zavodu ərazisindən təbii laboratoriya kimi istifadə edilmişdir. Tədqiqatlar apardığımız dövrdə bu ərazidə radiasiya fonu təqribən 2-4 mkR/saatdan 700-800 mkR/saat-a qədər dəyişirdi, bəzi yerlərdə isə hətta 1000 mkR/saat - a çatırdı. Burada dominantlıq təşkil edən iydə (*Elaeagnus angustifolia* L.), qamış (*Scirpus lacustris* L.), cığ (*Juncus Acutus* L.), dəvətikanı (*Alhagi pseudalhagi* L.), həlməl (*Zygophyllum fabago* L.), razyana (*Foeniculum vulgare* M.) bitkiləri tədqiqat obyekti olaraq seçilmişdir (şəkil 3.1.1). Yuxarıda adları çəkilən bitkilərin yarpaq, gövdə, toxum və toxum qabıqlarında

paramaqnit mərkəzlər Elektron Paramaqnit Rezonans (EPR) spektroskopiyası üsulu ilə müqayisəli şəkildə tədqiq edilmişdir (şəkil 3.1.2 – 3.1.15) [53, s.36-38], [140, s. 316].



Həlməl
(*Zygophyllum fabago L.*)



İydə
(*Elaeagnus angustifolia L.*)



Cığ
(*Juncus Acutus L.*)



Dəvətikanı
(*Alhagi pseudalhagi L.*)



Qamış
(*Scirpus lacustris L.*)



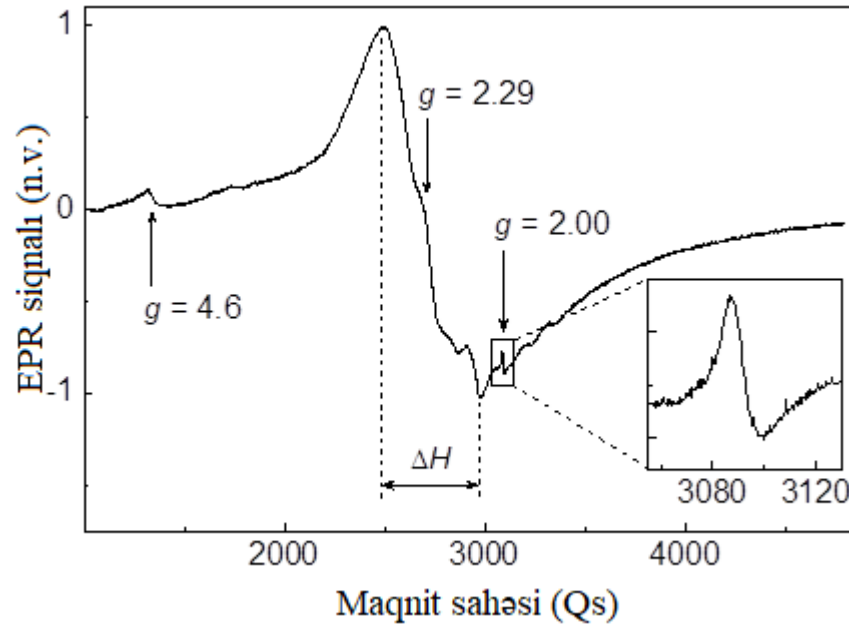
Razyana
(*Foeniculum vulgare M.*)

Şəkil 3.1.1. Yod zavodu ərazisində dominantlıq təşkil edən bitkilər

Bu bitkilər kontrol (EDG=2-12 mkR/saat) və radioaktiv çirklənmiş (EDG=12-800 mkR/saat) ərazilərdən yığılmış, onların müxtəlif orqanları (yarpaq, gövdə, toxum və toxum qabıqları) otaq temperaturunda, təbii şəraitdə qurudulduqdan sonra EPR metodu ilə müqayisəli şəkildə öyrənilmişdir [37, s.31].

Şəkil 3.1.2 - də maqnit sahəsinin geniş intervalında radiasiya fonu yüksək olan ərazidən (EDG=140 mkR/saat) yığılmış, otaq temperaturunda, təbii şəraitdə

qurudulmuş iydə (*Elaeagnus angustifolia L.*) bitkisinin yarpaqlarında qeydiyyat olunan geniş EPR spektri verilmişdir.

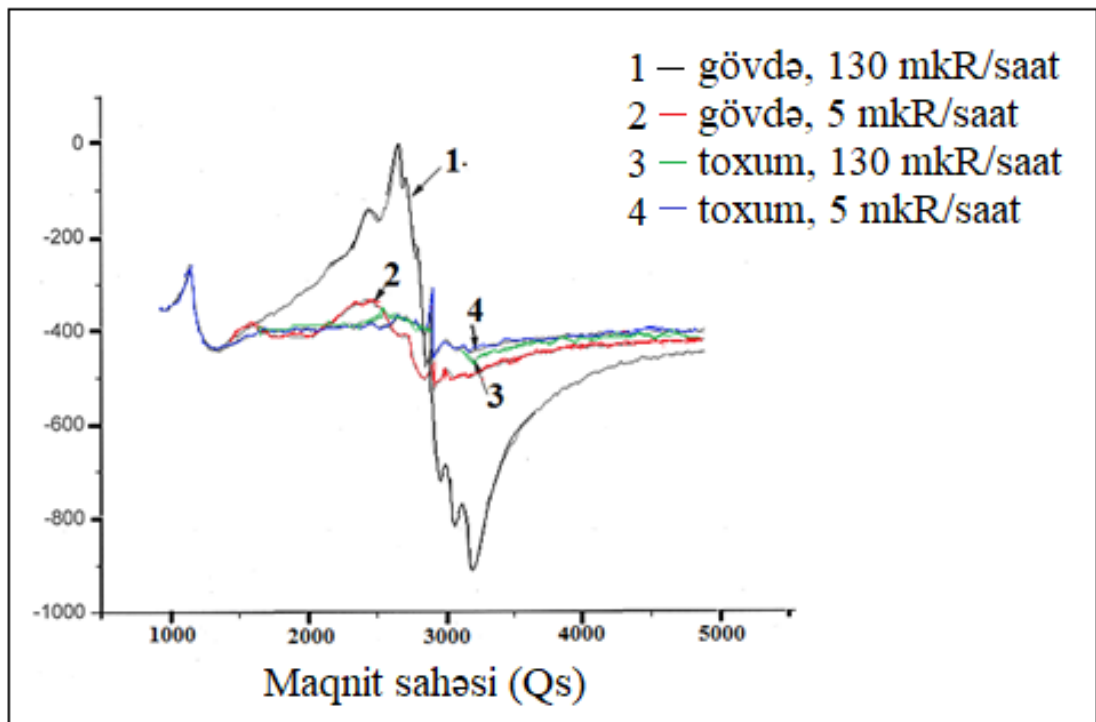


Şəkil 3.1.2. Radioaktiv çirklənmiş ərazidən ($EDG \approx 140$ mkr/saat) yığılmış, otaq temperaturunda qurudulmuş iydə (*Elaeagnus angustifolia L.*) bitkisinin yarpaqlarının xarakterik EPR spektri

Bu spektrdə dəmir ionlarının signalı ($g=4,6$) və ensiz sərbəst radikal signalı ($g = 2.0023$, $\Delta H = 9$ Qs) müşahidə olunur ki, bu signal da oksidləşmiş P_{700}^+ (FS 1-in elektronlarının ilkin donoru) mərkəzlərinə aid ola bilər [221, s.1-2], [216, s.321]. Bundan başqa şəkildən görüldüyü kimi EPR spektrində əsas yeri g -faktoru $g \approx 2.29$, eni $\Delta H \approx 450$ Qs olan geniş signal tutur. Qeyd edək ki, bu signal ilk dəfə tərəfimizdən bitki nümunələrində alınmışdır. Sonrakı araşdırmalarımız göstərdi ki, bu signal öz parametrlərinə və davranışına görə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə məxsusdur. Tədqiqatlarımızda sübut edirik ki, bu signal həqiqətən nanoölçülü maqnit hissəciklərini (əsasən, maqnetit – Fe_3O_4 və magemit – $\gamma-Fe_2O_3$) xarakterizə edir. Radioaktiv çirklənmənin nəticəsində yaranan bu nanohissəciklər canlı sistemlərdə maqnit xassələrinin yaranmasına səbəb olurlar. Eyni zamanda müəyyən edirik ki, canlı

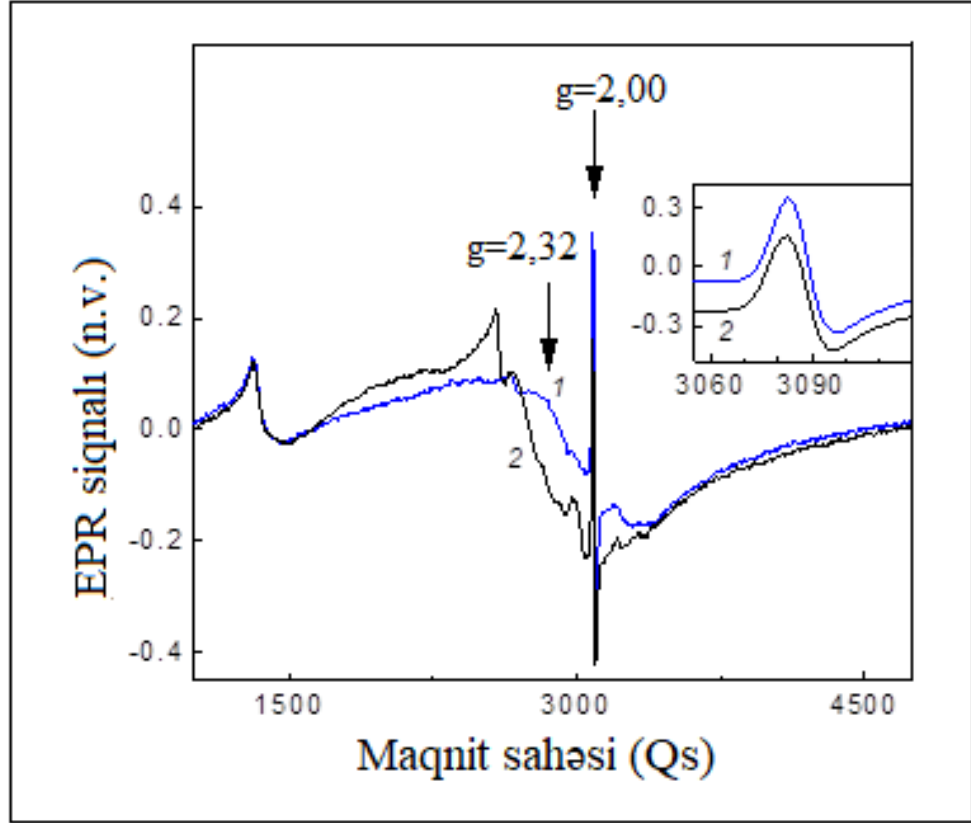
sistemlərdə maqnit xassələri məhz stres amillərinin təsiri nəticəsində yaranır. Bu yeni hadisənin mexanizmi də verilmişdir.

Ramana qəsəbəsində yerləşən Yod zavodu ərazisində aparılan ilkin tədqiqatlarda bu ərazidə dominantlıq təşkil edən, yuxarıda adları qeyd olunan bitkilər kontrol (EDG < 10-12 mkR/saat) və radioaktiv çirklənmiş ərazilərdən yığılmış, EPR metodu ilə radioaktiv çirklənmənin bu bitkilərin müxtəlif orqanlarında paramaqnit mərkəzlərə təsiri öyrənilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, radioaktiv çirklənmə bu bitkilərin gövdə və toxum orqanlarında nanoölçülü dəmir oksidi hissəcikləri üçün xarakterik geniş EPR siqnallarının əmələ gəlməsinə səbəb olur. Radiasiya fonunun yüksəlməsi zamanı bu siqnalların intensivliklərinin də xətti artması müşahidə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, qeydə alınan siqnalların intensivlikləri yarpaq və gövdə nümunələrində toxumlarla müqayisədə daha yüksəkdir (şəkil 3.1.3) [37, s.36-37], [1, s.66].



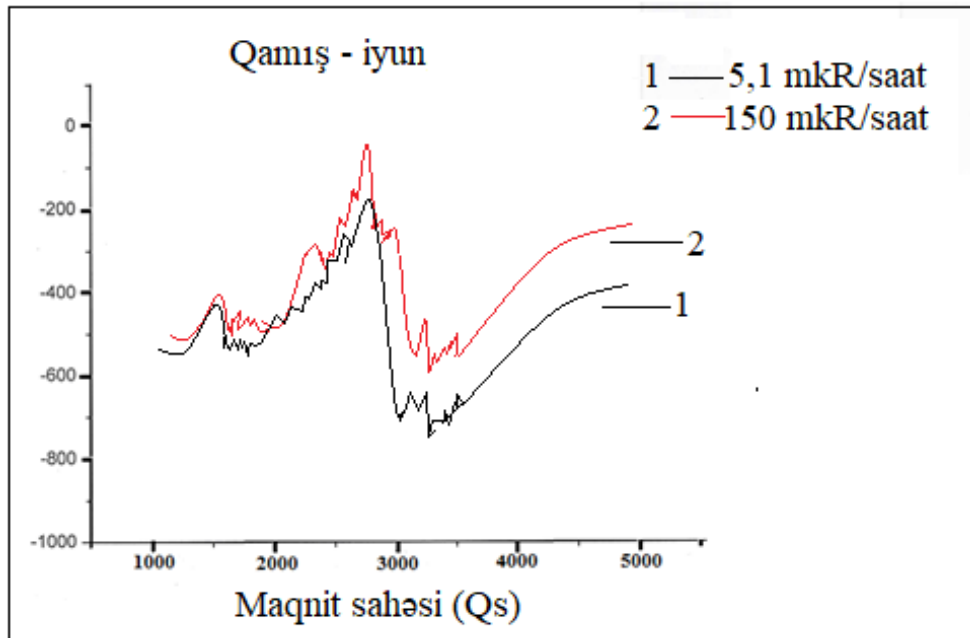
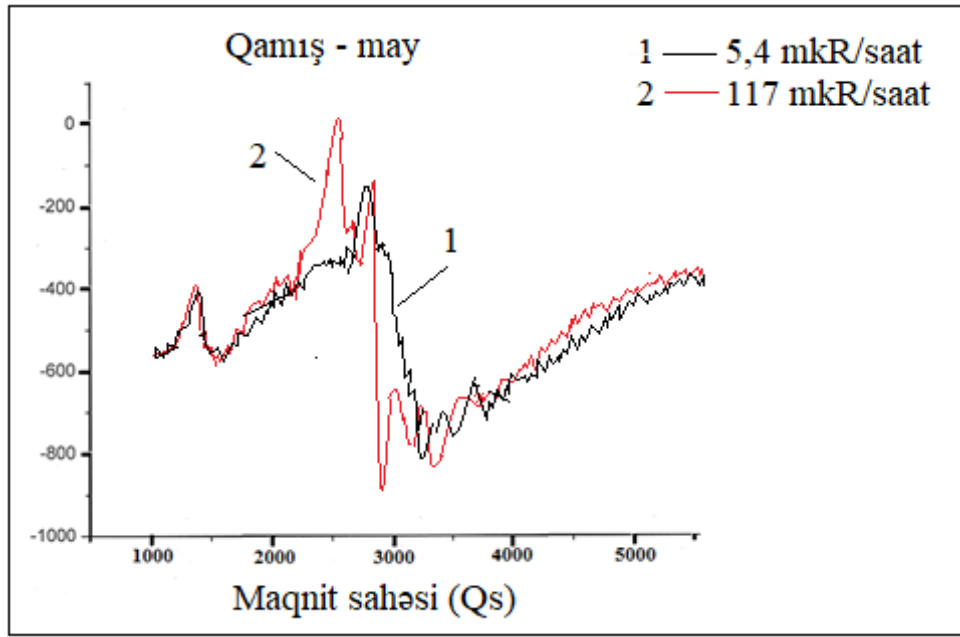
Şəkil 3.1.3. Kontrol və radioaktiv çirklənmiş ərazilərdə bitən ciğ (*Juncus Acutus L.*) bitkisinin gövdə və toxumlarının EPR spektrləri

İydə (*Elaeagnus angustifolia L.*) bitkisinin yarpaq və toxumlarında da analoji nəticə alınmışdır (şəkil 3.1.4). Belə ki, radioaktiv çirklənmənin təsiri zamanı iydə bitkisinin yarpaq və toxumlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən EPR signalının intensivliyinin daha da yüksək olması müəyyən edilmişdir.



Şəkil 3.1.4. Kontrol (1) (EDG=5 mkR/saat) və radioaktiv çirklənmiş (2) (EDG=52 mkR/saat) ərazilərdə bitən iydə (*Elaeagnus angustifolia L.*) bitkisinin toxumlarının EPR spektrləri

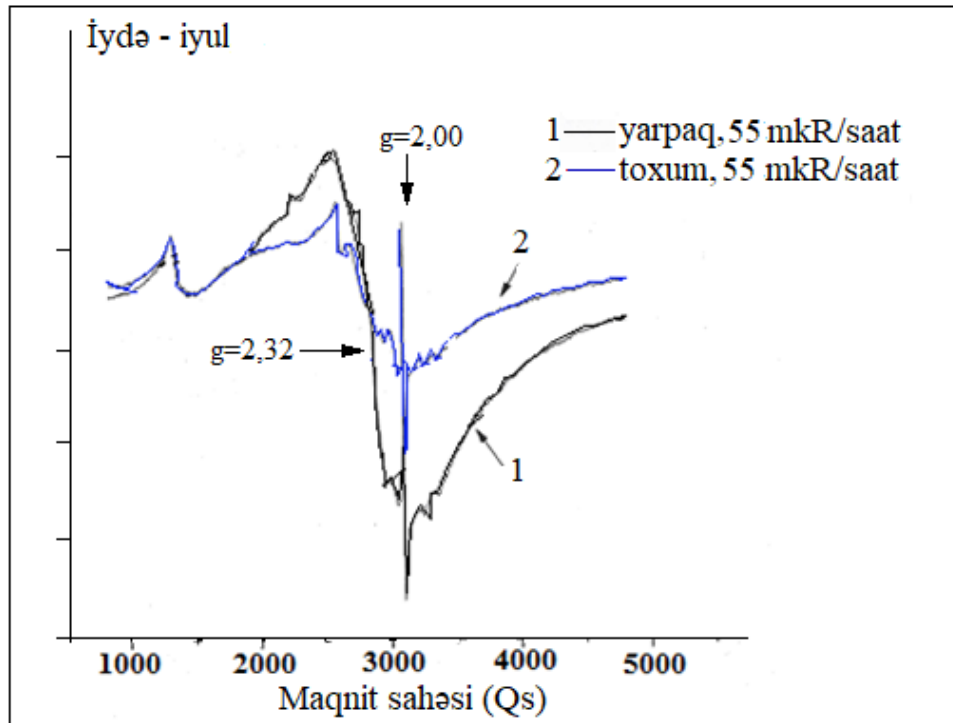
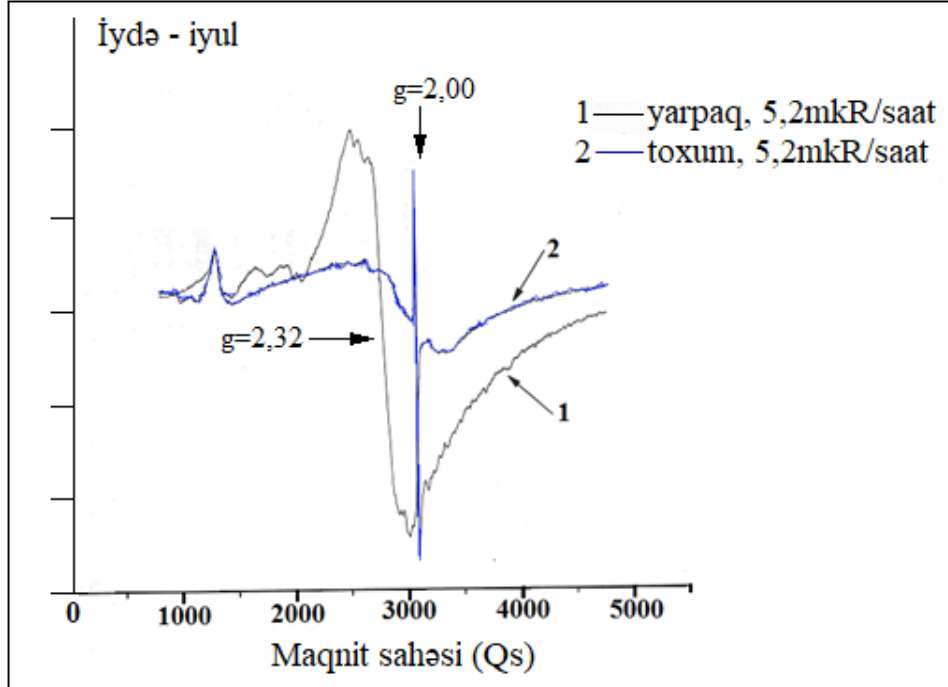
Qamış (*Scirpus lacustris L.*) bitkiləri ilə də aparılan təcrübələrdə radioaktiv çirklənmənin paramaqnit mərkəzlərə təsirinin öyrənilməsi zamanı alınan nəticələr digər bitkilər ilə alınan nəticələr ilə identik olmuşdur. Spektrlərdən aydın şəkildə görünür ki, radioaktiv çirklənmə bitkidən alınan geniş EPR siqnallarının intensivliyinin yüksəlməsinə səbəb olur. Bu hal ilin müxtəlif fəsillərində aparılan bütün təcrübələrdə müşahidə edilmişdir (şəkil 3.1.5).

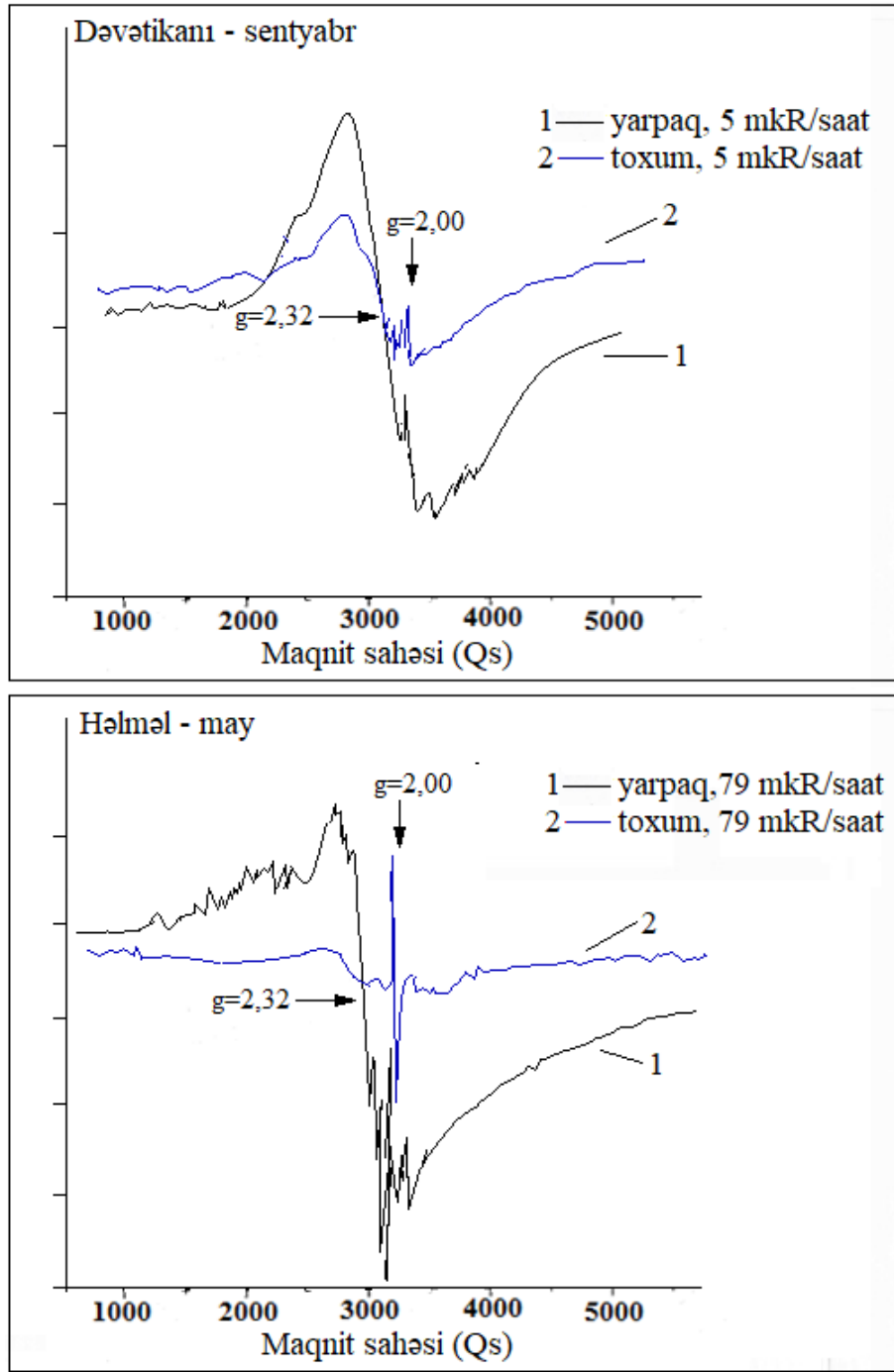


Şəkil 3.1.5. Kontrol və radioaktiv çirklənmiş ərazilərdə bitən qamış (*Scirpus lacustris L.*) bitkisinin toxumlarının EPR spektrləri

Bundan başqa radiasiya fonu eyni olan ərazilərdən toplanmış iydə (*Elaeagnus angustifolia L.*) və dəvətikanı (*Alhagi pseudalhagi L.*) bitkilərinin yarpaq və toxumlarının EPR spektrlərinin identifikasiyası göstərdi ki, istər kontrol, istərsə də radioaktiv çirklənmiş ərazilərdə bitən bitkilərin yarpaq nümunələrində xarakterik geniş EPR siqnallarının ($g=2,32$; $\Delta H=320$ Qs) intensivliyi toxumlara nisbətən daha yüksək olmuşdur (şəkil 3.1.6).

Bu isə onu deməyə əsas verir ki, radioaktiv çirklənmə zamanı yarpaq və toxum nümunələrində daha çox dəmir əsaslı maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur (şəkil 3.1.6). Bu hadisə yarpaqlarda daha intensiv baş verir (şəkil 3.1.6) [37, s.31-32], [188, s.5].

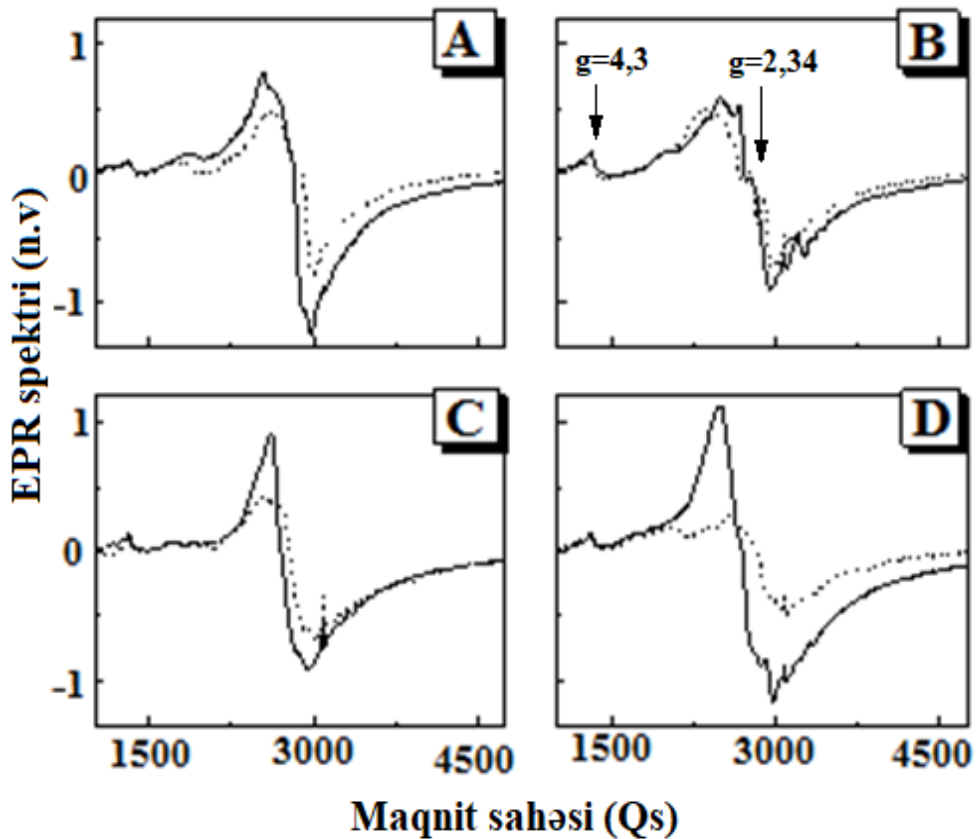




Şəkil 3.1.6. Kontrol və radioaktiv çirklənmiş ərazilərdə bitən iydə, dəvətikanı və həlməl bitkilərinin yarpaq və toxumlarının EPR spektrləri

Geniş EPR siqnalları kontrol və radioaktiv çirklənmiş ərazilərdə bitən bitkilərin toxumlarında da qeydiyyat edilmişdir (şəkil 3.1.6) və müəyyən olunmuşdur ki, geniş EPR siqnallarının intensivliyi yarpaq nümunələrində qeydə alınan siqnallarda toxumlarda qeydə alınan uyğun siqnallarla müqayisədə nəzərəçarpan dərəcədə yüksəkdir. Həmçinin belə bir qanunauyğunluq da müəyyən edilmişdir ki, radioaktiv

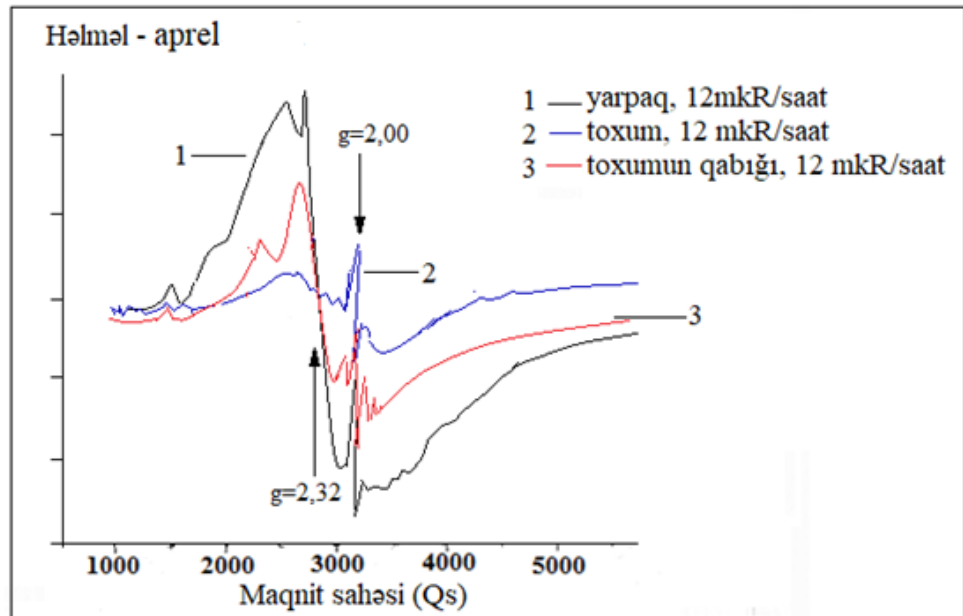
çirklənmiş torpaqda bitən bitkilərin toxumlarında yaranan geniş EPR siqnallarının amplitudu təmiz ərazidə bitən bitkilərin toxumlarında yaranan siqnalların amplitudlarından yüksəkdir. Toxum nümunələrində geniş EPR siqnalından başqa sərbəst radikalların ($g \approx 2.0023$; $\Delta H \approx 15$ Qs) siqnalı da müşahidə edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu siqnalların eni yarpaqların uyğun siqnalının enindən ($\Delta H \approx 10$ Qs) bir qədər geniş olmuşdur. Bu hal yarpaq və toxumlarda sərbəst radikal siqnallarının fərqli təbiətə malik olduğuna dəlalət edir. Bu qanunauyğunluqlar tədqiq etdiyimiz ərazidə dominantlıq təşkil edən bütün bitki nümunələrində müşahidə edilmişdir. Alınan nəticələrdə hər hansı kənar faktorların, məsələn, temperatur, quraqlıq, radiasiya və s. bu kimi stres təsirlərinin rolunun olub-olmadığını müəyyən etmək üçün apardığımız sahə tədqiqatları tərəfimizdən ilin müxtəlif fəsillərində (yaz, yay və payız) təkrar edilmişdir (şəkil 3.1.7).



Şəkil 3.1.7. İlin müxtəlif fəsillərində radiasiya fonu müxtəlif olan ərazilərdə bitən iydə bitkisinin yarpaqlarının EPR spektrləri. A) may, B) iyun, C) iyul, D) oktyabr ayları. (Qırıq xətlə kontrol, səlis xətlə radioaktiv çirklənmiş ərazilərdən yığılan bitkilərin spektrləri verilmişdir)

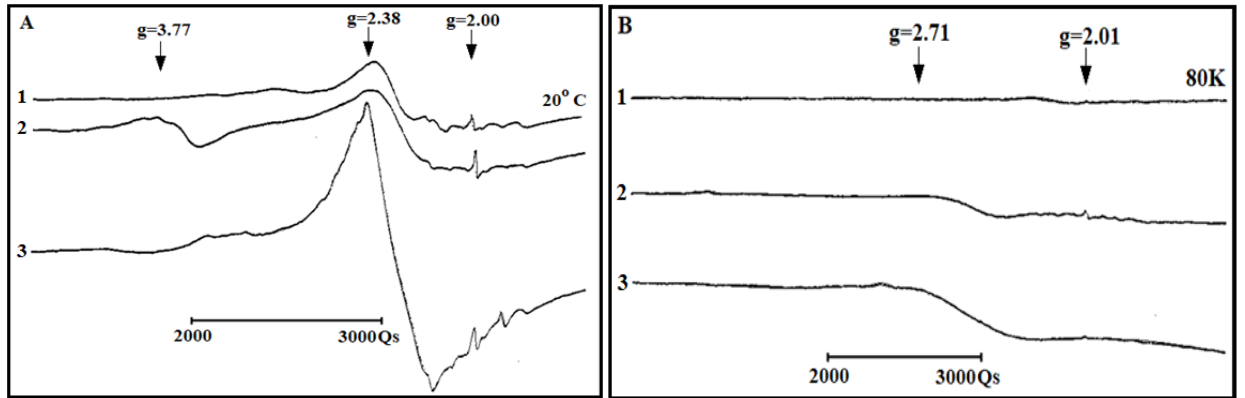
İlin müxtəlif fəsillərində kontrol və radioaktiv çirklənmiş ərazilərdən toplanmış bütün tədqiq olunan bitkilərin yarpaqlarında geniş EPR signalı ($g=2,32$; $\Delta H = 320$ Qs) müşahidə edilmişdir (şəkil 3.1.7). Bu zaman tam dəqiqliklə növbəti qanunauyğunluq izlənmişdir: radioaktiv çirklənmiş ərazidə bitən bütün bitkilərin yarpaqlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR signallarının intensivlikləri kontrol nümunələrin analoji signallarının intensivliklərindən nəzərəcarpan dərəcədə yüksək olmuşdur [37, s.35].

İlin bütün fəsillərində radiasiya fonunun yüksəlməsi bitkilərdə maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR signalının intensivliyinin yüksəlməsinə səbəb olur. Bu zaman spektrdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin signalı ($g = 2,34$) ilə yanaşı dəmir ionlarının da signalı ($g = 4,3$) qeydə alınmışdır. Eyni zamanda həlməl bitkisinin yarpaq, toxum və toxum qabığının EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Spektrlərin müqayisəli araşdırılması göstərdi ki, dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranması bitkinin toxumlarının qabığında toxumlar ilə müqayisədə nəzərəcarpacaq dərəcədə çox olmuşdur (şəkil 3.1.8). Bu isə toxumların qabıqlarının toxumlarla müqayisədə stresə daha çox məruz qalması ilə izah oluna bilər.

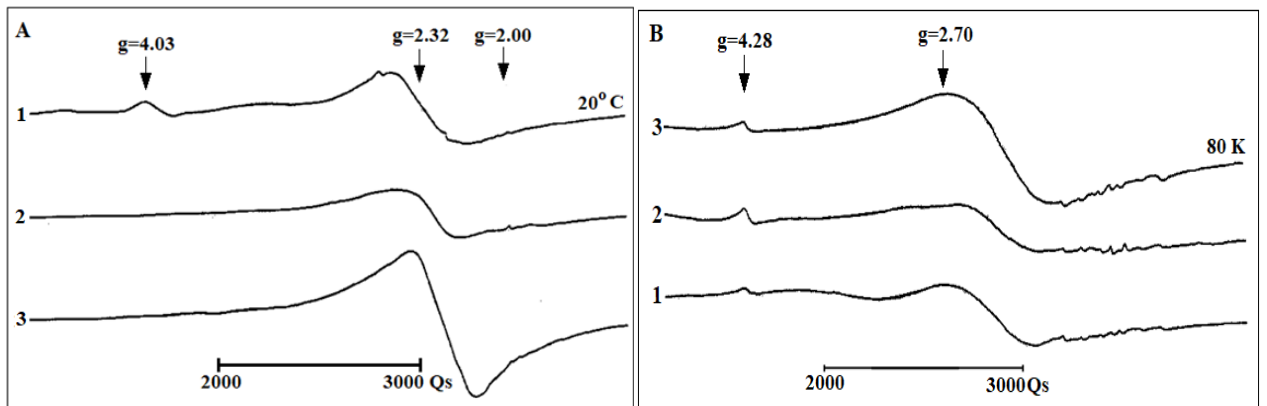


Şəkil 3.1.8. Həlməl bitkisinin toxum, yarpaq və toxum qabıqlarından alınan EPR spektrləri

Ramana qəsəbəsi Yod zavodu ərazisində dominantlıq təşkil edən bitkilərin müxtəlif orqanlarının EPR spektrləri, spektrlərin parametrləri və davranışları otaq temperaturu (293-295 K) və maye azot temperaturunda (80 K) müqayisə məqsədi ilə araşdırılmışdır (şəkil 3.1.9, şəkil 3.1.10). Otaq temperaturunda qeydə alınan spektrlərdə əsas yeri parametrləri $g=2,38$ və siqnalın eni $\Delta H=320$ Qs olan geniş EPR siqnalı tutmuşdur.



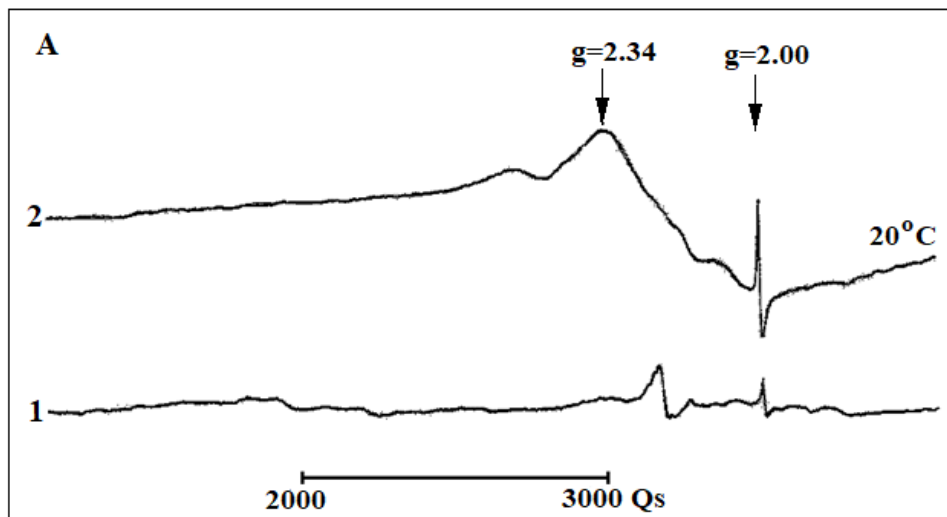
Şəkil 3.1.9. Dəvətikanı (*Alhagi Pseudalhagi*) bitkisinin gövdə və yarpaqlarının (qarışıq) müxtəlif temperaturlarda EPR spektrləri: 1 - kontrol bitkilər (EDG \approx 10 mkR/saat); 2, 3 - uyğun olaraq EDG 170 və 220 mkR/saata bərabər olan ərazidən yığılmış bitkilər. A – otaq temperaturu (293 K), güclənmə 10^4 ; B – maye azot temperaturu (80 K), güclənmə 5×10^5

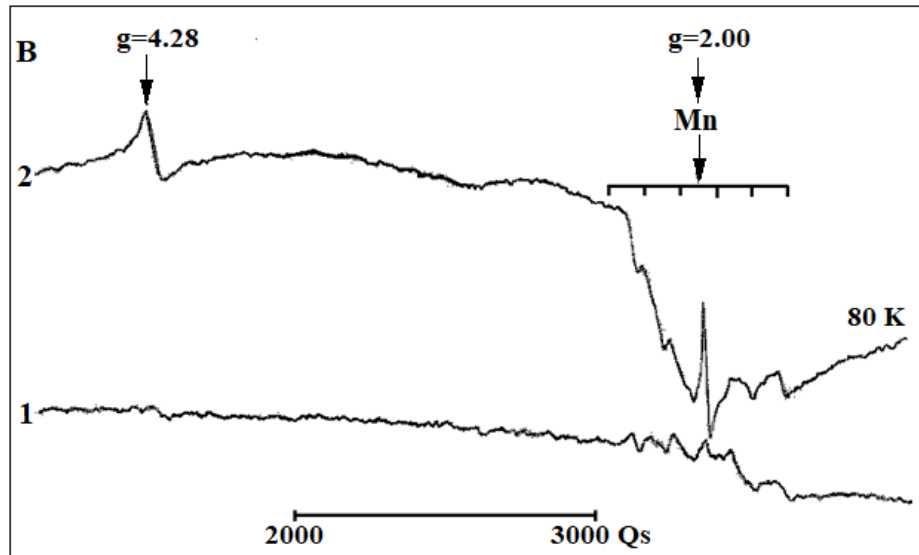


Şəkil 3.1.10. Həlməl (*Zygodhylum fabago L.*) bitkisinin gövdə və yarpaqlarının (qarışıq) müxtəlif temperaturlarda EPR spektrləri: 1 - kontrol bitkilər (EDG \approx 10 mkR/saat); 2, 3 - uyğun olaraq EDG 170 və 220 mkR/saat olan ərazidən olan bitkilər. A – otaq temperaturu (293 K), güclənmə 10^4 ; B – maye azot temperaturu (80 K), güclənmə 5×10^5

Spektrdə geniş siqnaldan əlavə yüksək incə quruluşa malik olan altıkomponentli manqan ionlarının siqnalı ($g=2,01$), ensiz sərbəst radikal siqnalı ($g=2,0023$) və bəzi nümunələrdə qeydə alınan üçvalentli dəmir komplekslərinin ($g=4,03$) siqnalları qeydə alınmışdır. Bitkilərin qurudulmuş yarpaq və gövdələrinin şəkil 3.1.9 və şəkil 3.1.10 – da təqdim edilən spektrlərindən görüldüyü kimi otaq temperaturunda qeydə alınan geniş EPR siqnallarının intensivlikləri qeydiyyat temperaturu 80 K olduqda nəzərəcarpacaq dərəcədə azalır. Bunun səbəbi isə aşağı temperaturlarda siqnalların genişlənməsi ilə əlaqədar ola bilər [140, s.316-318].

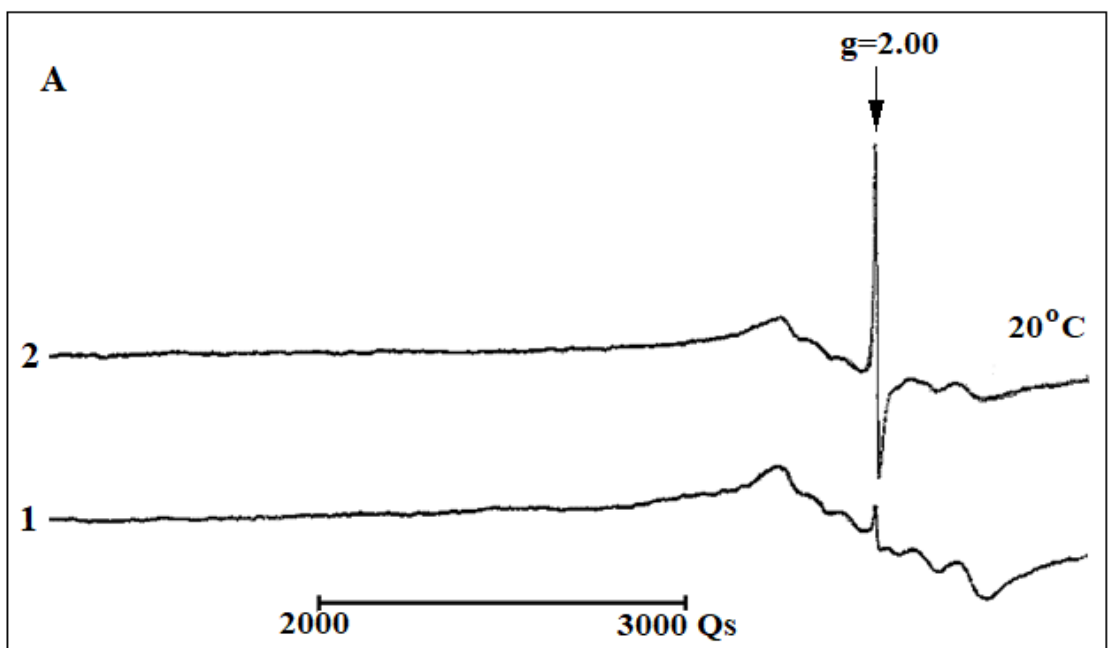
Aşağıdakı şəkillərdə (şəkil 3.1.11 – şəkil 3.1.14) Yod zavodu ərazisində dominantlıq təşkil edən *Zygophyllum fabago L.* və *Alhagi pseudalhagi* bitkilərinin toxumlarının qabıqlarında qeydə alınan spektrlər göstərilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, qeydiyyat temperaturunun otaq temperaturundan maye azot temperaturuna qədər azalması qeydə alınan siqnalların intensivlikləri kəskin kiçilməsinə səbəb olur. Həmçinin *Zygophyllum fabago L.* bitkisinin toxum nümunələrində yaranan siqnalların intensivlikləri toxum qabıqlarında qeydə alınan siqnalların intensivliyindən xeyli kiçik olmuşdur və yaxud ümumiyyətlə yaranmamışdır (*Alhagi pseudalhagi* bitkisi) (şəkil 3.1.11 – şəkil 3.1.14).

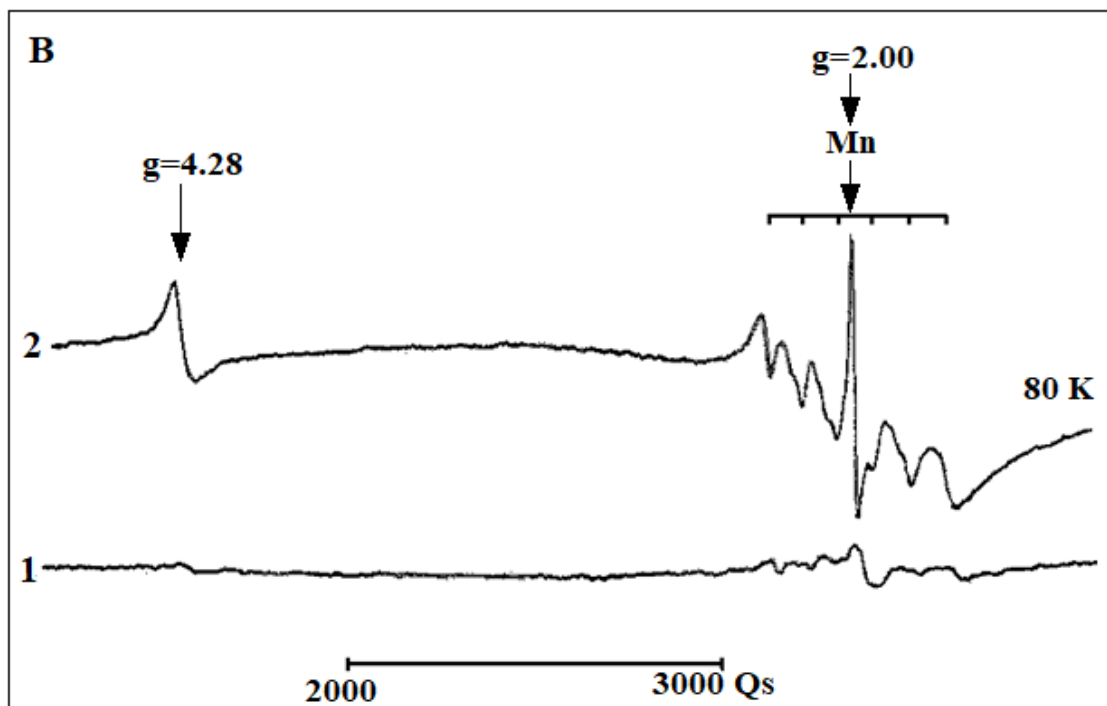




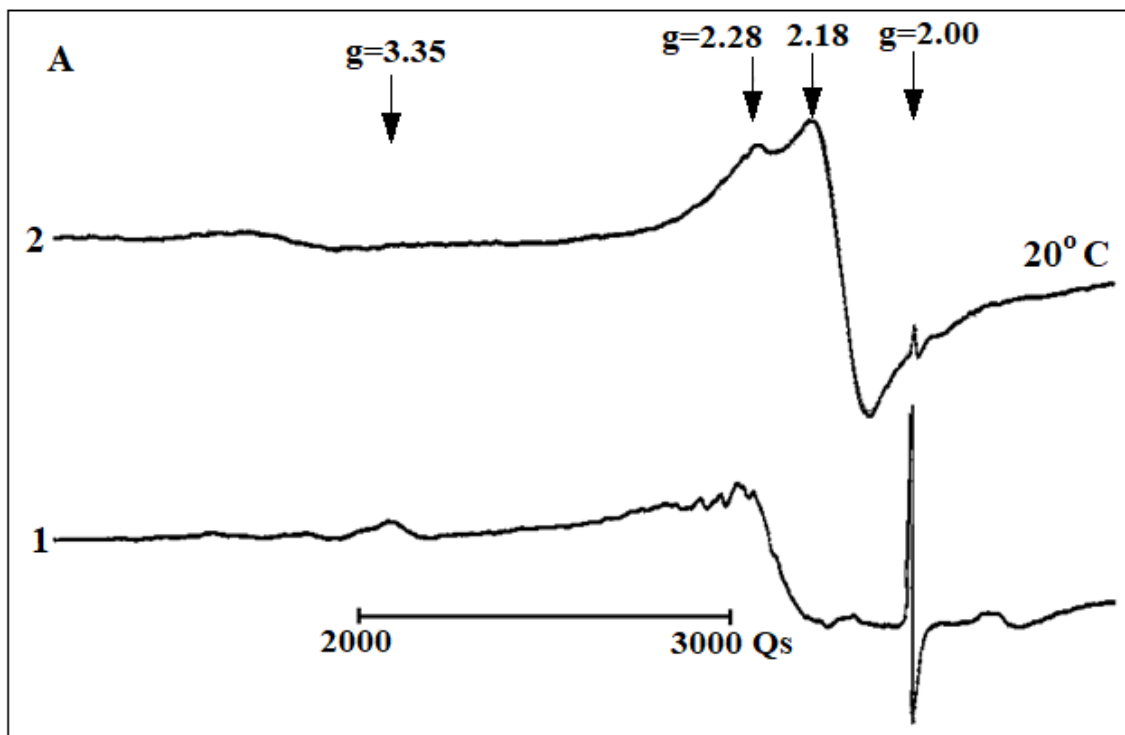
Şəkil 3.1.11. Dəvətikanı (*Alhagi Pseudalhagi*) bitkisinin toxum (1) və toxum qabıqlarının (2) EPR spektrləri (kontrol bitkilər – EDG \approx 8-10 mkr/saat): A- otaq temperaturu 293K; B – maye azot temperaturu 80 K. Güclənmə uyğun olaraq 10^4 və 6.3×10^5

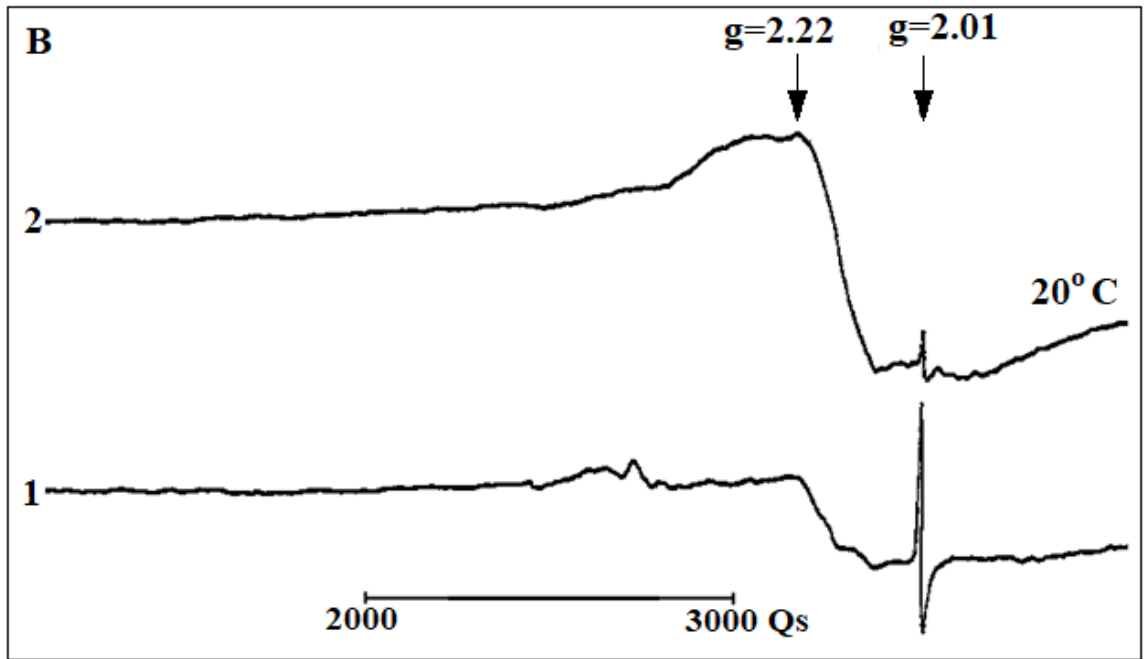
Lakin bu halda yalnız çox kiçik amplituda malik olan altıkomponentli manqan komplekslərinin zəif siqnalları müşahidə edilmişdir (şəkil 3.1.12). Aşağı temperaturda (80 K) qeydiyyat olunan EPR spektrlərində isə dəmir ionlarını xarakterizə edən ($g=4,28$) siqnalların da yarandığı müşahidə edilmişdir.



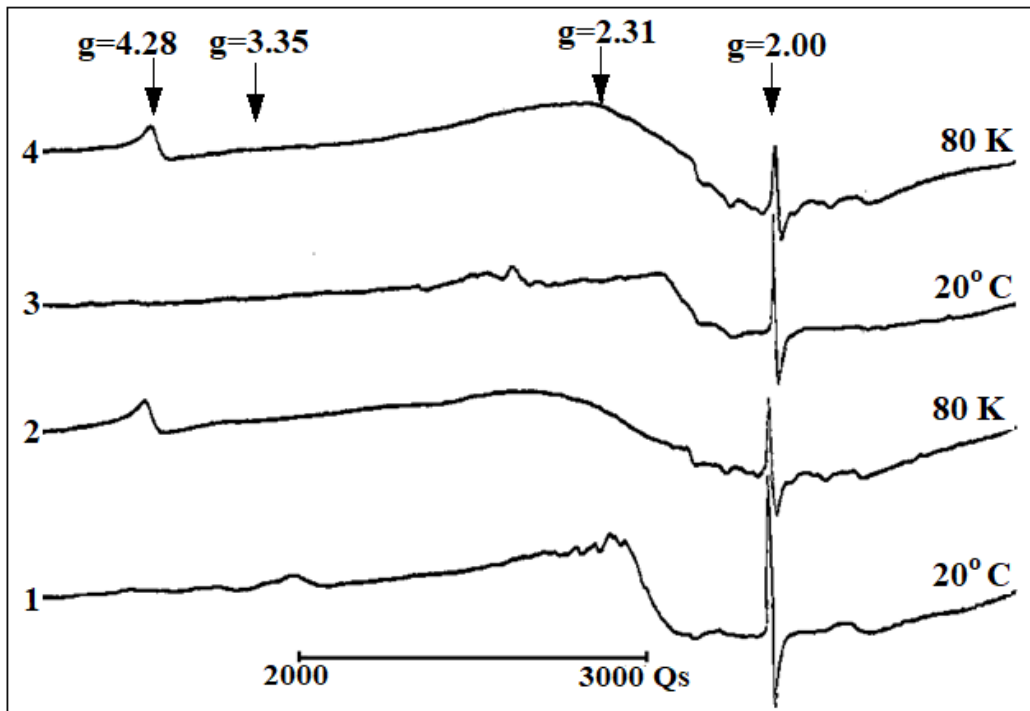


Şəkil 3.1.12. Dəvətikanı (*Alhagi Pseudalhagi*) bitkisinin toxum (1) və toxum qabıqlarının (2) EPR spektrləri (radioaktiv çirklənmiş torpaqda bitən bitkilər – EDG \approx 220 mkR/saat): A-otaq temperaturu 293K; B – maye azot temperaturu 80 K



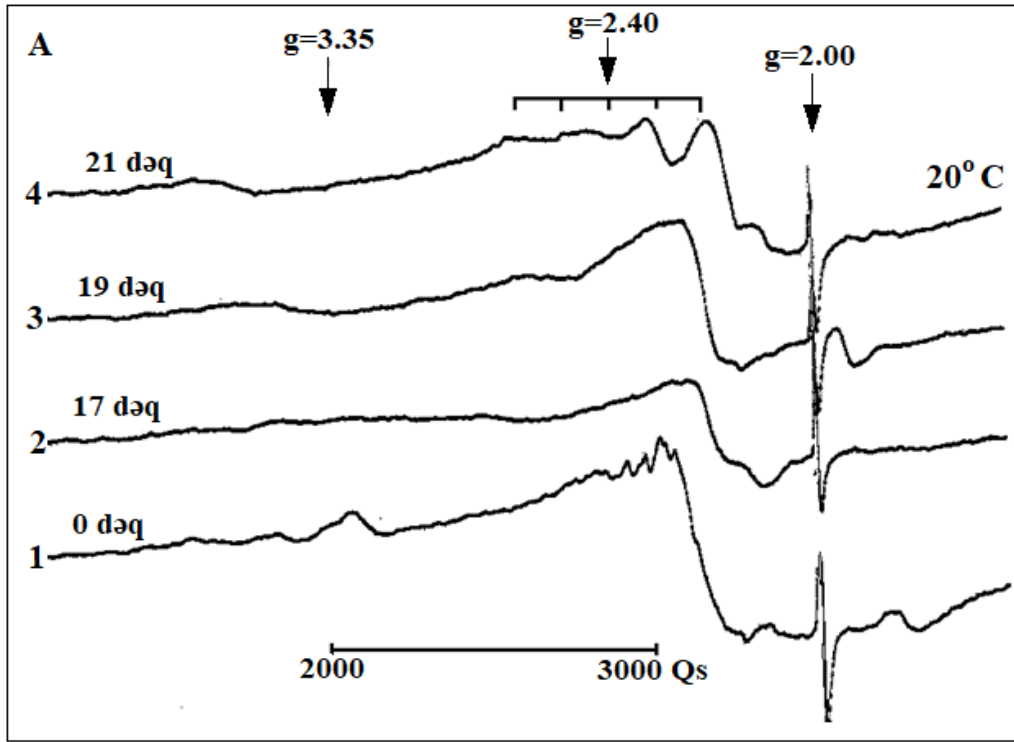


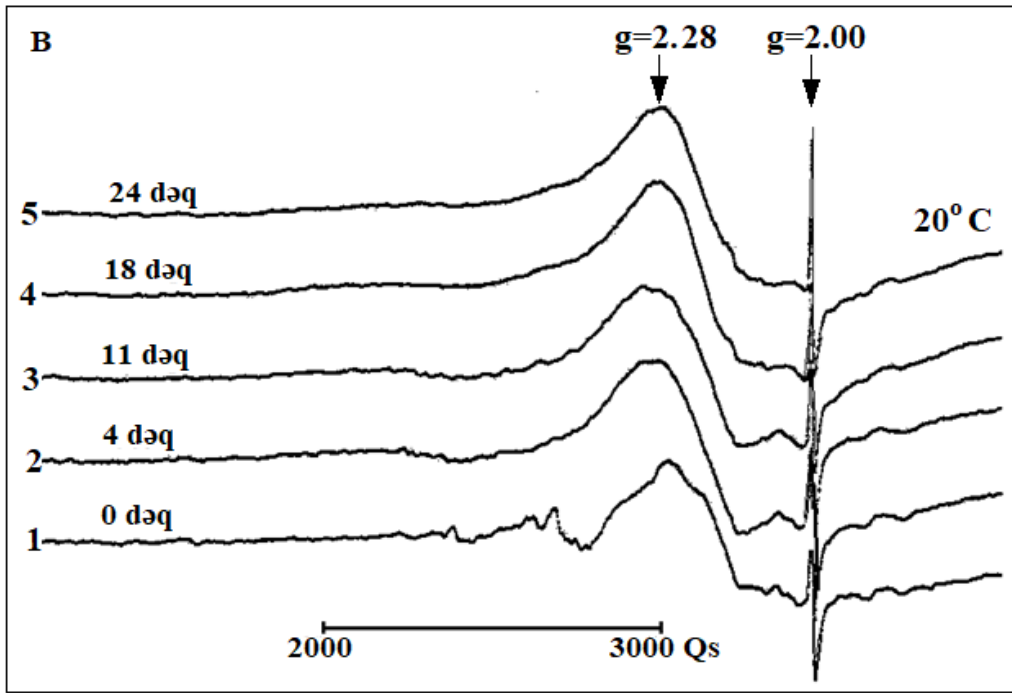
Şəkil 3.1.13. Həlməl (*Zygophyllum fabago*) bitkisinin toxum (1) və toxum qabıqlarının (2) EPR spektrləri: A-kontrol bitkilər, EDG = 8-10 mkR/saat; B – radioaktiv çirklənmiş torpaqda bitən bitkilər, EDG = 220 mkR/saat



Şəkil 3.1.14. Həlməl (*Zygophyllum fabago*) bitkisinin toxum (1, 3) və toxum qabıqlarının (2, 4) müxtəlif temperaturlarda qeydə alınan EPR spektrləri: 1, 2 – kontrol bitkilər, EDG = 8-10 mkR/saat; 3, 4 – radioaktiv çirklənmiş torpaqda bitən bitkilər, EDG = 220 mkR/saat

Bundan başqa bitki toxumları nəmləndirildikdən sonra onların EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Kontrol və radioaktiv çirklənmiş ərazilərdən yığılmış həlməl (*Zygophyllum fabago*) bitkisinin toxumları müxtəlif zaman müddətlərində nəmləndirildikdən sonra otaq temperaturunda onların EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Nəticədə qeydə alınan geniş EPR siqnallarının formalarının dəyişildiyi müşahidə edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, siqnalların formalarının dəyişməsi nəmlənmə müddətindən asılı olmuşdur. Nəmlənmə müddətinin artması ilə geniş EPR siqnallarının və sərbəst radikal siqnallarının intensivliklərinin xətti artması müşahidə edilmişdir (şəkil 3.1.15) [140, s.320-321].





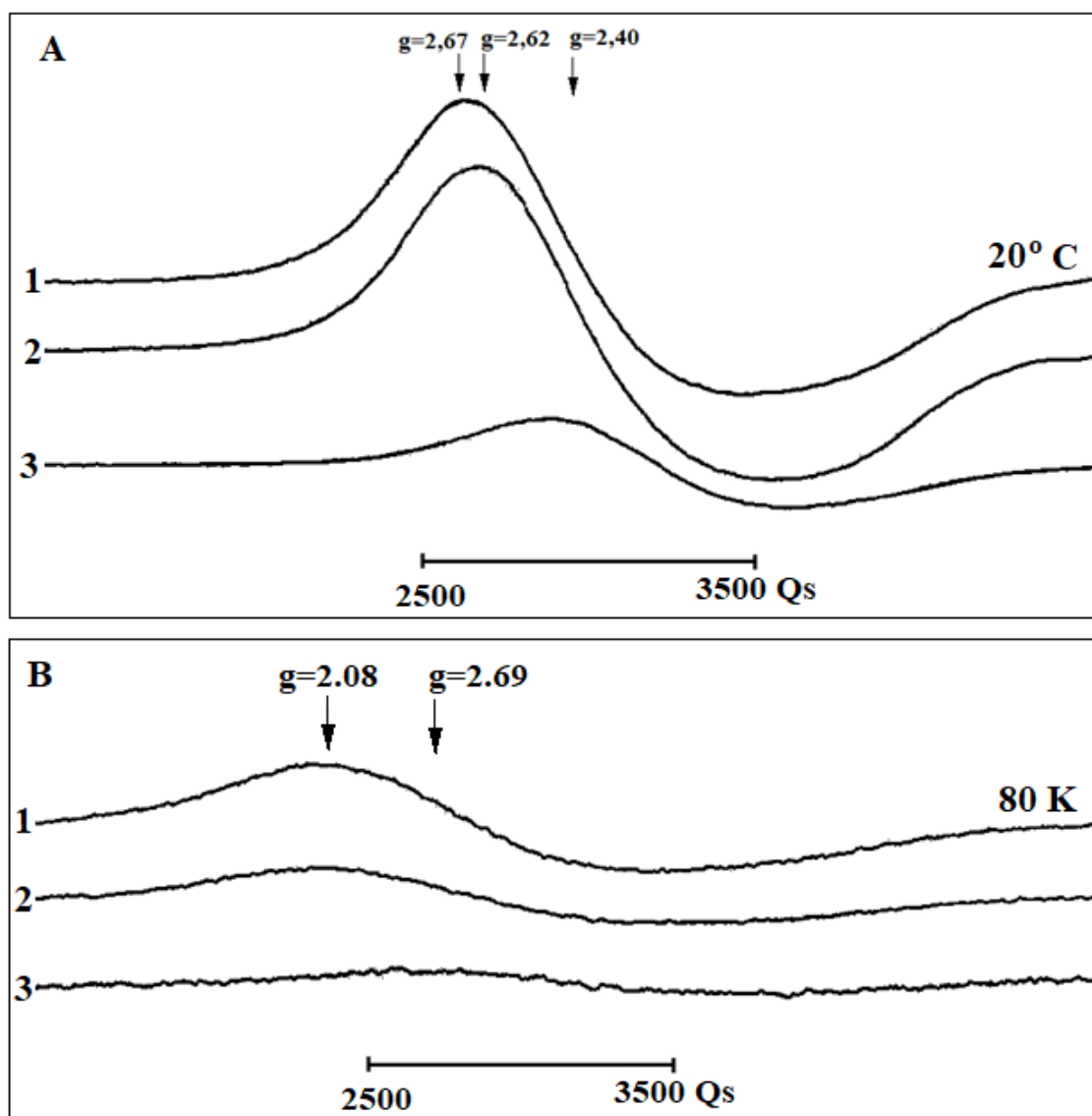
Şəkil 3.1.15. *Zygophyllum fabago* bitkisinin toxumlarının nəmlənmə müddətinin EPR spektrlərinə təsiri: A-kontrol bitkilər, EDG = 10 mkR/saat; B- radioaktiv çirklənmiş torpaqda bitən bitkilər, EDG = 220 mkR/saat

Bitkilərin müxtəlif temperaturalarda EPR spektrlərini tədqiq etdikdən sonra təcrübələrin davamı olaraq kimyəvi yol ilə sintez olunmuş maqnit nanohissəciklərinin EPR spektrləri də müqayisə məqsədi ilə tədqiq edilmişlər. Kimyəvi üsulla sintez olunmuş polietilen matris üzərində ($\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{PE}$) maqnit nanohissəciklərinin EPR spektrləri bitki nümunələrində olduğu kimi otaq temperaturu (293K) və maye azot temperaturunda (80 K) araşdırılmışlar. Alınan nəticələr cədvəl 3.1.1- də və şəkil 3.1.16 - da verilmişdir. Otaq temperaturunda qeydə alınmış siqnallar ilə müqayisədə aşağı temperaturda siqnalların genişlənməsi və amplitudlarının kiçilməsi müşahidə olunmuşdur.

Beləliklə, bitkilərin yarpaq, toxum və toxum qabıqlarının və kimyəvi yol ilə sintez olunmuş maqnit nanohissəciklərinin otaq temperaturunda və maye azot temperaturunda qeydə alınan EPR spektrlərinin müqayisəli təhlili göstərdi ki, temperaturun azalması ilə kimyəvi üsul ilə sintez olunmuş maqnit nanohissəciklərinin geniş EPR siqnalları davranışlarına, dəyişmə xüsusiyyətinə və parametrlərinə görə bitki yarpaqlarında qeydə alınan analogi siqnallar ilə uyğun olmuşdur.

Cədvəl 3.1.1
Maqnetit nanohissəciklərinin nümunələrinin EPR xarakteristikaları

	Paramaqnit hissəciklərin miqdarı (n.v), 20° C	g-faktorun qiyməti, 20° C	ΔH - in qiyməti, (Qs)	Paramaqnit hissəciklərin miqdarı (n.v), 80 K	g - faktorun qiyməti, 80 K	ΔH - in qiyməti, (Qs)
Fe ₃ O ₄ +PE;15ml; 9,4 nm	1,063	2,67	930	0,319	2,08	1120
Fe ₃ O ₄ +PE;10ml; 9,4 nm	1,19	2,62	840	0,17	2,08	1290
Fe ₃ O ₄ +PE; 5ml; 9,4 nm	0,541	2,40	750	0,068	2,69	1150



Şəkil 3.1.16. Maqnetit nanohissəciklərinin EPR spektrləri.
293K və 80 K temperaturda

Beləliklə, Ramana qəsəbəsində yerləşən Yod zavodunun ərazisində radiasiya fonunun fərqli olduğu sahələrdən yığılan və bu ərazidə dominantlıq təşkil edən bitkilərin müxtəlif orqanlarından alınan EPR spektrlərinin identifikasiyası aşağıdakı nəticələrə gətirmişdir:

- Radioaktiv çirklənmə bitkilərin yarpaq və toxum nümunələrində maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR signalının ($g \approx 2,32$; $\Delta H \approx 320$ Qs) yaranmasına səbəb olur. Radiasiya fonunun yüksəlməsi ilə bu signalın amplitudları xətti artır.
- Toxumlarda nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin yaranması yarpaqlara və toxum qabıqlarına nisbətən xeyli azdır.
- Radiasiya fonunun yüksəlməsi bitkilərdə dəmir əsaslı maqnit nanohissəciklərinin generasiyasına səbəb olur və bu hadisə ilin bütün fəsillərində baş verir (şəkil 3.1.7).
- Yarpaq və gövdələrin (qarışıq) otaq temperaturunda qeydə alınan geniş EPR signalının intensivliyi qeydiyyat temperaturunun 80 K-ə qədər azalması ilə kəskin kiçilmişdir. Bu hal aşağı temperaturda signalın genişlənməsi ilə izah oluna bilər.
- Kimyəvi yol ilə sintez olunmuş polietilen matris üzərində maqnetit (Fe_3O_4) nanohissəciklərinin EPR spektrlərinin otaq temperaturunda və aşağı temperaturda (80 K) dəyişmə xüsusiyyətləri və davranışı bitki yarpaqlarında qeydə alınan EPR signalının davranışı ilə identik olmuşdur.

Yod zavodu ərazisində radioaktiv çirklənmiş və kontrol ərazilərdən yığılmış dominant bitkilərin radionuklid tərkibləri və onların xüsusi aktivlikləri də təyin edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, radiasiya fonunun yüksəlməsi onlarda ^{40}K , ^{226}Ra və ^{228}Ra radionuklidlərinin xüsusi aktivliklərinin artmasına, ^{235}U və ^{234}U radionuklidlərinin xüsusi aktivliklərinin isə qismən artmasına səbəb olmuşdur (cədvəl 3.1.2).

Beləliklə, EPR üsulu ilə radioaktiv çirklənmənin bitkilərə təsirini öyrənərkən müəyyən edirik ki, stres amillərinin təsiri zamanı bitki sistemlərində biominerallaşma hadisəsi nəticəsində biogen dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur. Bu hadisənin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, stres amillərinin təsiri nəticəsində canlı

sistemdə olan bağlı dəmir sərbəst dəmir formasına keçir və dəmir ionları orqanizmdə çoxalır. Digər tərəfdən də stres amillərinin təsiri zamanı bitki xloroplastlarının nativliyi, intaktlığı pozulur və ENZ-də baş verən qırılmalar nəticəsində mühitə elektronlar ayrılır. Beləliklə, reduksiyaedici mühitin sayəsində dəmir ionları nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəciklərinə çevrilirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranması orqanizmin özünü müdafiə etməsi rolunu oynayır. Çünki əks halda Fenton reaksiyasına görə dəmir ionlarının çoxalması canlı sistemdə oksigenin fəal formalarının və sərbəst radikalların yaranmasına səbəb olardı. Fenton reaksiyasının əsas mahiyyəti isə hidrogen peroksidin (H_2O_2) dəmir ionları ilə reaksiyasından ibarətdir. Bu da bir çox üzvi maddələri məhv etmək üçün istifadə olunur. Lakin reduksiyaedici mühitin olması maqnit nanohissəciklərinin əmələ gəlməsinə səbəb olur ki, nəticədə bu hadisə canlı sistemi sərbəst radikallardan və oksigenin fəal formalarından qoruyur [182, s.193-199].

Cədvəl 3.1.2

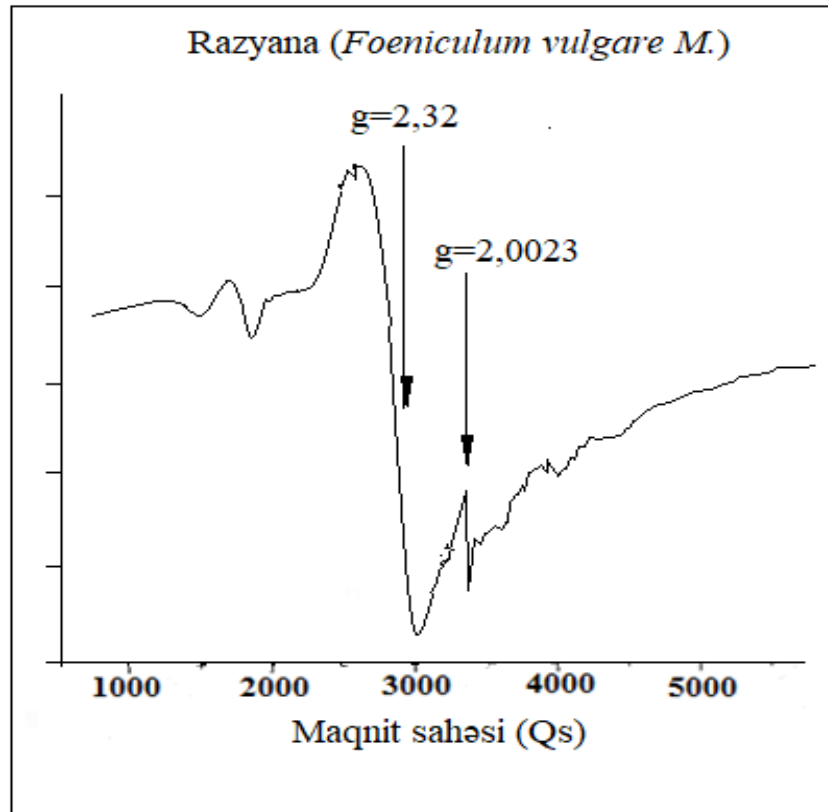
Yod zavodunun radioaktiv çirklənmiş və kontrol ərazilərində bitən bitkilərin radionuklid tərkibi və onların xüsusi aktivlikləri

Analiz olunan element	Radionuklidlərin xüsusi aktivliyi (BK/kq)				
	Həlməl (<i>Zygophyllum fabago L.</i>)			İydə (<i>Elaeagnus angustifolia L.</i>)	
	Radiasiya fonu (mkR/saat)				
	5	170	200	5	140
^{40}K	151 ± 18	305 ± 18	596 ± 17	205 ± 10	234 ± 26
^{226}Ra	4.4 ± 1.4	14.2 ± 1.1	214.3 ± 1.4	2,2 ± 0.7	6.6 ± 2.1
^{228}Ra	0.4 ± 0.8	0.5 ± 0.6	2,2 ± 0.8	1.3 ± 1.1	2.30 ± 0.04
^{235}U	0.9 ± 0.2	0.8 ± 0.1	16.6 ± 1.0	0.20 ± 0.06	0.20 ± 0.04
^{238}U	19.5 ± 4.0	17.4 ± 1.9	360 ± 21.722	4.3 ± 1.1	4.3 ± 0.8

3.2. Razyana (*Foeniculum vulgare M.*) bitkisinin EPR spektrlərinin davranışına radioaktiv çirklənmənin və temperaturun təsiri

Abşeronun Ramana qəsəbəsində tədqiqat apardığımız Yod zavodu ərazisində dominantlıq təşkil edən bitkilərdən biri də razyana (*Foeniculum vulgare M.*) bitkisi olmuşdur. Ramana Yod zavodu ərazisində radiasiya fonu fərqli olan (2-4 mkR/saat,

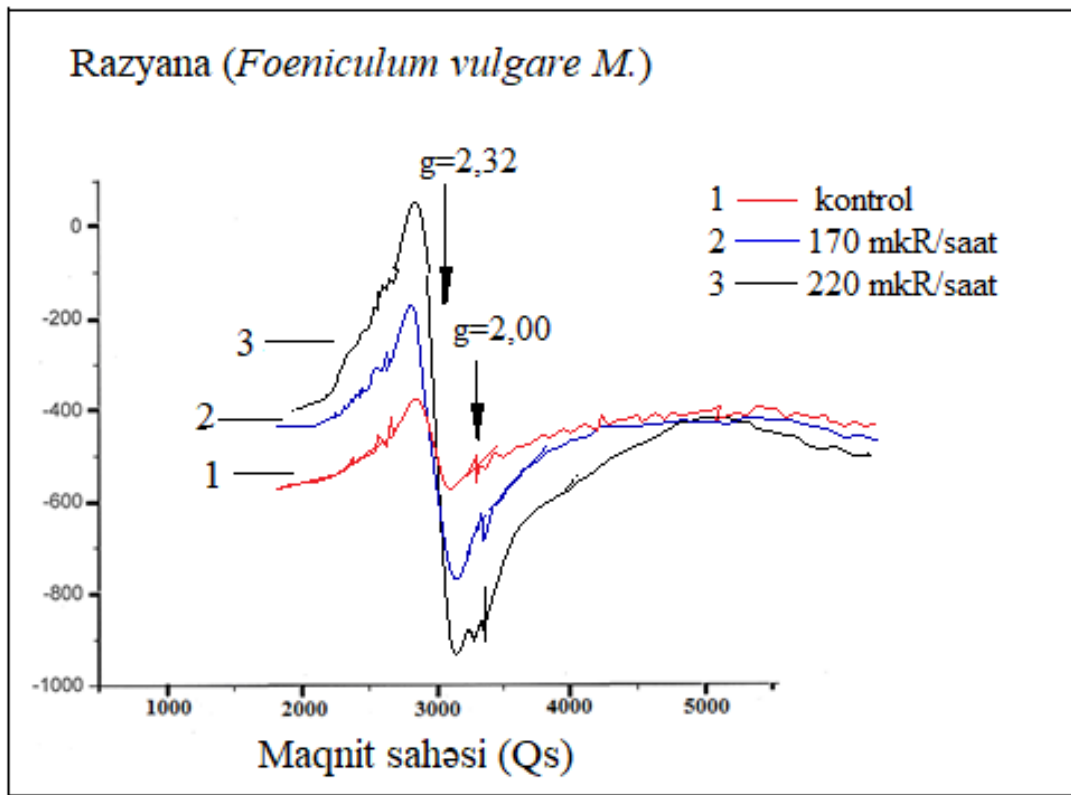
170 mkR/saat və 220 mkR/saat) müxtəlif sahələrdən toplanmış bu bitki ilə bəzi tədqiqatlar aparılmışdır. Onların EPR spektrlərinə temperaturun və radioaktiv çirklənmənin təsiri öyrənilmişdir. Eyni zamanda bu spektrlərdə g-faktorlar təyin edilmişdir. Şəkil 3.2.1-də razyana bitkisinin otaq temperaturunda (300 K), maqnit sahəsinin geniş intervalında (1000–5000 Qs) qeydə alınmış EPR spektri göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi EPR spektrində əsas yeri g-faktoru $g = 2.32$, eni $\Delta H = 400$ Qs olan geniş signal tutur. Bundan başqa spektrdə ensiz sərbəst radikal signalı ($g = 2.0023$, $\Delta H = 10$ Qs) da müşahidə edilir.



Şəkil 3.2.1. Razyana (*Foeniculum vulgare M.*) bitkisinin EPR spektri

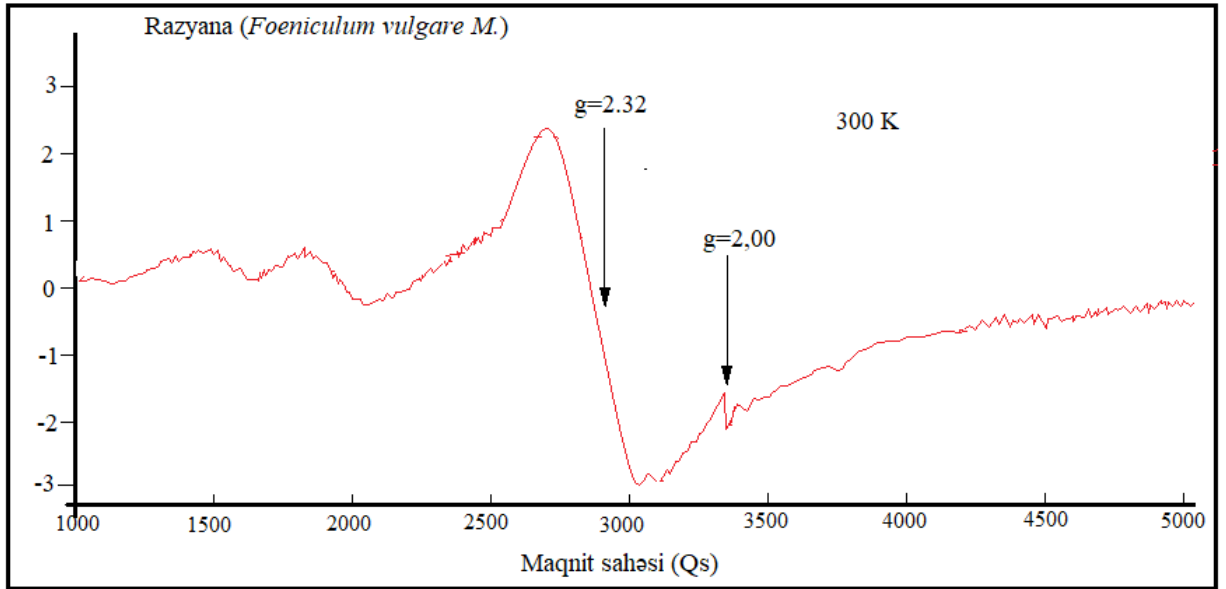
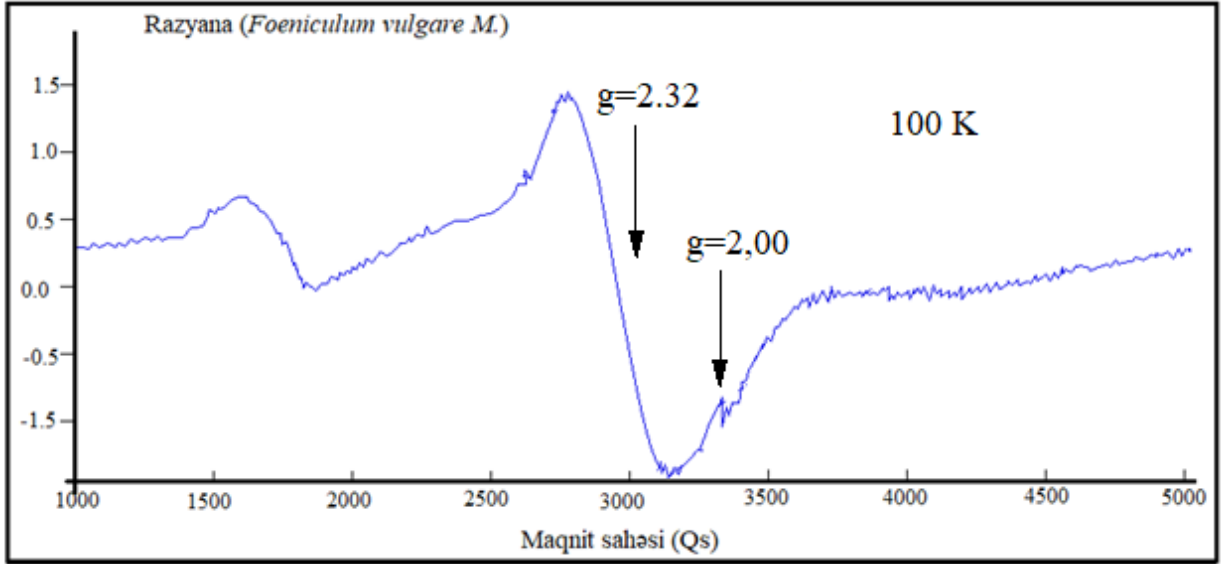
Kontrol (EDG = 4 mkR/saat) və radioaktiv çirklənmiş (EDG = 170 mkR/saat, EDG = 220 mkR/saat) ərazilərdən yığılan razyana bitkisinin yarpaqlarından alınan EPR spektrləri müqayisəli araşdırılmışdır. Yod zavodu ərazisindən yığılan bitki nümunələrinin yarpaqları otaq temperaturunda, təbii şəraitdə qurudularaq toz halına salınmış, sonra isə onların EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Alınan spektrlər şəkil 3.2.2-də verilmişdir.

Razyana bitkisinə, onlarda yaranan paramaqnit mərkəzlərə radioaktiv çirklənmənin təsirini öyrənən zaman məlum oldu ki, Ramana qəsəbəsi, Yod zavodu ərazisində dominantlıq təşkil edən digər bitkilər kimi (iydə (*Elaeagnus angustifolia* L.), qamış (*Scirpus lacustris* L.), cığ (*Juncus Acutus* L.), dəvətikanı (*Alhagi pseudalhagi* L.), həlməl (*Zygophyllum fabago* L.)) bu bitkidə də stres amilinin təsiri nəticəsində maqnit sahəsinin geniş intervalında nanoölçülü dəmir oksidi hissəciklərinə məxsus yüksək intensivlikli geniş EPR siqnalı ($g=2,32$) əmələ gəlir. Məlum olmuşdur ki, maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalların amplitudları radiasiyanın dozəsindən asılı olaraq xətti artmışdır.



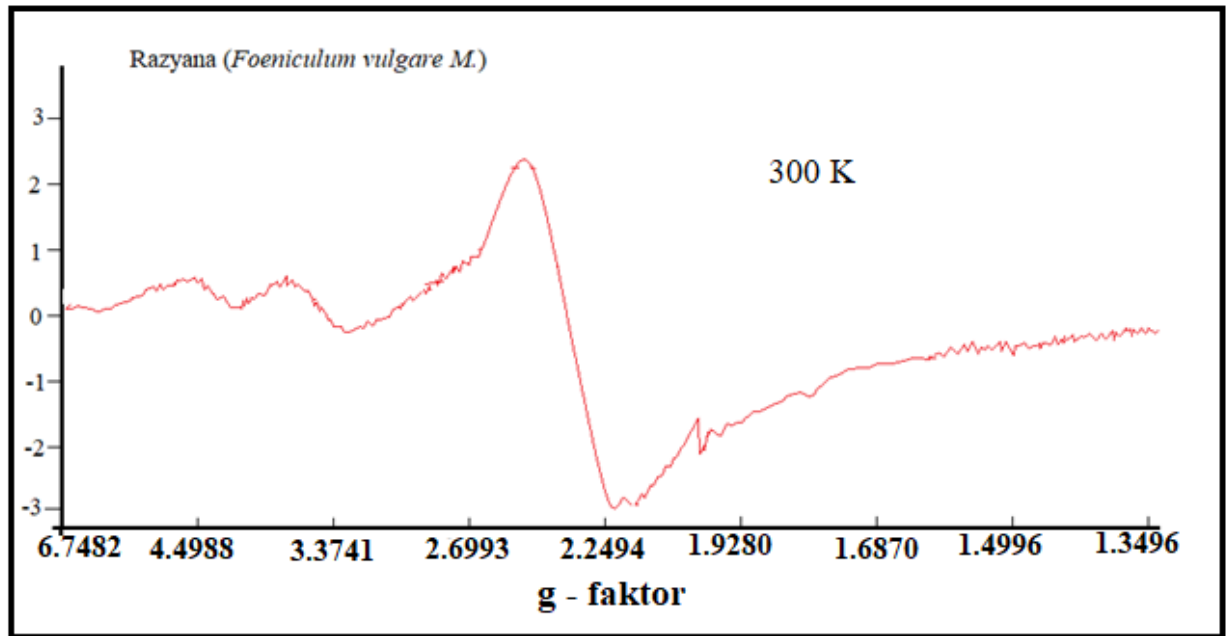
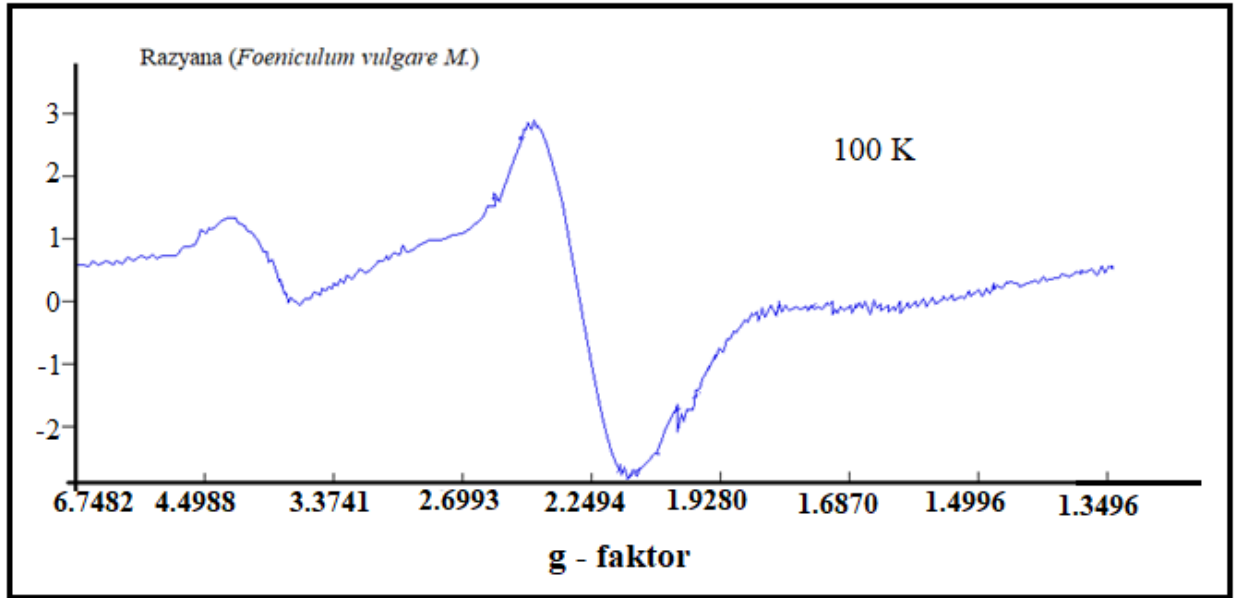
Şəkil 3.2.2. Kontrol və radioaktiv çirklənmiş ərazilərdə bitən Razyana (*Foeniculum vulgare* M.) bitkisinin EPR spektrləri

Bundan başqa razyana bitkisinin EPR spektrləri maqnit sahəsinin geniş intervalında müxtəlif temperaturalarda (100 K, 300 K) araşdırılmışdır. Məlum olmuşdur ki, yüksək temperatur EPR siqnalının intensivliyinin böyüməsinə səbəb olur (şəkil 3.2.3).



Şəkil 3.2.3. Müxtəlif temperaturalarda (100 K, 300 K) razyana yarpaqlarında yaranan EPR spektrləri

Şəkildə göstərildiyi kimi temperaturun otaq temperaturundan 100 K temperatúra qədər azalması həm sərbəst radikal signalının ($g \approx 2,0023$), həm də geniş EPR signalının ($g \approx 2,32$) intensivliyinin azalmasına səbəb olmuşdur. Həmçinin qeydə alınan EPR signallarının g -faktorları müxtəlif temperaturalarda (100 K, 300K) təyin edilmişdir. Bunlar şəkil 3.2.4-də göstərilmişdir. Qeydə alınan spektrlərə əsasən signalın g -faktorları müəyyən edilmişdir. Temperaturun azalması ilə g -faktorların qiymətlərində müəyyən dəyişikliklərin olduğu aşkar edilmişdir.



Şəkil 3.2.4. Razyana bitkisinin müxtəlif temperaturalarda (100 K, 300 K) g-faktorlara uyğun spektrləri

3.3. Nar (*Punica granatum*) bitkisinin yarpaq, qabıq və ekstraktlarında paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi

Müasir biotibb sahəsində tətbiqinə və istifadəsinə böyük ehtiyac duyulan biogen mənşəli dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin təbii sistemlərdə yaranma mexanizmlərinin öyrənilməsi çox böyük maraq doğurur. Bu hadisənin aydınlaşdırılmasında canlı sistemlərdə paramaqnit mərkəzlərin öyrənilməsi vacibdir.

Odur ki, respublikamızın müəyyən bölgələrində, o cümlədən də Abşeron yarımadasında geniş yayılmış qiymətli bitki növlərindən olan nar (*Punica granatum*) bitkisinde paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmiş, maqnit nanohissəciklərinin biogenerasiyası və bu hadisəyə stres amillərinin təsiri öyrənilmişdir [187, s.7071].

Nar bitkisinin yarpaqlarında, meyvəsinin qabıqlarında və meyvəsindən hazırlanmış ekstraktıda paramaqnit mərkəzlər araşdırılmışdır. Stres amillərinin təsiri zamanı nar bitkisinde dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yarandığı müəyyən edildikdən sonra onlarda bu nanohissəciklərin biosintezi də həyata keçirilmişdir. Tədqiqat obyektini olaraq narın seçilməsinə səbəb onun aşağıda qeyd olunan dəyərli və unikal xassələridir:

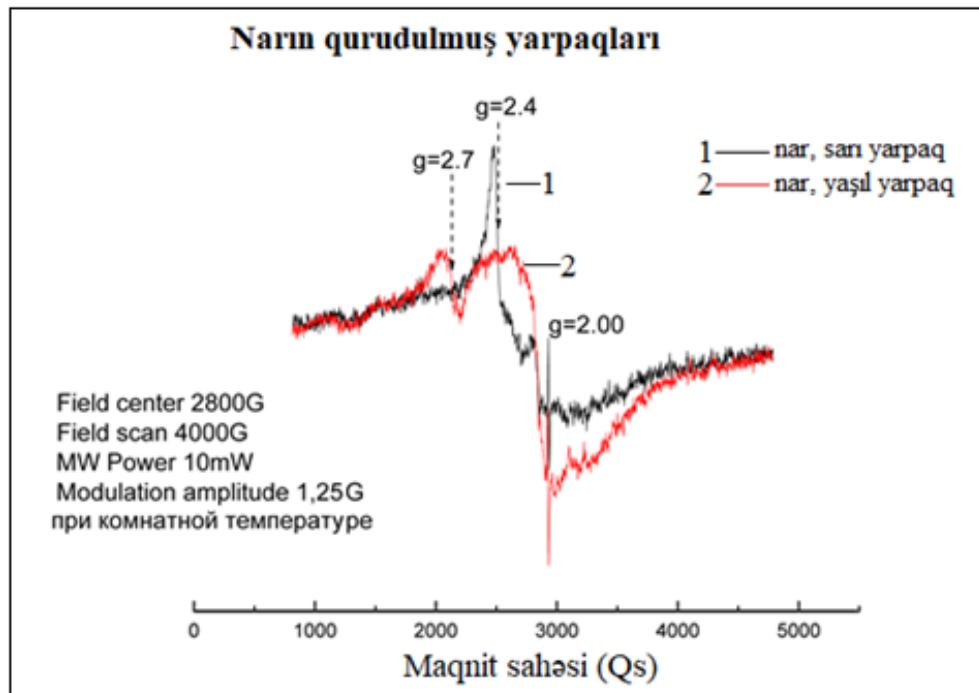
Ədəbiyyat məlumatlarından narın son dərəcə qiymətli və xeyirli bitki olması məlumdur. Nar bitkisinin çox dəyərli və xeyirli olması onun tərkibinin müxtəlif minerallar (dəmir, maqnezium, kalsium və s.) və vitaminlərlə (A, B1, B2, B6, B12, C, E, P) zəngin olması ilə əlaqədardır. Nar bitkisinin bütün orqanları: yarpaqları, meyvəsi, meyvəsinin qabığı çox faydalıdır. Bu isə bitkinin kimyəvi tərkibi ilə əlaqədardır. Narın ən faydalı komponenti onun meyvəsi, daha doğrusu nar dənələridir. Onun şirəsi külli miqdarda vitaminlər və minerallarla zəngindir. Ola bilsin ki, bununla əlaqədar olaraq müxtəlif əməliyyatlardan və infeksiya xəstəliklərdən sonra insan orqanizminin reabilitasiyası üçün məhz nar şirəsinin qəbul edilməsi məsləhət görülür [223, s.121], [149, s.203].

Tərkibində təbii antioksidantlar olduğu üçün nardan antibakterial, virus və iltihab əleyhinə bir vasitə kimi istifadə edilir [155, s.481]. Məlumdur ki, antioksidantlar ətraf mühitin çirkləndirici amillərinin mənfi təsirinin nəticəsi kimi yaranan sərbəst radikalların təsirinə qarşı baryerdir. Sərbəst radikallar orqanizmdə müxtəlif xəstəliklərin: xərçəng şişlərinin, ürək və qan-damar xəstəliklərinin və s. inkişafına səbəb olurlar. Ona görə də bu xəstəliklərin profilaktikasında narın əhəmiyyəti böyükdür. Nar alternativ tibdə oksidativ stresin səbəb olduğu pozuntuları müalicə etmək üçün istifadə olunur [214, s.1-3].

Nar bitkisi ilə apardığımız tədqiqatlar iki istiqamətdə yerinə yetirilmişdir. Birinci istiqamətdə aparılan tədqiqatlarda ilk növbədə nar bitkisinde dəmir əsaslı nanoölçülü

maqnit hissəciklərinin biogenerasiyası öyrənilmiş və bu hadisəyə stres amillərinin təsiri tədqiq edilmişdir. Bundan başqa nar bitkisinin meyvəsindən ekstrakt hazırlanmış və metal duzlarından (FeCl_2 , FeCl_3) istifadə etməklə nanohissəciklərin bioloji üsul ilə sintezi həyata keçirilmişdir. Bu da nar bitkisi ilə aparılan tədqiqatların ikinci istiqamətini təşkil etmişdir [187, s.7072].

Birinci istiqamət üzrə apardığımız tədqiqatlar EPR spektroskopiyasının köməyi ilə yerinə yetirilmişdir. Nar yarpaqları və narın meyvəsindən hazırlanmış nar ekstraktı ilə təcrübələr aparılmışdır. Bu zaman tədqiqat nümunələri kontrol ərazidə bitən nar ağacından yığılmış yaşıl yarpaqlar və eyni nar ağacından payız fəslinin sonunda yığılmış sarı yarpaqlar olmuşdur. Narın yaşıl və sarı yarpaqları təbii şəraitdə, otaq temperaturunda ($22-25^\circ\text{C}$) qurudulduqdan sonra üyüdülərək toz halına salınmış və onların EPR spektrləri otaq temperaturunda (297 K) qeydə alınmışdır (şəkil 3.3.1).



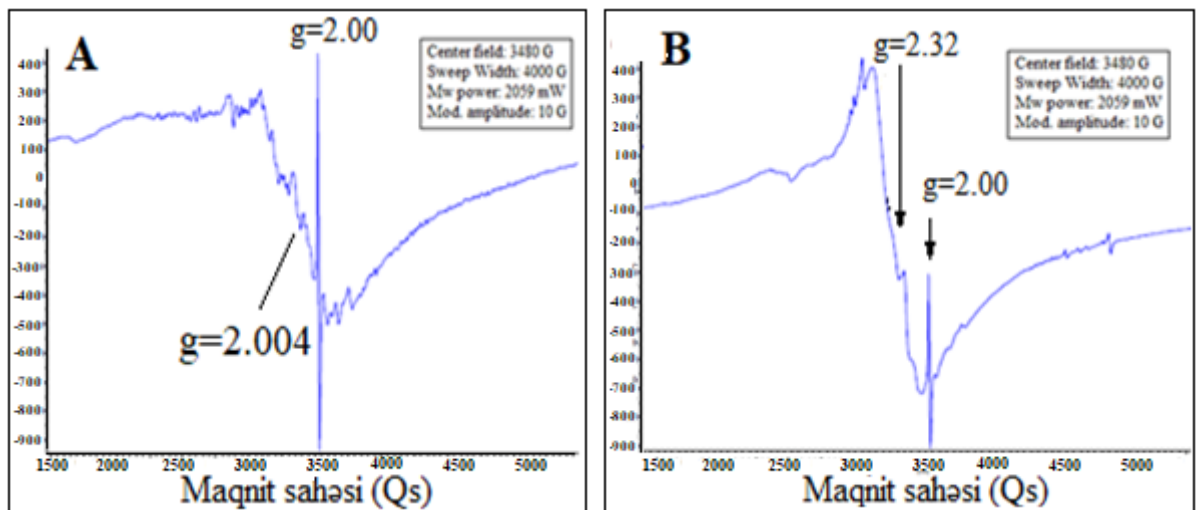
Şəkil 3.3.1. Kontrol ərazidən yığılmış narın yaşıl və sarı yarpaqlarının EPR spektrləri

Spektrlərin çəkilişində 1 mq nümunə istifadə edilmişdir. Şəkil 3.3.1 - də kontrol ərazidən yığılan nar bitkisinin yaşıl yarpaqlarının və həmin ərazidən, eyni ağacdan payız fəslinin sonunda yığılmış narın sarı yarpaq nümunələrinin EPR spektrləri

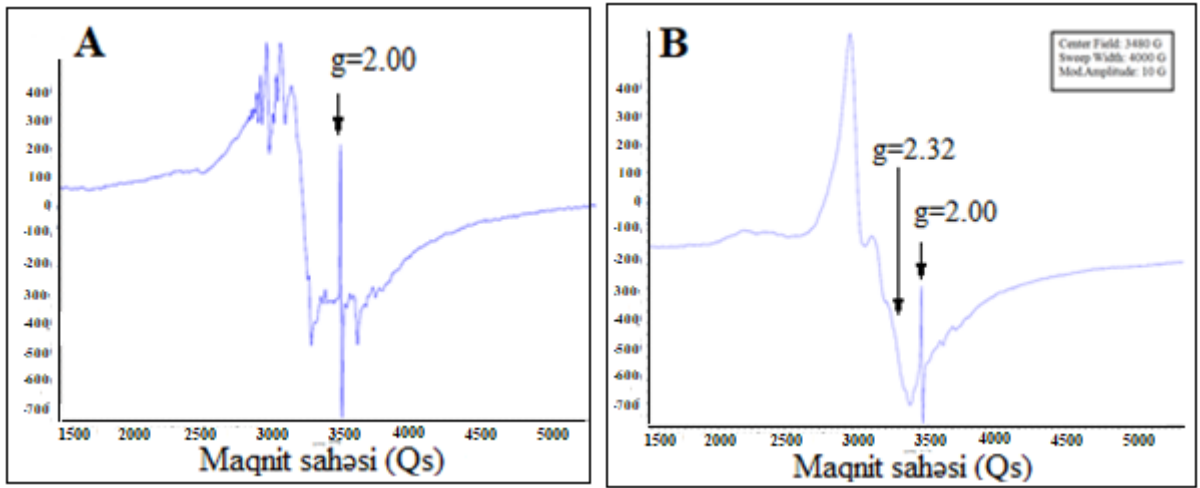
göstərilmişdir. Yarpaq nümunələrində sərbəst radikal siqnalları ($g=2.0023$) və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş siqnallar ($g=2,4$) qeydə alınmışdır. Sarı yarpaqlarda biz maqnit nanohissəciklərinə məxsus geniş EPR siqnallarının yaşıl yarpaq nümunələrindən alınan siqnallar ilə müqayisədə daha intensiv olduğunu müşahidə edirik. Bu isə payız fəslinin sonuna qədər saralmış yarpaqların stres amili kimi UB şüaların, temperatur və başqa bu kimi stres amillərinin təsirinə daha çox məruz qalmaları ilə izah oluna bilər [187, s.7074].

Bundan başqa tədqiqatlarımızda ekoloji təmiz hesab olunan bağ ərazisindən (kontrol) və nisbətən çirklənmiş ərazi hesab olunan zavod ərazisindən (təcrübə) yığılan yaşıl və sarı nar yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir (şəkil 3.3.2, şəkil 3.3.3). Ekoloji baxımdan təmiz hesab olunan bağ ərazisi və ekoloji baxımdan çirklənmiş ərazi hesab olunan zavod ərazisindən yığılmış yaşıl və sarı nar yarpaqlarının EPR spektrləri maqnit sahəsinin geniş intervalında (1000-5500 Qs) qeydə alınmış, onlarda yaranan paramaqnit mərkəzlər müqayisəli şəkildə tədqiq edilmişdir.

Qeydə alınan EPR spektrlərinin müqayisəli identifikasiyası göstərdi ki, bağ ərazisindən yığılan yarpaq nümunələrində maqnit sahəsinin geniş intervalında sərbəst radikalın ($g\approx 2,0023$) və altıkomponentli manqan ionlarının ($g\approx 2,01$) EPR siqnalları müşahidə olunur. Təcrübə variantında isə sərbəst radikalın EPR siqnalı ilə yanaşı artıq dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalının da ($g\approx 2,32$; $\Delta H \approx 400$ Qs) meydana gəldiyini müşahidə edirik.



Şəkil 3.3.2. A - bağ ərazisi (yaşıl yarpaq); B - zavod ərazisi (yaşıl yarpaq)



Şəkil 3.3.3. A - bağ ərazisi (sarı yarpaq); B - zavod ərazisi (sarı yarpaq)

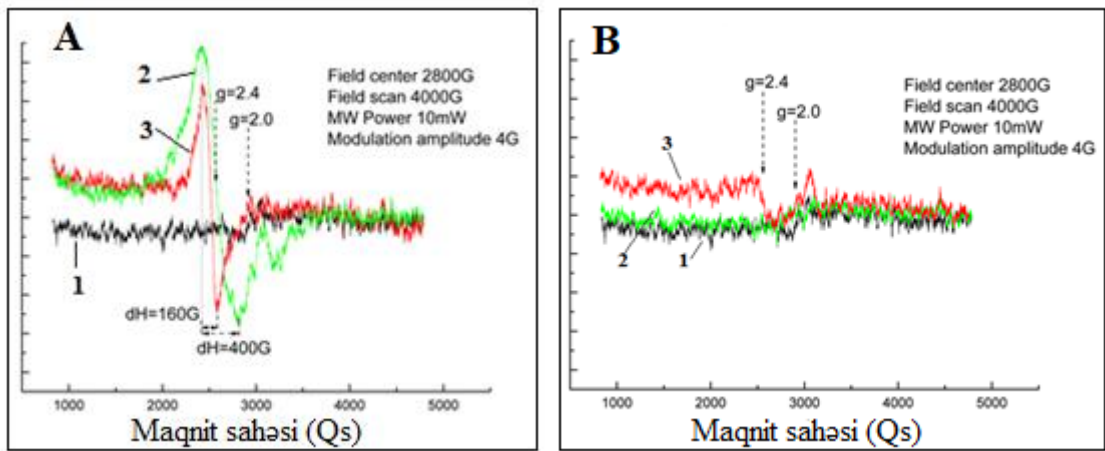
Bu isə onu göstərir ki, stres amillərinin təsiri nəticəsində nar yarpaqlarında biominerallaşmanın intensivliyi artır, nəticə etibarlı ilə yarpaqlarda nanofazalı biogen dəmir oksidi maqnit hissəcikləri generasiya olunur və xarakterik geniş EPR siqnallarının amplitudu böyüyür. Saralmış nar yarpaqları ilə aparılan təcrübələr də bunu sübut edir [187, s. 7074-7076].

Daha sonra narın sarı yarpaqlarının EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 3.3). Həm bağ ərazisindən, həm də zavod ərazisindən yığılan sarı yarpaqlarda biz maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnallarının yarandığını müşahidə edirik. Bu isə saralmış yarpaqların stres amillərinin təsirinə daha uzun müddət məruz qalmaları ilə izah oluna bilər. Həmçinin, şəkil 3.3.3 – də göstərildiyi kimi zavod ərazisindən yığılan sarı yarpaqlarda xarakterik geniş EPR siqnalının intensivliyi kontrol ərazidən yığılan sarı nar yarpaqlarında qeydə alınan siqnalların intensivliyindən daha yüksək olmuşdur.

Tərəfimizdən aparılan EPR ölçmələri göstərdi ki, ətraf mühitin çirklənmə dərəcəsi artdıqca bu ərazidə bitən bitkilərin yarpaqlarında maqnit nanohissəciklərinin generasiyası da yüksəlir. Ona görə də deyə bilərik ki, ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsində bu siqnalların parametrləri biotikasiya göstəriciləri kimi istifadədə əhəmiyyət kəsb edirlər [187, s. 7076-7078].

Təcrübələrin davamı olaraq EPR spektroskopiyası üsulu ilə 20 ml təmiz nar ekstraktı (kontrol) və tərkibinə ayrı-ayrılıqda FeCl_3 və FeCl_2 (10^{-4} M qatılıqda) duzu

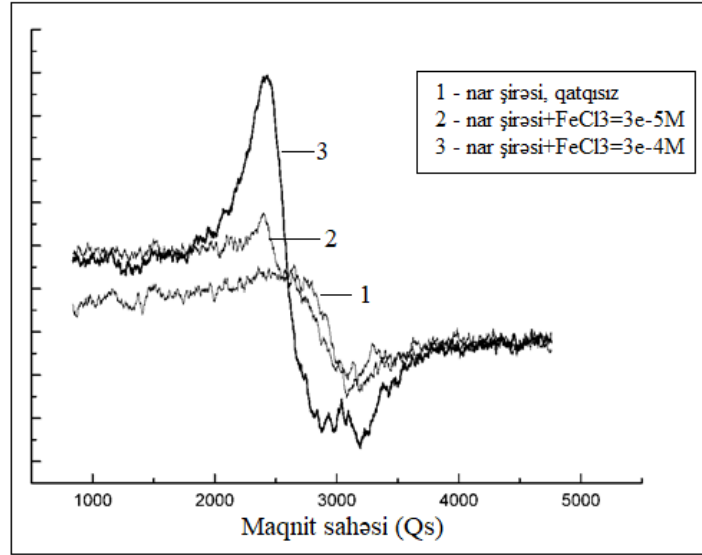
əlavə olunmuş nar ekstraktlarının spektrləri öyrənilmişdir (şəkil 3.3.4). Tərkibinə FeCl_3 əlavə edilmiş ekstraktlarda nanofazalı maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar müşahidə olunmuşdur. Lakin şəkildən görüldüyü kimi kontrol ekstraktı bu siqnalı qeydə alınmamışdır (şəkil 3.3.4, A). Müəyyən edilmişdir ki, nar ekstraktına FeCl_2 əlavə edildikdə maqnit nanohissəciklərinə məxsus geniş EPR siqnalı yaranır (şəkil 3.3.4, B). Bu isə deməyə əsas verir ki, xarakterik EPR siqnallarının yaranması üçün reaksiya mühiti, bizim halda nar ekstraktı mütləq reduksiya qabiliyyətinə malik olmalıdır. Nar ekstraktına FeCl_3 -ün əlavə edilməsi və mühitdə olan müəyyən bioloji birləşmələr dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranmasına səbəb olur.



Şəkil 3.3.4. Nar ekstraktından alınmış EPR siqnalları. A) 1-kontrol; 2, 3- üzərinə FeCl_3 əlavə olunub; B) 1-kontrol; 2, 3 - üzərinə FeCl_2 əlavə olunub

Dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin (maqnetit – Fe_3O_4 və magemit – $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) yaranması nar ekstraktının reduksiyaedici funksiyasının nəticəsi olaraq baş verir. Bu halda FeCl_3 duzu əlavə edilmiş məhlulda Fe^{3+} ionları maqnit nanohissəciklərinə - Fe_3O_4 və yaxud $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ - ə çevrilir (şəkil 3.3.4) [187, s.7074-7075].

Qatqısız nar şirəsi (kontrol) və üzərinə müxtəlif qatılıqlarda ($3 \cdot 10^{-4} \text{M}$ və $3 \cdot 10^{-5} \text{M}$) FeCl_3 əlavə edilmiş nar şirələrinin EPR spektrləri də müqayisəli öyrənilmişdir (şəkil 3.3.5).



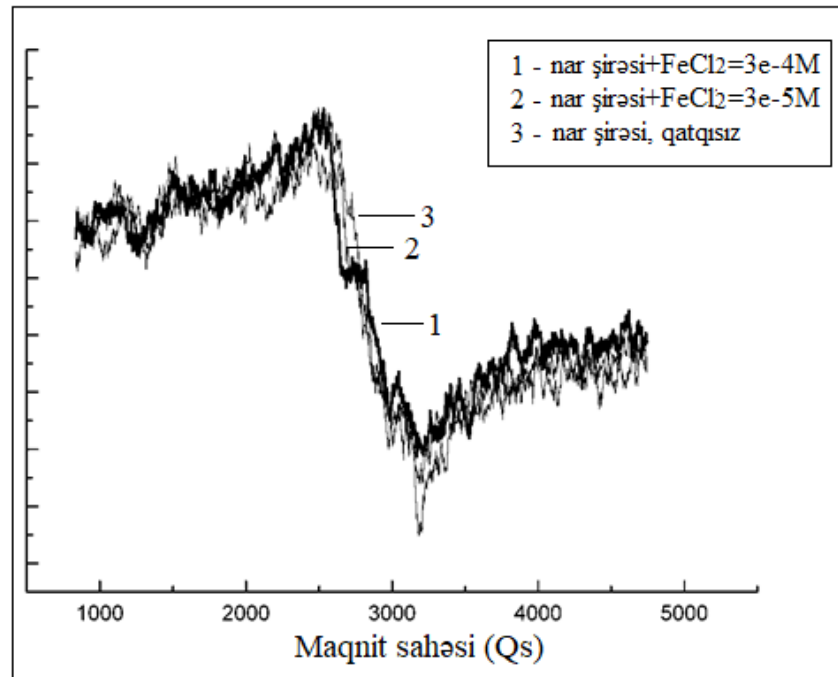
Şəkil 3.3.5. Otaq temperaturunda 4 gün inkubasiya edilmiş nar şirəsi nümunəsi (1) və üzərinə uyğun olaraq $3 \cdot 10^{-5}$; $3 \cdot 10^{-4}$ qatılıqlarda (2, 3) FeCl₃ əlavə edilmiş məhlulların EPR spektrləri

Alınan spektrlərə əsasən məlum olmuşdur ki, FeCl₃ məhlulunun əlavə edilməsi məhlulda maqnit nanohissəciklərinin yaranmasına səbəb olur və əlavə edilən FeCl₃ məhlulunun qatılığının yüksəlməsi qeydə alınan xarakterik geniş EPR signalının amplitudunun daha da böyüməsinə səbəb olur. Bu isə miqdari baxımdan daha çox maqnit nanohissəciklərinin yaranmasının göstəricisi ola bilər.

Nar suyuna müxtəlif qatılıqlarda FeCl₂ məhlulunun əlavə edilməsi isə geniş EPR signalının əmələ gəlməsinə səbəb olmamışdır (şəkil 3.3.6). Bu isə deməyə əsas verir ki, Fe²⁺ ionları reduksiya məruz qalmırlar. Beləliklə də, apardığımız təcrübələr onu deməyə əsas verir ki, orqanizmdə müəyyən xəstəlik nəticəsində yaranan sərbəst dəmir ionları naq şirəsinin reduksiyaedici funksiyası nəticəsində nanoölçülü dəmir oksidi hissəciklərinə çevrilə bilər. Bu hissəciklər isə öz növbəsində ölçüləri kiçik olduqları üçün hüceyrələrarası fəzaya keçirlər. Makrofaqlar (orqanizmdə müdafiə funksiyasını yerinə yetirən hüceyrələr) öz növbəsində onları tutaraq canlı orqanizmdə xəstəlik ocaqlarına, iltihab prosesləri baş verən yerlərə aparırlar.

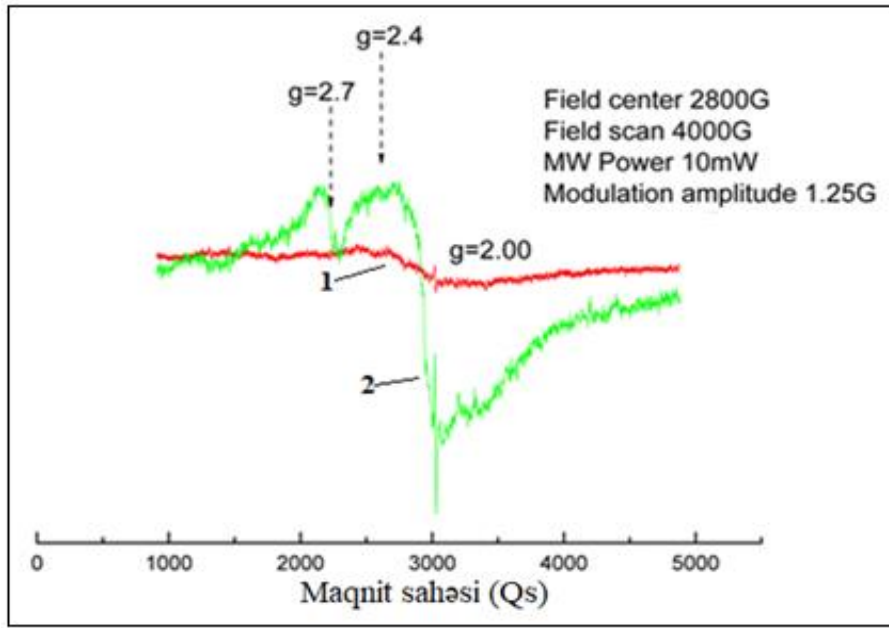
Nəticə etibarlı ilə nar suyu orqanizmdə dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri yaratmaqla onların iltihab prosesi gedən zonalarda toplanmasına gətirir. Bu isə xəstəlik mənbələrinin həm müəyyən edilməsini, həm də sıradan çıxmasını şərtləndirə bilər.

Alınmış bu nəticələr tibdə diaqnostika və profilaktik müalicə məqsədləri ilə tətbiq üçün əhəmiyyətli ola bilər.



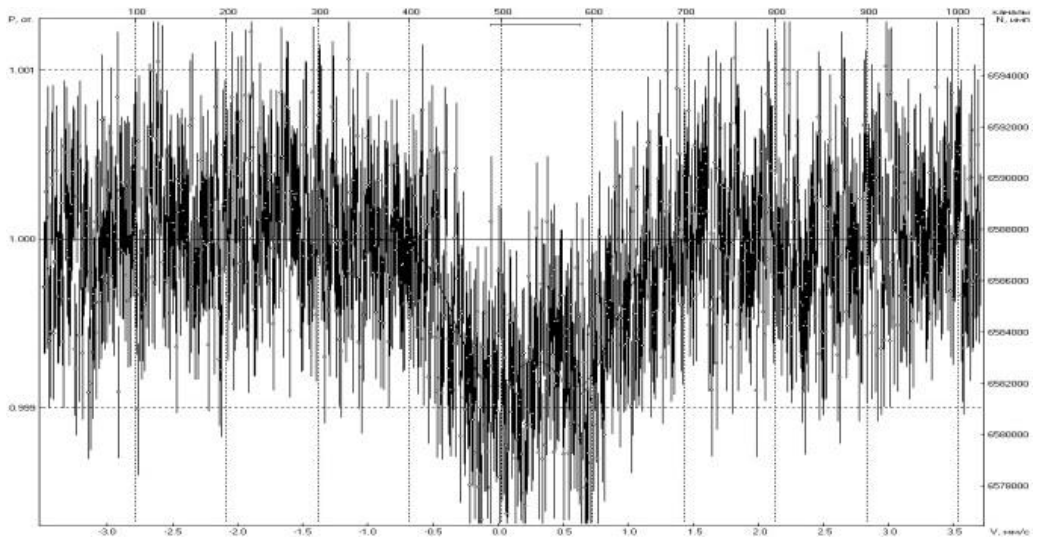
Şəkil 3.3.6. Otaq temperaturunda 4 gün inkubasiya edilmiş nar şirəsi nümunəsi (1) və üzərinə uyğun olaraq $3 \cdot 10^{-5}$; $3 \cdot 10^{-4}$ qatılıqlarda (2, 3) FeCl₂ əlavə edilmiş məhlulların EPR spektrləri

Nar yarpaqları ilə bərabər, nar meyvəsinin qabıqlarında da paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir (şəkil 3.3.7). Onların EPR spektrləri qeydə alınmış və müqayisəli araşdırılmışdır. Çox maraqlıdır ki, narın yaşıl yarpaqlarının və nar meyvəsinin qabığının qurudulmuş nümunələrinin qeydə alınan EPR spektrləri göstərdi ki, nar qabığı nümunələrində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalın intensivliyi yarpaq nümunələrinə nəzərən daha yüksəkdir. Bu isə narın qabıqlarının müxtəlif stres amillərinin təsirlərinə daha çox məruz qalmaları ilə izah oluna bilər (şəkil 3.3.7) [187, s.7075].

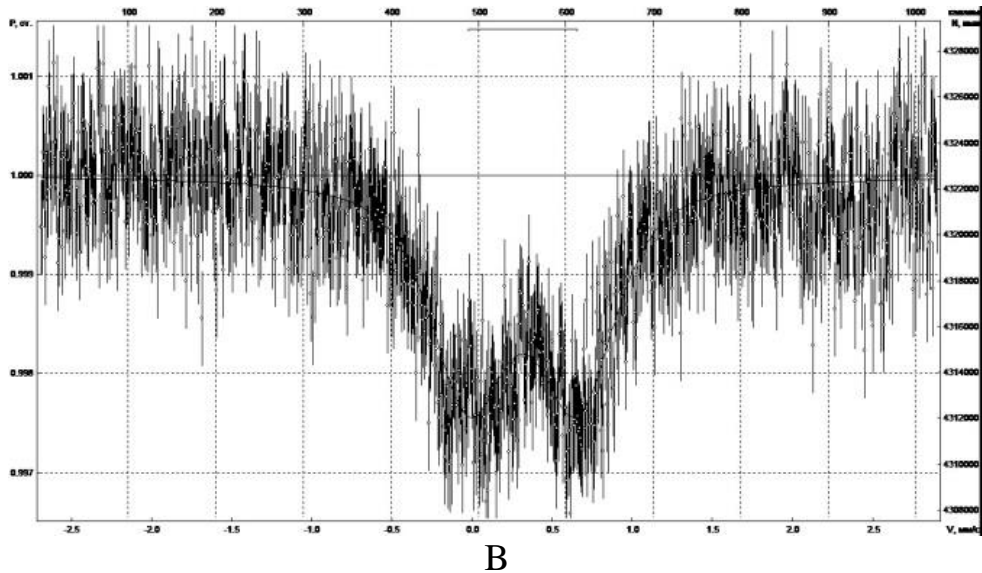


Şəkil 3.3.7. Narın yaşıl yarpaqlarının (1) və nar qabığının EPR spektrləri (2)

Aldığımız nəticələr Messbauer spektroskopiyası üsulu ilə öz təsdiqini tapmışdır (şəkil 3.3.8. A, B). Şəkil 3.3.8 – də ekoloji təmiz və ekoloji çirklənmiş ərazilərdən toplanmış nar yarpaqlarının otaq temperaturunda qeydə alınmış messbauer spektrləri (UNIVEM proqramında işləndikdən sonra) verilmişdir. Spektrlərin kalibrəsi α -Fe ilə aparılmışdır. Göründüyü kimi spektrlər ikili (double) quruluşa malikdirlər, bu isə onu göstərir ki, dəmir ionları paramaqnit vəziyyətdədirlər.



A



Şəkil 3.3.8. Nar yarpaqlarının Messbauer spektrləri. A-Ekoloji təmiz ərazidən yığılmış; B-Zavod ərazisindən yığılmış

Aparılan analizlərə əsasən isomer hərəkətin (İS) və kvadratupol parçalanmanın (QS) qiymətləri məlum olmuşdur. İzomer hərəkətin qiymətinin 0,33 mm/san yüksək spin vəziyyətində ($S=5/2$) Fe^{3+} dəmir ionları üçün xarakterik olduğu müəyyən edilmişdir. Ölçmə zamanı standart küvetdə nümunənin spektrləri qeydə alınmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, rezonans udma effekti 0,1% təşkil edir. Bu isə eksperimental nümunəyə nəzərən azdır. Kontrol nümunənin spektrləri təcrübə nümunəsindən fərqli olaraq ikili görünüşə malik olmamışdır [187, s.7075-7078].

Nar bitkisinin müxtəlif orqanlarında stres təsir zamanı biogen maqnit nanohissəciklərinin yarandığını öyrənməklə yanaşı, apardığımız tədqiqatlarda bu bitkinin ekstraktında nanohissəciklərin biosintezi həyata keçirilmişdir.

Müxtəlif bitki ekstraktlarından istifadə etməklə Fe, Cd, Ag, Au və digər nanohissəciklərin sintezinin həyata keçirilməsi sahəsində son 15-20 ildə müəyyən işlər görülmüşdür. Bu zaman müxtəlif bitki ekstraktları və duz məhlullarından istifadə olunmuşdur [204, s.588-599], [167, s.1-2], [177, s.507].

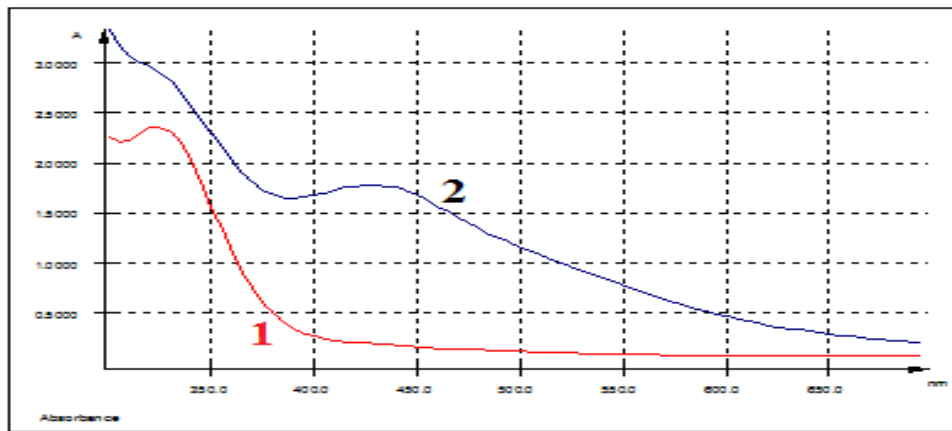
Biz isə eksperimentlərimizdə narın meyvəsindən və həmçinin nar yarpaqlarından hazırlanmış ekstraktlardan istifadə edərək gümüş nanohissəciklərini bioloji üsulla sintez etmişik.



Şəkil 3.3.9. Nar meyvəsindən (solda) və yarpaqlarından (sağda) hazırlanmış ekstrakt. Sağda – 10^{-2} M qatılıqlı 1.0 ml AgNO_3 məhlulu əlavə olunmuş ekstrakt

Nar bitkisinin ekstraktı inkubasiya edilərkən 10^{-2} M qatılıqlı 1.0 ml gümüş duzu (AgNO_3) məhlulu istifadə edilmişdir. Bu zaman nar ekstraktının tədricən rənginin dəyişdiyini müşahidə edilmişdir: nar ekstraktının rəngi açıq sarımtıl rəngdən tünd qırmızımtıl – qəhvəyi rəngə qədər dəyişmişdir (şəkil 3.3.9). UB-görünən (UV-Vis) spektrofotometrə nümunələrin spektrləri çəkilmişdir (şəkil 3.3.10). Çəkilmiş spektrlərə əsasən məlum olmuşdur ki, kontrol nümunədən, yəni yalnız nar yarpaqlarından hazırlanmış ekstraktın spektrində heç bir pik yaranmır (şəkil 3.3.10).

Nar ekstraktının UB-görünən spektrində 410-450 nm diapazonunda maksimum pik qeydə alınmışdır (şəkil 3.3.10).



Şəkil 3.3.10. Nar yarpaqlarından hazırlanmış ekstraktın UB-Görünən spektrləri. 1-təmiz ekstrakt, 2-gümüş duzu məhlulu ilə inkubasiya olunmuş ekstrakt

Qeydə alınan spektrdə yaranan pikin intensivliyinin istifadə edilən gümüş duzunun qatılığından və eyni zamanda nanohissəciklərin aqlomerasiya dərəcəsindən asılı olduğu müəyyən edilmişdir.

Aldığımız ekstraktın köməyi ilə qeydə alınan spektrə əsasən deyə bilərik ki, nar ekstraktında sintez olunmuş gümüş nanohissəciklərinin ölçüləri təqribən 50-80 nm və daha çox ola bilər. Nanohissəciklərin yaranmasında zamandan asılılıq da tədqiq edilmiş, 1 aydan sonra nümunələrin UB-Görünən spektrləri yenidən çəkilmişdir. Nəticədə müəyyən edilmişdir ki, UB-Görünən spektrlərdə müşahidə etdiyimiz udma piki sabit və dəyişməz qalır, spektrlərin intensivliyi dəyişmir.

Beləliklə, nar bitkisi ilə aparılan bütün araşdırmalar zamanı alınan nəticələr bir daha sübut etdi ki, stres amilləri bitkilərdə maqnit nanohissəciklərinin formalaşmasında stimullaşdırıcı təsir rolunu oynayır. Belə təsir effekti müxtəlif sahələrdə tətbiq olunan funksional dəmir oksidi nanohissəciklərinin sintezində istifadə edilə bilər [187, s.7078].

3.4. Ətraf mühit çirkləndiricilərinin bitkilərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranmasında rolu

Məlumdur ki, canlı sistemlər müxtəlif antropogen amillərinin təsirinə məruz qalırlar və nəticədə canlı aləmin, canlı varlıqların yaşama şəraiti və keyfiyyəti xeyli aşağı düşür. Təəssüf ki, canlı sistemlər, həmçinin, atmosfer havası, torpaq və su ağır metallar, radionuklidlər, müxtəlif sənaye tullantıları, herbisidlər və s. kimi stres amillərinin təsirlərinə məruz qalırlar [145, s.50-51].

Eyni zamanda, son 20-30 ildə müxtəlif nanohissəciklərin, xüsusilə də metal nanohissəciklərinin insan orqanizminə daxil olaraq orada patoloji, təhlükəli xəstəliklərə səbəb ola biləcəyi də meydana çıxmışdır. Ümumiyyətlə, nanohissəciklərin canlı orqanizmlərə müxtəlif yollar vasitəsi ilə (nəfəs (inhalyasion) vasitəsi ilə, həzm sisteminin selikli qişaları ilə, dəri vasitəsi ilə, atmosferdə olan nanohissəciklər okulyar yolla, peyvənd və zərdəbdən ibarət olan qan dövranı vasitəsi ilə və s.) daxil ola bilməsi məlumdur. [63, s.634].

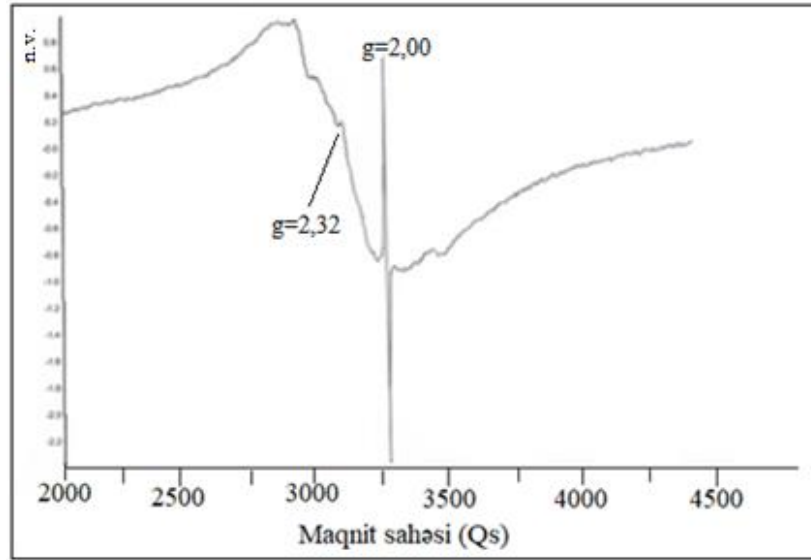
EPR metodu ilə Abşeron yarımadası üçün səciyyələnən bitki növlərində (zeytun

(*Olea europea* L.), tubulqa (*Pyracantha coccinea*), arıçubuğu (*Ligustrum* L.)) ekoloji çirklənmənin, ətraf mühitin çirkləndiricilərinin təsiri zamanı onlarda yaranan paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, ətraf mühit çirkləndiriciləri, ekoloji çirklənmə faktorları bu bitkilərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiyasına səbəb olur [144, s.174].

Təcrübələr göstərmişdir ki, ekoloji çirklənmə zamanı bitkilərin yarpaqlarında qeydə alınan geniş EPR siqnallarının parametrləri və stres amillərindən asılı olaraq dəyişmə xüsusiyyətləri maqnit nanohissəciklərinin EPR siqnallarının parametrləri ilə identikdir.

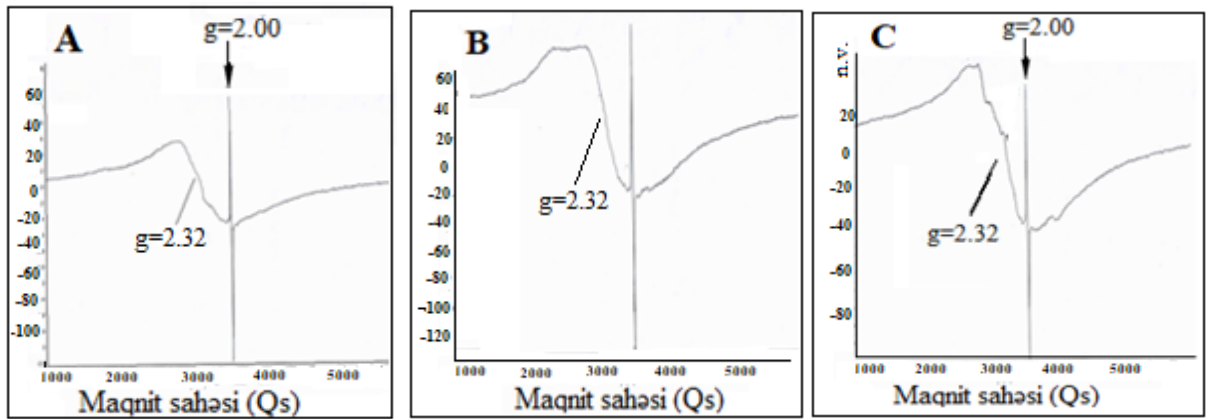
Tədqiqatlarda Abşeronun ekoloji çirklənmə baxımından fərqli olan üç müxtəlif ərazilərindən yığılmış eyni növ bitkilərin (arıçubuğu, zeytun və tubulqa) yarpaqları EPR metodu ilə tədqiq edilmişlər. Tədqiqat əraziləri ekoloji təmiz ərazi hesab olunan Botanika bağının ərazisi (kontrol ərazi), nisbətən çirklənmiş hesab edilə biləcək sənaye zonası olan Neftayırma zavodu ərazisi və bitkilərin ətraf mühit çirkləndiricilərinin təsirinə məruz qalma səviyyəsi maksimal ola bilən intensiv nəqliyyat hərəkəti olan aeroport yolu olmuşdur. Həmin ərazilərdə ekspozisiya dozasının gücü (EDG) radiometr-dozimetr (MKC-AT 1125 Atomtex) vasitəsilə təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, bu ərazilərdə EDG 2,5-8 mkR/saat intervalında dəyişir. Həmçinin bu bitkilərdə paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmiş və onlarda maqnit sahəsinin geniş intervalında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalları ($g=2,32$; $\Delta H=500$ Qs) və sərbəst radikal EPR siqnalları ($g=2,0023$; $\Delta H=10$ Qs) qeydə alınmışdır (şəkil 3.4.1).

Aşağıdakı şəkillərdə yuxarıda adları çəkilən hər üç ərazidən yığılan və ayrı-ayrılıqda araşdırılan üç növ bitkinin yarpaqlarından alınan EPR spektrləri göstərilmişdir (şəkil 3.4.2; şəkil 3.4.3; şəkil 3.4.4).

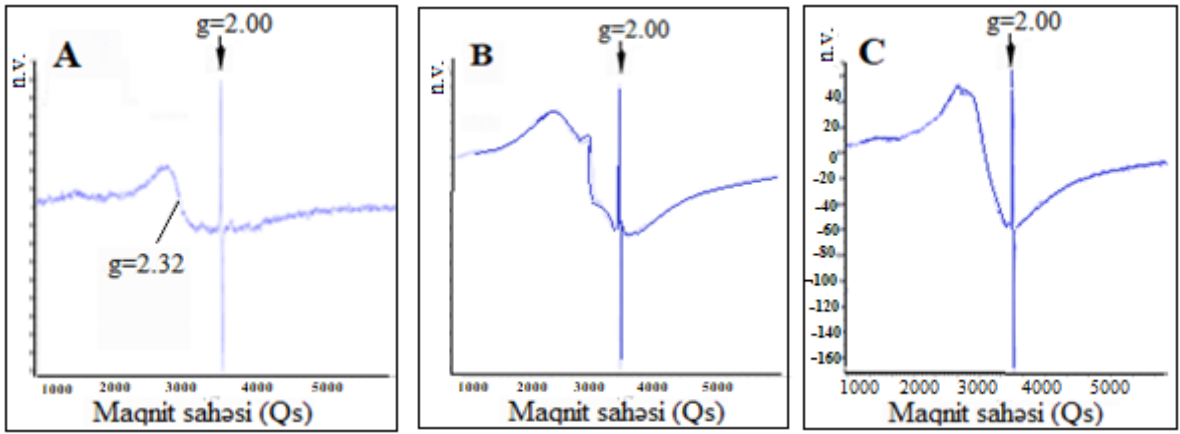


Şəkil 3.4.1. Zeytun yarpaqlarının EPR spektri

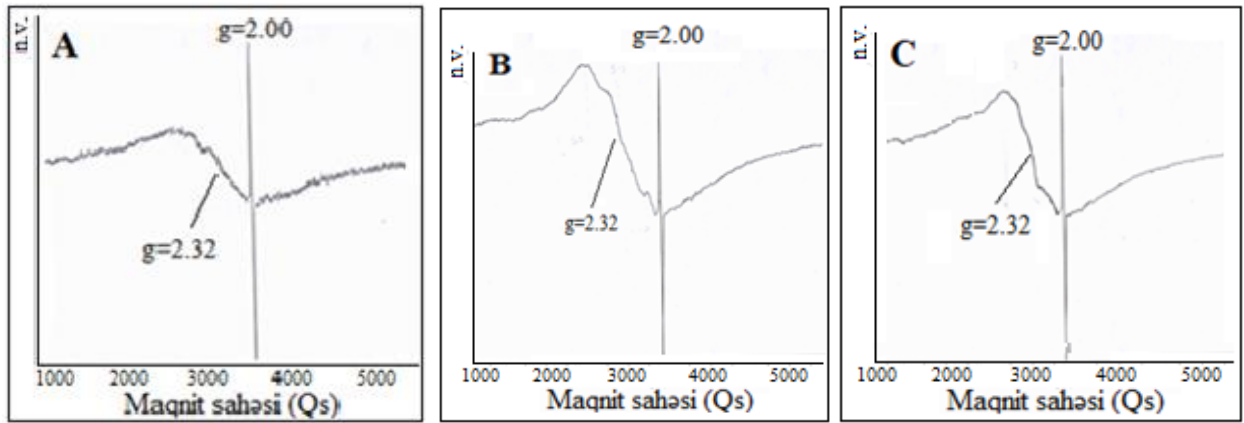
Ekoloji çirklənmə dərəcələrinə görə fərqlənən bütün ərazilərdən yığılan üç növ bitkilərdən alınan geniş EPR siqnallarının intensivliklərinin dəyişməsinə əsasən məlum olmuşdur ki, ekoloji çirklənmə bu bitkilərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin formalaşmasına nəzərəcarpan təsir göstərir.



Şəkil 3.4.2. Abşeronun müxtəlif ərazilərindən yığılan zeytun bitkisinin yarpaqlarının EPR spektrləri: A- AMEA Botanika bağı ərazisindən, B – Bakı Neftayırma zavodu ərazisindən, C – aeroport yolundan



Şəkil 3.4.3. Abşeronun müxtəlif ərazilərindən yığılan arıçubuğu bitkisinin yarpaqlarının EPR spektrləri: A- AMEA Botanika bağı ərazisindən, B – Bakı Neftayırma zavodu ərazisindən, C – aeroport yolundan



Şəkil 3.4.4. Abşeronun müxtəlif ərazilərindən yığılan tubulqa bitkisinin yarpaqlarının EPR spektrləri: A- AMEA Botanika bağı ərazisindən, B – Bakı Neftayırma zavodu ərazisindən, C – aeroport yolundan

Çırkənmə dərəcəsi artdıqca bitkilərin yarpaqlarında kristallik biogen dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiyası da intensivləşir [144, s.173-174]. Şəkillərdən (şəkil 3.4.2; şəkil 3.4.3; şəkil 3.4.4) görüldüyü kimi bu siqnalların davranışında aşağıdakı qanunauyğunluq nəzərə çarpır: kontrol ərazi hesab olunan Botanika bağı ərazisindən yığılmış bitkilərin yarpaqlarından alınan geniş EPR siqnallarının intensivliyi çirkənməmiş ərazilərdən yığılmış bitkilərin analoji siqnallarının intensivliyindən nəzərəcarpacaq dərəcədə kiçikdir. Sənaye zonasından yığılan bitkilərdə xarakterik geniş EPR siqnallarının amplitudlarının daha yüksək olması müəyyən edilmişdir. Şəkillərdən görüldüyü kimi maqnit nanohissəciklərini

xarakterizə edən geniş EPR signalından ($g=2,32$) başqa spektrdə ensiz sərbəst radikal signalının yüksək amplitudlu EPR signalı da ($g=2,0023$) müşahidə edilmişdir [144, s.173].

Bu qanunauyğunluq tədqiq etdiyimiz hər üç bitkidə müşahidə edilmişdir. Ekoloji baxımdan çirklənmə dərəcələrinə görə fərqlənən müxtəlif ərazilərdən yığılmış üç növ bitkinin (arıçibuğu, zeytun, tubulqa) EPR spektrlərinin tədqiqi göstərdi ki, çirklənmə dərəcəsi artdıqca bitkilərdə biominerallaşma hadisəsi nəticəsində daha çox biogen nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəcikləri yaranır.

Bundan başqa bu ərazilərdə bitən bitkilərin CANBERRA qamma-spektrometrində radionuklid tərkibləri müəyyən edilmiş və onların xüsusi aktivlikləri təyin edilmişdir (cədvəl 3.4.1). Cədvəl 3.4.1 - dən göründüyü kimi ^{40}K , ^{226}Ra və ^{226}Ra radionuklidlərinin xüsusi aktivlikləri ekoloji cəhətdən çirklənmiş ərazilərdə təmiz ərazi ilə müqayisədə daha yüksək olmuşdur.

Eyni zamanda bu bitkilərin element tərkibləri də müəyyən edilmişdir (cədvəl 3.4.2). Cu elementinin miqdarının çirklənmiş ərazilərdə daha çox olması aşkar olunmuşdur.

Cədvəl 3.4.1

**A – AMEA Botanika bağı ərazisi, B – Bakı Neftayırma zavodu ərazisi,
C – nəqliyyatın intensiv olduğu aeroport yolu ərazilərindən yığılan
arıçubuğu, zeytun və tubulqa bitkilərinin yarpaqlarının radionuklid tərkibi
və onların xüsusi aktivlikləri**

Rad io nuk lid	RADİONUKLİDLƏRİN XÜSUSİ AKTİVLİYİ (Bk/kq)								
	ARIÇUBUĞU <i>Ligustrum japonicum</i>			ZEYTUN <i>Olea europea</i>			TUBULQA <i>Pyracantha coccinea</i>		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
⁷ Be	5.9 ± 0.4	2.8 ± 0.2	5.7 ± 0.6	4.1 ± 0.5	5.9 ± 0.3	3.8 ± 0.6	3.9 ± 0.4	5.3 ± 0.4	5.7 ± 0.4
⁴⁰ K	460 ± 12	563 ± 21	567 ± 19	554 ± 18	627 ± 17	657 ± 18	601 ± 13	760 ± 13	820 ± 18
²²⁶ Ra	3.9 ± 0.2	4.9 ± 0.2	4.8 ± 0.3	3.5 ± 0.1	12.9 ± 0.1	12.8 ± 0.2	11.9 ± 0.2	14.8 ± 0.2	13.4 ± 0.3
²²⁸ Ra	2.8 ± 0.1	8.9 ± 0.3	9.7 ± 0.2	8.1 ± 0.3	11.8 ± 0.2	10.8 ± 0.3	10.9 ± 0.1	10.9 ± 0.3	11.1 ± 0.1
²³⁵ U	1.5 ± 0.2	3.2 ± 0.1	0.5 ± 0.2	3.2 ± 0.2	0.9 ± 0.1	2.8 ± 0.1	3.4 ± 0.2	3.8 ± 0.2	2.5 ± 0.1

Cədvəl 3.4.2

**A – AMEA Botanika bağı ərazisi, B – Bakı Neftayırma zavodu ərazisi,
C – nəqliyyatın intensiv olduğu aeroport yolu ərazilərindən yığılan
arıçubuğu, zeytun və tubulqa bitkilərinin yarpaqlarının element analizi**

Element	Ariçubuğu <i>Ligustrum japonicum</i>			ZEYTUN <i>Olea europea</i>			TUBULQA <i>Pyracantha coccinea</i>		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Ti	0,082	0,16	0.17	0.013	0.0889	0.15	0.0326	0.16	0.0463
V	-	0,0552	0.0453	0.0841	0.0633	0.068	0.0395	0.09	0.0483
Fe	0,78	0,23	0.55	0.87	0.17	0.31	0.44	0.99	0.72
Cu	0,49	0.55	0.84	0.12	0.14	0.85	0.23	0.65	0.41
Pb	0,16	0.0298	0.0186	0.023	0.33	0.54	0.0686	0.0121	0.52
Bi		0.0442	-		0.21	0.22	0.0136	0.0131	0.23
Zn	0.29	0.2	0.0102	0.2	0.19	0.01	0.2	0.32	0.0113
Zr	0.18	0.2	0.24	-	0.3	0.18	0.24	0.0539	0.31
Cd	0.6	-	-	-	0.45	-	-	0.0231	0.38

3.5. Abşeron yarımadasında geniş yayılmış bəzi ağac bitkilərinin (əncir – *Ficus carica* L., eldar şamı - *Pinus eldarica* M., zeytun – *Olea europea* L.,) yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi

Məlumdur ki, yaşadığımız Abşeron yarımadası çox dəyərli və qiymətli ağac növləri ilə zəngindir. Bunlardan ən geniş yayılanları arasında əncir - *Ficus carica* L., eldar şamı - *Pinus eldarica* M., zeytun – *Olea* L. ağaclarını misal göstərmək olar (şəkil 3.5.1). Növbəti tədqiqatlarımızda bu ağacların yarpaqları, onlarda yaranan paramaqnit mərkəzlər EPR üsulu ilə öyrənilmişdir.



Ficus carica L.

Pinus eldarica M.

Olea europea L.

Şəkil 3.5.1. Əncir - *Ficus carica* L., eldar şamı - *Pinus eldarica* M., zeytun – *Olea* L. bitkiləri

Məlumdur ki, əncir (*Ficus carica* L.) bitkisi Abşeron yarımadasında çox geniş yayılmış qiymətli ağac növlərindəndir. Bu bitkinin qalın, iri və dekorativ görünüşə malik yarpaqları var. Çox şirin olan meyvələri yumru və bir qədər də uzunsov quruluşa malikdirlər. Dünyada subtropik meyvəli bitki növləri çoxdur və onlar arasında geniş yayılanlardan biri də əncirdir. Bu bitkilər arasında qidalarla çox zəngin, ətirli, şirin meyvələri olan bitki məhz əncir hesab olunur. Əncir yarpaqları həmçinin əhəmiyyətli dərman bitkisi hesab olunur. Qurudulmuş əncir yarpaqlarından əsasən xalq təbabətində bir çox xəstəliklərin, məsələn, ürək, qan-damar xəstəliklərinin müalicəsi məqsədi ilə istifadə olunur. Əncir yarpaqlarını bişirməklə və ya dəmləməklə bir çox xəstəliklərə faydalı təsirinə nail olmaq olur [213, s.1834]. Tibbi-praktiki nöqteyi-nəzərdən əncir yarpaqları və onların faydalı təsir effektləri müəyyən qədər öyrənilmişdir. Lakin bu

bitkiyə müxtəlif stres amillərinin təsiri demək olar ki, tədqiq edilməmiş, stres amillərinin təsiri zamanı onlarda yaranan struktur-funksional dəyişikliklər araşdırılmamışdır. Bunları nəzərə alaraq Abşeronda geniş yayılmış ağac bitkilərini tədqiq edən zaman tədqiqat obyektlərindən biri olaraq əncir yarpaqları seçilmişdir [182, s.193].

Digər tədqiqat obyektini olaraq həmişəyaşıl Eldar şamı (*Pinus eldarica* M.) ağacı seçilmişdir. Eldar şamı əsasən ərəziləri yaşıllaşdırma məqsədi ilə geniş istifadə edilir, mədəni halda Nəbatat bağlarında becərilir, qeyri-adi şəraitdə inkişaf edə bilir, quraqlıq və qeyri-münbit torpaq ərazilərində yaşıllaşdırma məqsədi ilə istifadədə çox əvəzsiz ağac hesab edilir.

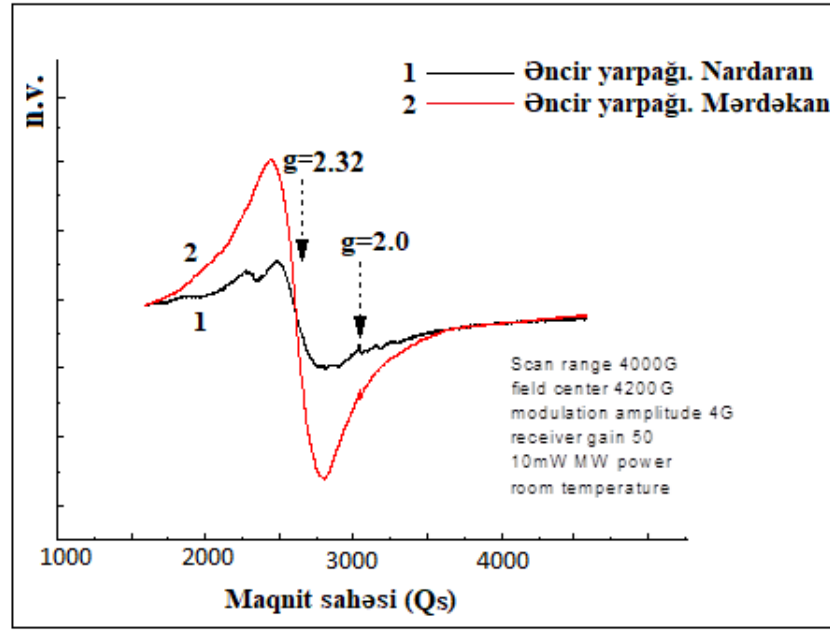
Növbəti tədqiqat obyektimiz olan zeytun (*Olea* L.) ağacı Abşeron yarımadasında geniş yayılıb və respublikamız üçün nadir, qiymətli nemət sayılır. Bağlarda, parklarda bu ağaca çox rast gəlmək mümkündür. Həmişəyaşıl bitkidir. Ona görə də tədqiqat obyektini kimi seçilməsi çox əhəmiyyətlidir və məqsədəuyğundur.

İndi isə yuxarıda adları çəkilən ağac bitkilərinin yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlərin EPR üsulu ilə tədqiqinə baxaq.

3.5.1. Abşeron yarımadasında geniş yayılmış əncir - *Ficus carica* L.

yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlərin davranışının və bəzi parametrlərdən asılılığının tədqiqi

Abşeron yarımadasında geniş yayılmış çox qiymətli ağac bitkilərindən sayılan əncir (*Ficus carica* L.) ağacının yarpaqları EPR metodu ilə öyrənilmiş, maqnit sahəsinin geniş intervalında onlarda yaranan paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmişdir. Əncir yarpaqları Abşeron yarımadasının müxtəlif ərazilərindən – Nardaran və Mərdəkan bağları ərazilərindən toplanmış, otaq temperaturunda qurudulduqdan sonra EPR spektrləri qeydə alınaraq interpretasiya edilmişdir (şəkil 3.5.2). Bütün EPR ölçmələrində olduğu kimi əncir yarpaqları ilə aparılan təcrübələrdə də qeydiyyat zamanı nümunələr kütlə vahidinə görə normallaşdırılmışdır. Qeydə alınan spektrlərdə iki tip siqnal detektə edilmişdir.



Şəkil 3.5.2. Nardaran və Mərdəkan ərazisindən yığılan əncir yarpaqlarının EPR spektrləri

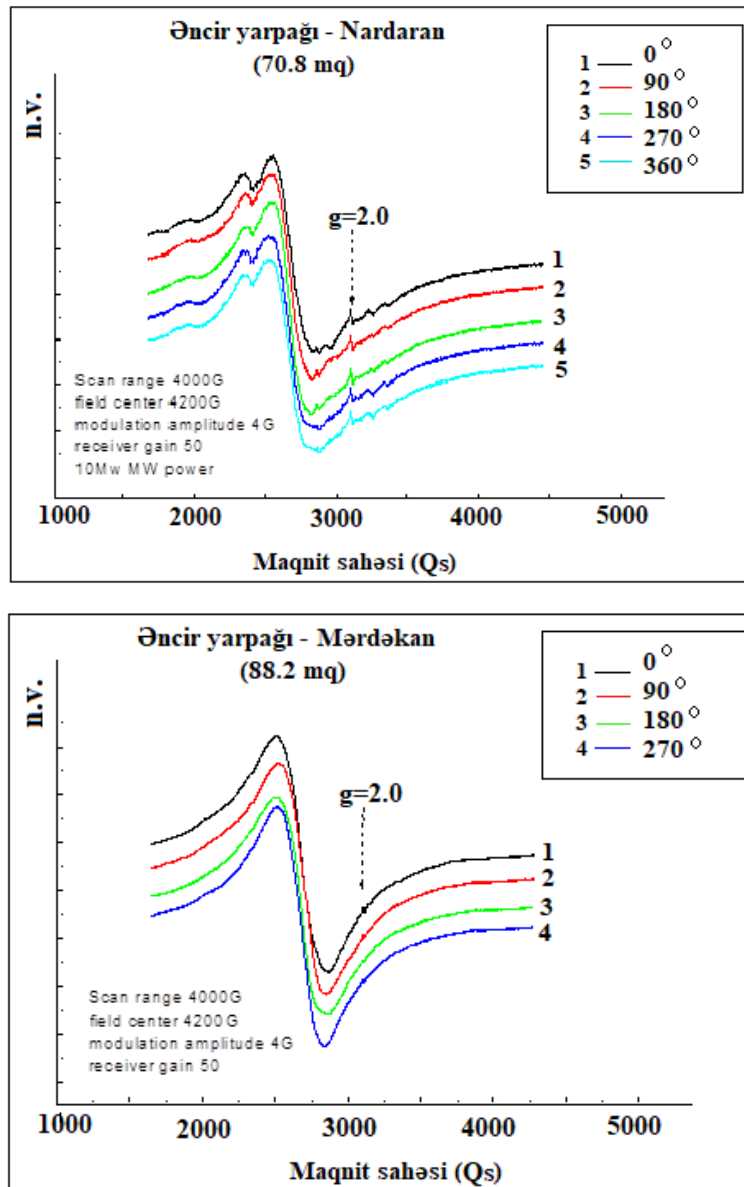
Maqnit sahəsinin geniş intervalında qeydə alınan spektrlərdə əsas yeri dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri üçün xarakterik geniş EPR siqnalının ($g=2.32$; $\Delta H=400$ Qs) tutduğu müəyyən edilmişdir. Eyni zamanda bu nümunələrdə $g=2,0023$ və $\Delta H=10$ Qs – a uyğun olan sərbəst radikalların kiçik intensivlikli siqnalları da müşahidə edilmişdir.

Qeydə alınan geniş EPR siqnallarına ($g=2,32$; $\Delta H=400$ Qs) (şəkil 3.5.2) əsasən ilk dəfə olaraq belə bir fikir irəli sürürük ki, Abşeronun müxtəlif ərazilərində bitən əncir ağacının yarpaqlarında nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəcikləri mövcuddur. Bu nanohissəciklər həmin yarpaqlarda müxtəlif stres amillərinin təsiri ilə biominerallaşma hadisəsi nəticəsində generasiya olunurlar. Burada stres amili kimi UB-şüalar, rütubət, temperatur, ağır metallar, müxtəlif istehsalat tullantıları və s.-nin təsiri ola bilər.

Eyni zamanda Mərdəkan ərazisindən yığılan nümunələrdə qeydə alınan dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə məxsus olan geniş EPR siqnallarının amplitudlarının Nardaran ərazisindən yığılan əncir yarpaqları nümunələrindən alınan geniş EPR siqnalları ilə müqayisədə yüksək olması bu ərazidə canlı sistemin daha çox çirkləndirici amillərə məruz qalmasını və həmin ərazinin ekoloji cəhətdən Nardarana

nisbətən daha çox çirklənməyə məruz qaldığını ehtimal etməyə imkan verir [182, s.193-194].

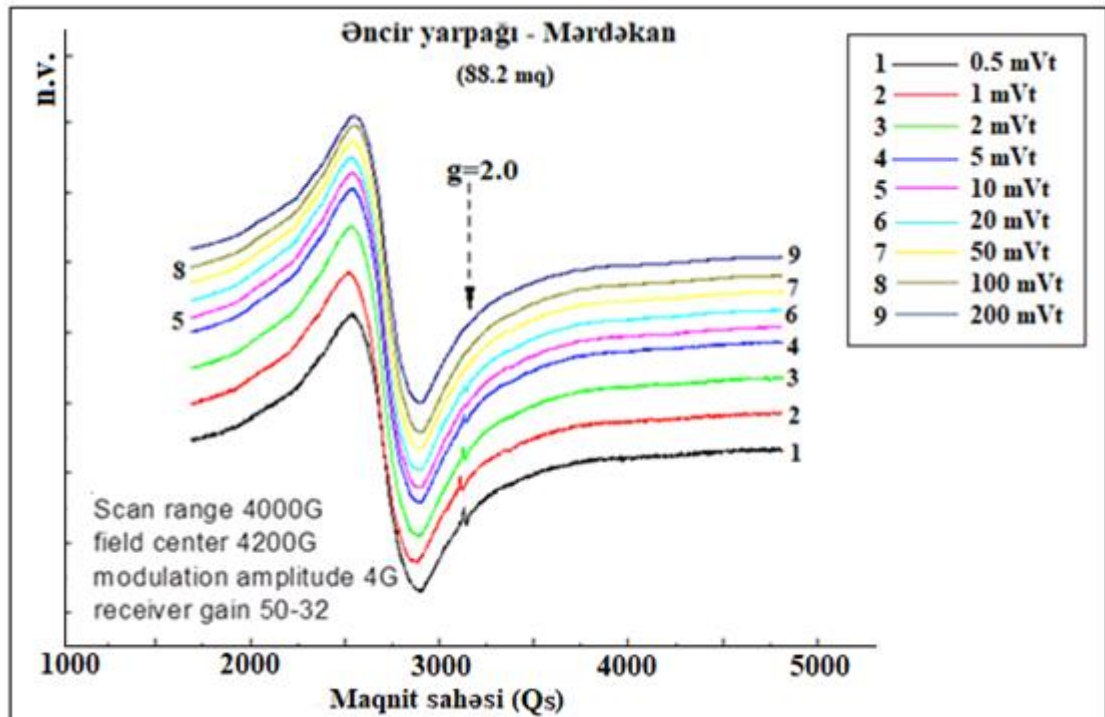
Bundan başqa geniş diapazonlu maqnit sahəsində qeydə alınan, maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən məxsusi geniş EPR siqnallarının xüsusiyyətləri öyrənilmişdir. Bunun üçün nümunələrin EPR spektrləri qeydə alınarkən cihazın parametrləri dəyişilmişdir və nəticədə əncir yarpaqlarından alınan siqnalların maqnit anizotropiyasına malik olması müəyyən edilmişdir (şəkil 3.5.3). Belə ki, rezonatorda nümunələr yerləşən ampulanın qoriometr vasitəsilə müxtəlif bucaqlarda (90° , 180° , 270° , 360°) yerini dəyişməklə EPR spektrləri müxtəlif bucaq oriyentasiyalarında tədqiq edilmişlər.



Şəkil 3.5.3. Nardaran və Mərdəkan ərazilərindən toplanmış əncir yarpaqlarının müxtəlif bucaq variyasiyalarında EPR spektrləri

Bu zaman müxtəlif bucaq oriyentasiyalarında spektrlərin qeydə alınması nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, qeydə alınan siqnalların həm formasında müəyyən qədər dəyişikliklər, həm də rezonans sahədə yerinin dəyişməsi baş verir (şəkil 3.5.3) [182, s.194-196]. EPR siqnallarının müxtəlif bucaq oriyentasiyalarında belə davranışı maqnetit (Fe_3O_4), magemit ($\gamma-Fe_2O_3$) və superparamaqnit nanohissəciklər üçün səciyyəvidir və aşkar edilmişdir [5, s.13-15]. Alınan nəticə onu göstərir ki, paramaqnit mərkəzlərin yaranmasına cavabdeh olan hissəciklər mürəkkəb quruluşla xarakterizə olunurlar [182, s. 196-197].

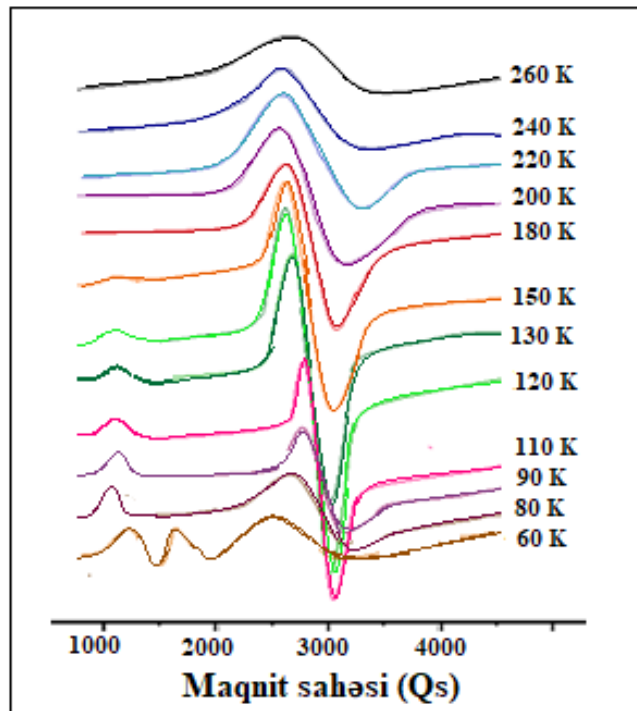
Həmçinin əncir (*Ficus carica*) yarpaqlarında qeydiyyat olunan sərbəst radikal siqnallarının ($g=2.0023$) amplitudlarının mikrodalğa gücündən asılı olduğu da aşkar edilmişdir (şəkil 3.5.4).



Şəkil 3.5.4. Əncir yarpaqlarının İYT gücündən (0.5 – 200 mWt) asılılıq spektrləri

Əncir yarpaqları ilə aparılan EPR ölçmələri nəticəsində yeni və perspektivli nəticələr alındığından, qeydə alınan EPR siqnallarının geniş identifikasiyası aparılmışdır. Bu məqsədlə əncir yarpaqlarından maqnit sahəsinin geniş intervalında alınan EPR spektrləri 260 K - 60 K temperatur diapazonunda tədqiq edilmişlər.

Yaranan siqnalların temperaturdan asılılıqları öyrənilmiş və məlum olmuşdur ki, siqnalların parametrləri temperaturdan asılı olaraq dəyişirlər (şəkil 3.5.5). Belə ki, qeydiyyat temperaturunun $T=260$ K-dən təqribən $T=120-125$ K-ə qədər azalması zamanı maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnallarının intensivliyinin nəzərəçarpan artması müşahidə edilmişdir. Qeydiyyat temperaturu $T \approx 120-125$ K olduqda generasiya olunan siqnalın intensivliyi maksimum qiymət almışdır. $T < 120$ K olduqda dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalların intensivliyi yenidən azalmağa başlamışdır (şəkil 3.5.5) [182, s.195-196].



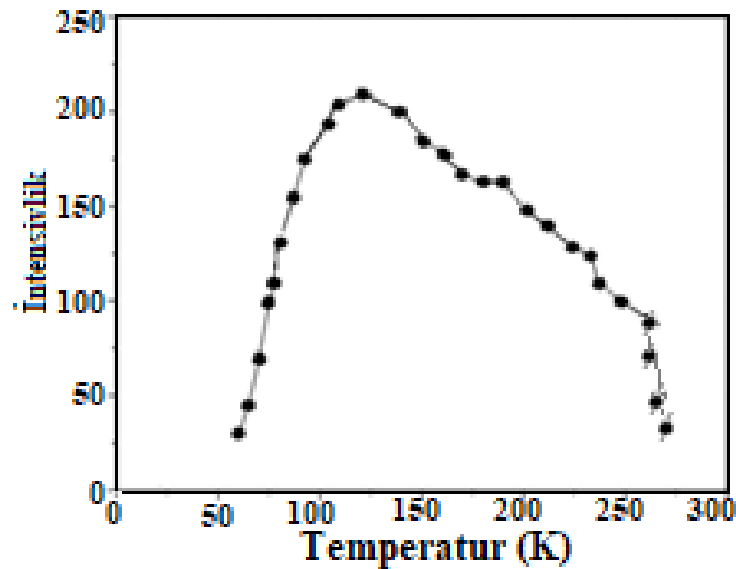
Şəkil 3.5.5. 260K – 60K diapazonunda əncir yarpaqlarının EPR spektrlərinin temperaturdan asılılığı

Əncir yarpaqlarında maqnit sahəsinin geniş intervalında qeydə alınan EPR siqnallarının intensivliyinin dəyişmə xüsusiyyətlərinə görə məlum olmuşdur ki, maqnitləşmə effekti bu yarpaqlarda 120-125 K-ə qədər xətti artır. Lakin spektrlərdən görüldüyü kimi temperatur 120-125 K-dən aşağı düşdükdə maqnit nanohissəciklərinin generasiyası tədricən zəifləməyə başlayır. Həmçinin 125 K-dən aşağı temperaturlarda dəmir komponentlərinin siqnallarının ($g=4,3$) qeydə alındığı müşahidə edilmişdir.

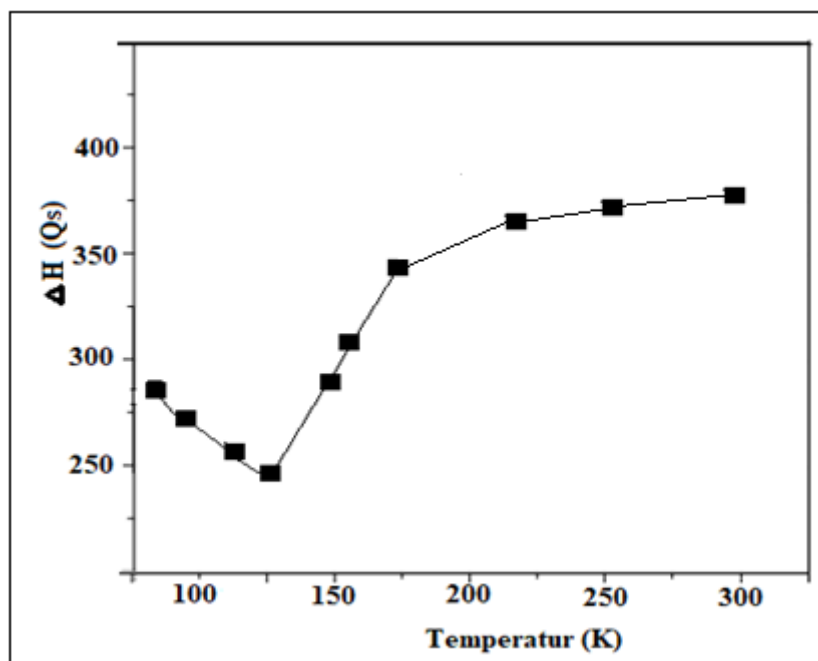
Şəkildən görüldüyü kimi temperaturun azalması bu siqnalların amplitudlarının artmasına səbəb olmuşdur [182, s.199].

Əncir yarpaqlarında qeydə alınan EPR siqnallarının 260 K - 60 K temperatur diapazonunda davranışını tədqiq etdikdən sonra qeydə alınan siqnalların parametrlərinin – amplitudunun (şəkil 3.5.6) və eninin (şəkil 3.5.7) temperaturdan asılılıqları öyrənilmişdir. Nəticədə bu asılılığın qeyri-monotonluğu aşkar edilmişdir.

Araşdırma apardığımız temperatur diapazonunda əncir yarpaqlarında generasiya olunan EPR siqnallarının intensivliyinin və eninin $T=120-125$ K olduqda davranışı və dəyişmə xüsusiyyəti onu deməyə əsas verir ki, məhz bu temperaturda paramaqnit mərkəzlərin strukturunda müəyyən dəyişikliklər baş verir (şəkil 3.5.6; şəkil 3.5.7). Qeyd olunan parametrlərin dəyişmə xüsusiyyətləri, əncir yarpaqlarında 120-125 K temperaturda Vervey faza keçidinin müşahidə olunduğunu deməyə imkan verir. Bu faza keçidi maqnetit, magemit və superparamaqnit nanohissəciklər üçün xarakterikdir və bu temperaturda maqnit nanohissəciklərinin kristallik quruluşunun kubik formadan monoklin formaya transformasiyası baş verir [74, s.9347], [179, s.101].



Şəkil 3.5.6. EPR siqnallarının intensivliklərinin temperaturdan asılılığı

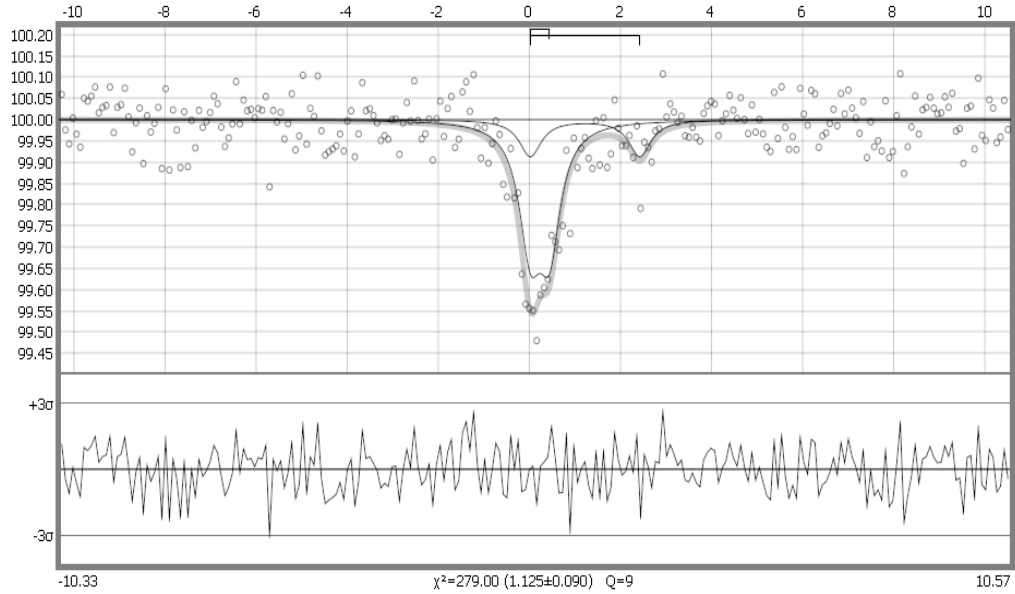


Şəkil 3.5.7. EPR siqnallarının eninin temperaturdan asılılığı

Qeydə alınan EPR siqnallarının parametrlərinin (amplitudlarının və eninin) temperaturdan asılılığını öyrənərkən araşdırma apardığımız 260K - 60 K temperatur diapazonunda maqnetit, magemit və superparamaqnit nanohissəciklərinə məxsus olan davranış müşahidə edirik. Belə ki, 120-125 K temperaturunda siqnalın amplitudu maksimuma, eni isə minimuma yaxınlaşır [182, s.198-199]. Aşağı temperaturlarda g-faktorun analogi azalması əvvəlki işlərimizdə polimer matrisdə yerləşdirilmiş maqnetit nanohissəciklərində müşahidə edilmişdir [74, s.9350], [140, s.316].

Beləliklə, temperatur 120-125 K olduqda maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalın eninin minimum, amplitudunun isə maksimum qiymət alması müşahidə olunmuşdur. Məlumdur ki, temperaturun azalması zamanı EPR siqnalının genişlənməsi və daha kiçik maqnit sahəsinə yerini dəyişməsi superparamaqnit nanohissəciklər üçün xarakterikdir [234, s.1-3]. Əncir yarpaqlarında qeydə alınan spektrlərdə də biz belə dəyişiklikləri müşahidə edirik. Bununla da qeydə alınan geniş EPR siqnallarının ($g=2,3$) dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə məxsus olduğunu göstəririk.

Alınan nəticələrin düzgünlüyü Messbauer spektroskopiyası metodu ilə öz təsdiqini bir daha tapmışdır (şəkil 3.5.8).



Şəkil 3.5.8. Əncir yarpaqlarının Messbauer spektrləri

Şəkil 3.5.8 - də birinci piki göstərən signal (sol tərəfdə) Fe^{3+} atomlarına uyğundur. Onların nisbi miqdarı 76% təşkil edir. İkinci piki göstərən signal (sağ tərəfdə) isə Fe^{2+} atomlarına uyğundur. Onların nisbi miqdarı isə 24% təşkil edir. Hər iki dublet üçün xəttin Lorens forması istifadə edilib. Maqnit nizamlılıqı fazası müşahidə edilməmişdir. Dəmir atomundan təşkil edilmiş hissəciklər paramaqnit və ya superparamaqnit vəziyyətdədirlər [182, s.199].

Beləliklə, Abşeronun müxtəlif ərazilərindən toplanmış əncir ağacının yarpaqları ilə aparılan tədqiqatlarımız göstərdi ki, müxtəlif ətraf mühit amilləri nəticəsində onlarda nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəcikləri generasiya olunur. Onlarda yaranan siqnalların intensivliyinə əsasən məlum oldu ki, maqnit nanohissəcikləri Mərdəkan ərazisində bitən əncir ağaclarının yarpaqlarında Nardaran ərazisində bitən əncir ağaclarının yayraqları ilə müqayisədə daha çox generasiya olunurlar. Bu isə Mərdəkan ərazisinə məxsus bitki sisteminin çirkləndirici amillərin təsirinə daha çox məruz qalmasını və həmin ərazinin ekoloji baxımdan Nardaran ərazisi ilə müqayisədə daha çirкли olmasını ehtimal etməyə imkan verir.

Əncir yarpaqları ilə aparılan təcrübələrin nəticələri bir daha sübut edir ki, müxtəlif stres amilləri bitki sistemlərində maqnit nanohissəciklərinin yaranmasına səbəb olur. Belə nanohissəciklər bitkilərdə yeni maqnit xassələrinin yaranmasına səbəb olurlar ki,

biz də onları xarakterik geniş EPR siqnallarında müşahidə edirik. Müəyyən edirik ki, maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnallarının intensivlikləri, eni və g-faktorları temperatur faktorundan nəzərəcarpacaq dərəcədə asılıdırlar və bu siqnallar maqnit anizotropiyasına malikdirlər. Beləliklə, əncir yarpaqlarında qeydə alınan maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən EPR siqnallarının temperaturdan asılılığı öyrənilən zaman onların intensivliyinin və eninin davranışında 120-125 K temperaturda xarakterik Vervey faza keçidinin yaranmasını aşkar edirik ki, bu da superparamaqnit nanohissəciklər üçün xarakterikdir [182, s.198-199].

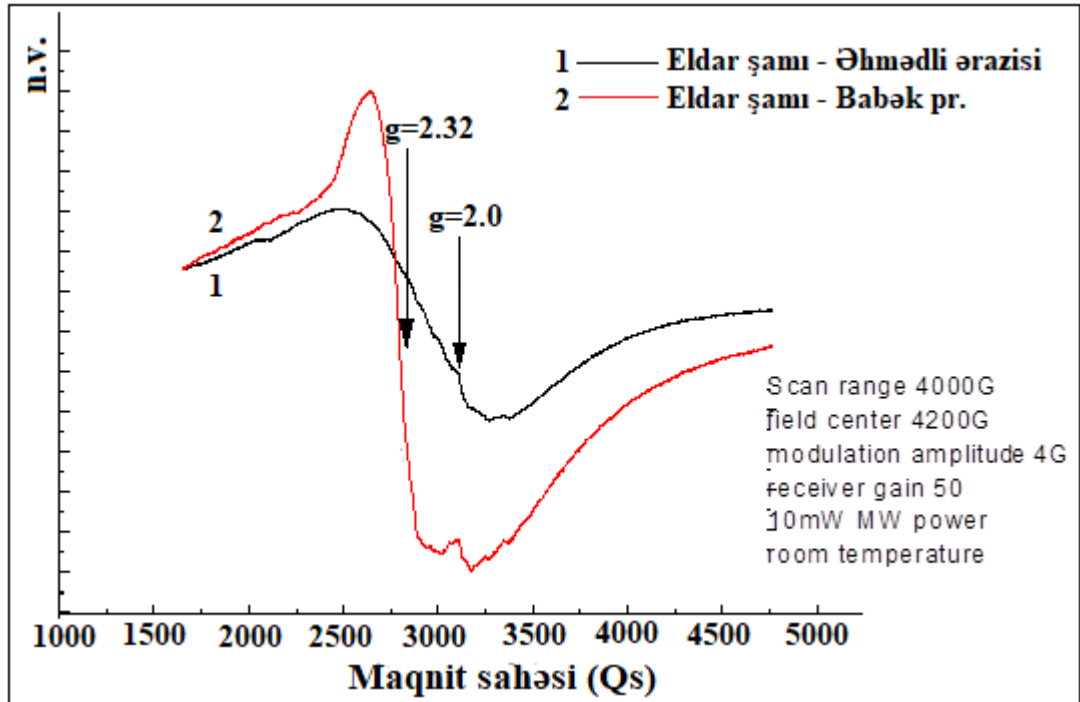
Beləliklə, bir daha qeydə alınan xarakterik geniş EPR siqnallarının dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə etdiyini göstəririk. Maqnit nanohissəciklərinin yaranması hadisəsinin mexanizmi müxtəlif stres faktorlarının təsiri nəticəsində bioloji sistemdə olan bağlı dəmirin sərbəst dəmir formasına keçməsi, mühitdə dəmir ionlarının sayının artması və beləliklə, canlı orqanizmdə reduksiyaedici mühitin (məsələn, stres zamanı xloroplastların bütövlüyünün qismən pozulması ilə elektronların mühitə çıxması) olması sayəsində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiya olunması ilə bağlıdır.

3.5.2. Eldar şamı (*Pinus eldarica* M.) və zeytun (*Olea europea*) ağaclarının yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlərin və biogen mənşəli maqnit nanohissəciklərin generasiyası

Növbəti tədqiqatlar Abşeron yarımadasında geniş yayılmış eldar şamı (*Pinus eldarica* M.) ağacının iynəyarpaqları ilə aparılmışdır. Yarpaqlar Bakının iki müxtəlif ərazisindən (Əhmədli qəsəbəsi və Babək prospekti) toplanmışdır. Əvvəlki paraqraflarda göstərdik ki, Abşeron yarımadasının müxtəlif ərazilərindən toplanmış əncir, tubulqa, arıçubuğu və s. bitki yarpaqlarında biogen dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri aşkar edilmişdir. Bu nanohissəciklər stres amillərinin (temperatur, rütubət, UB radiasiya və s.) təsiri zamanı generasiya olunurlar və orqanizmin özünümüdafiə funksiyasını yerinə yetirirlər.

Ekoloji çirklənmə dərəcələrinə görə fərqli olan müxtəlif ərazilərdən yığılan Eldar şamı ağacının iynəyarpaqları ilə aparılan təcrübələrdə də maqnit nanohissəciklərinin

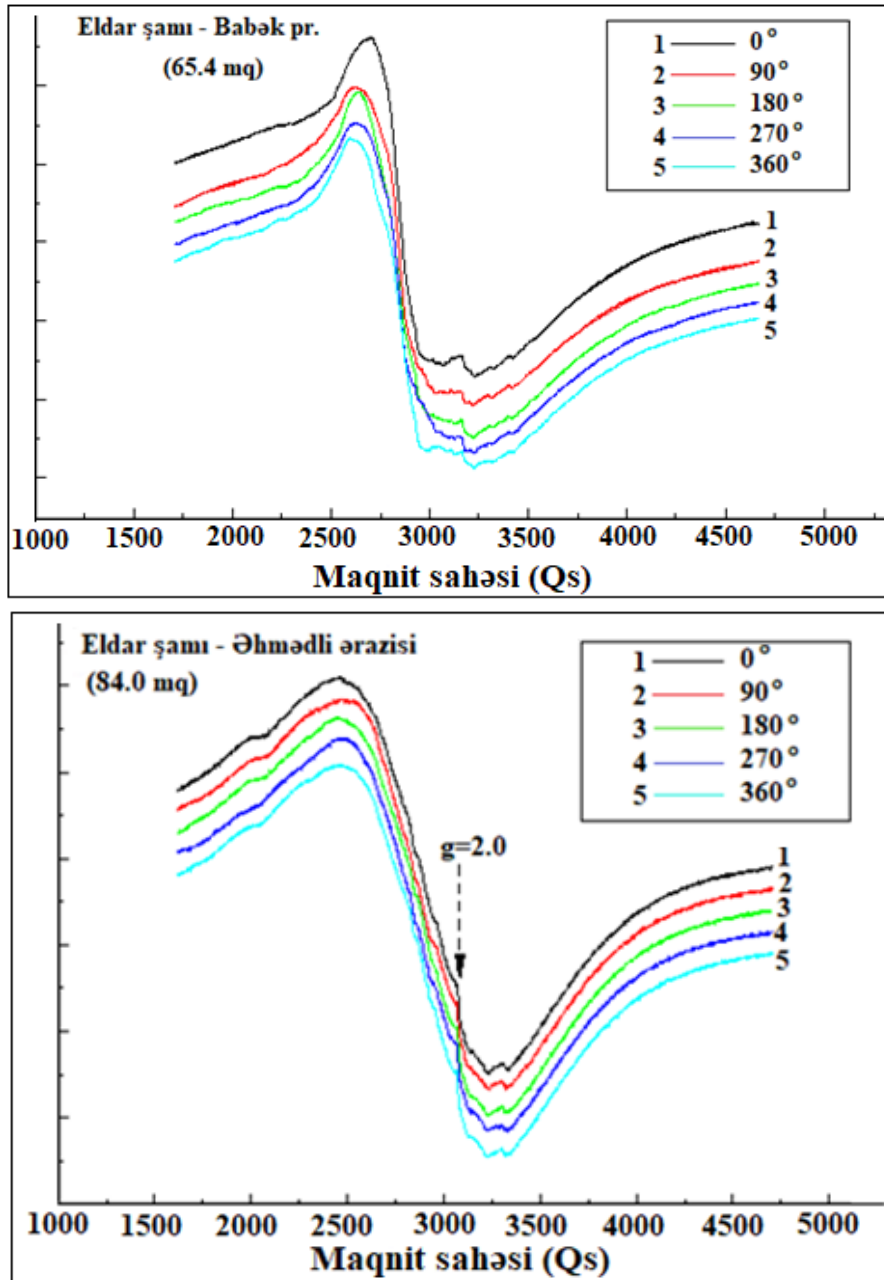
generasiyası EPR spektrometrinin köməyi ilə maqnit sahəsinin geniş intervalında (1000-5000 Qs) tədqiq edilmişdir (şəkil 3.5.9).



Şəkil 3.5.9. Əhmədli qəsəbəsi və Babək prospektindən yığılan Eldar şamı yarpaqlarının EPR spektrləri

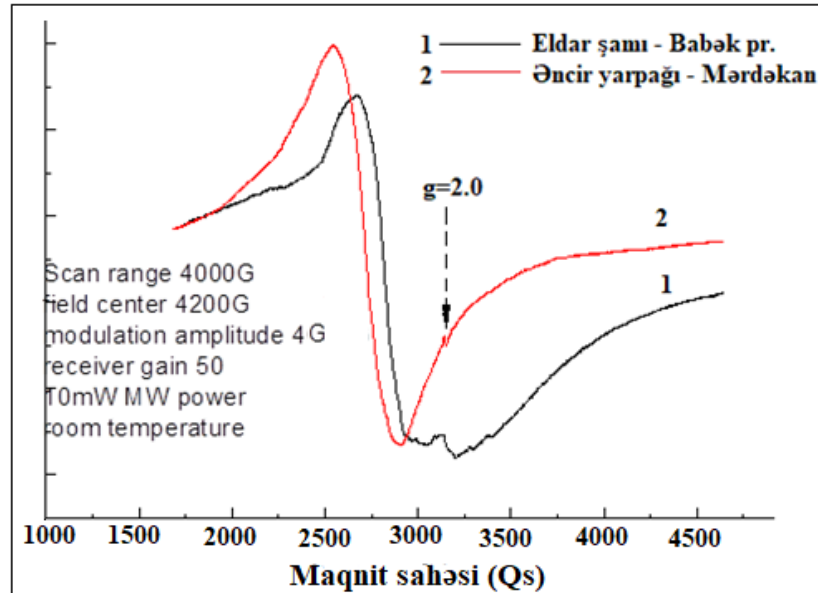
Otaq temperaturunda (24-25°C), maqnit sahəsinin geniş intervalında (1000-5000 Qs) qeydə alınan spektrlərdə iki müxtəlif siqnalın yarandığı müşahidə edilmişdir. Bunlar ensiz sərbəst radikal siqnalı ($g=2,0023$, $\Delta H=10$ Qs) və nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalı ($g=2,32$; $\Delta H=320$ Qs) olmuşdur. Qeydə alınan siqnalların parametrlərinə əsasən Babək prospektindən toplanan Eldar şamının iynəyarpaqlarında daha çox maqnit nanohissəciklərinin yarandığını deyə bilərik. Alınan nəticə bu ərazinin ekoloji cəhətdən Əhmədli ərazisi ilə müqayisədə daha çox çirklənməyə məruz qaldığını deməyə imkan verir [183, s.5].

EPR metodu ilə araşdırılan nümunələrin siqnalları müxtəlif bucaq variyasiyalarında tədqiq edilmiş, EPR siqnallarının davranışının bucaq oriyentasiyasından asılı olduğu aşkar edilmişdir (şəkil 3.5.10).



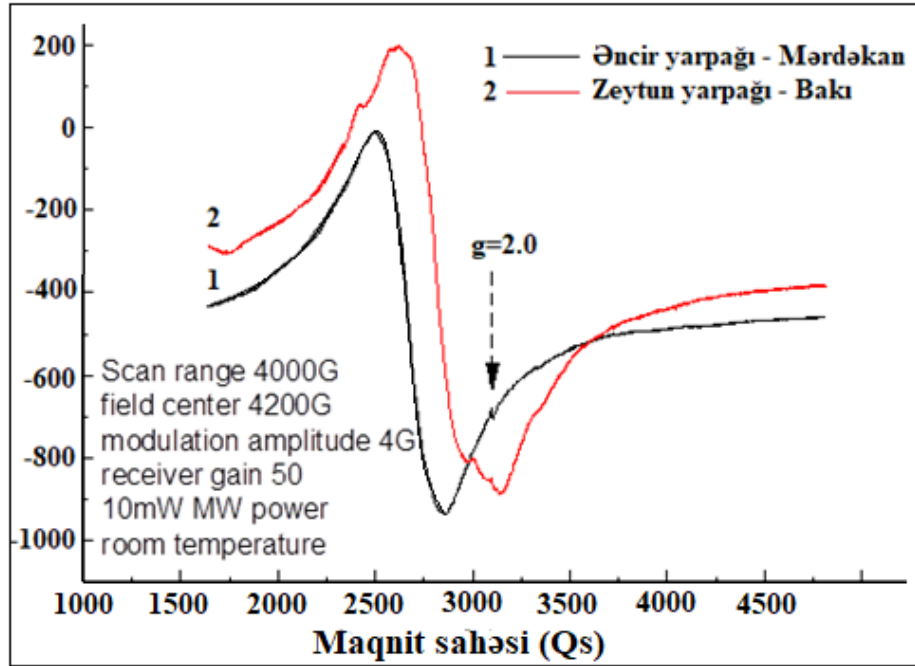
Şəkil 3.5.10. Müxtəlif bucaq variasiyalarında eldar şamının yarpaq nümunələrinin EPR spektrləri

Belə ki, hər iki ərazidən toplanmış iynəyarpaqların EPR spektrlərinin bucaq variasiyalarından asılı olaraq rezonans sahədə təqribən 100 Qs yerinin sol tərəfə dəyişməsi və siqnalların formasında dəyişikliklər müşahidə edilmişdir. Bütün EPR ölçmələrində olduğu kimi nümunələr vahid kütləyə görə normallaşdırılmışlar.



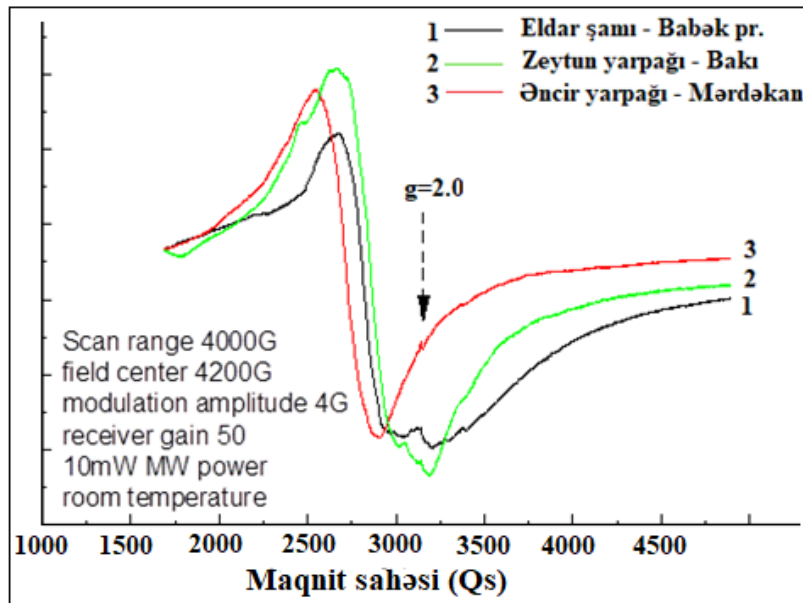
Şəkil 3.5.11. Əncir (Mərdəkan) yarpaqları və Eldar şamının (Babək pr.) iynəyarpaqlarının EPR spektrləri

Araşdırdığımız bitki nümunələrinin EPR siqnallarının davranışlarına əsasən daha yüksək intensivlikli maqnit nanohissəciklərinin qeydə alındığı Eldar şamı (Babək pr.) və əncir (Mərdəkan) yarpaqlarının EPR spektrləri müqayisəli öyrənilmişdir. Spektrlərə əsasən müəyyən edilmişdir ki, stres amillərinin təsiri ilə Mərdəkan ərazisindən yığılmış əncir yarpaqlarında Babək prospektindən yığılan Eldar şamının iynəyarpaqlarına nisbətən daha çox dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur (şəkil 3.5.11). Bundan başqa müqayisəli təhlil Mərdəkan ərazisindən yığılmış əncir yarpaqları və Bakı şəhəri ərazisindən toplanmış zeytun yarpaqlarının EPR spektrləri arasında aparılmışdır. Spektrlər maqnit sahəsinin geniş intervalında (1000-5000 Qs) qeydə alınmışlar. Müqayisəli identifikasiyaya əsasən məlum olmuşdur ki, Bakı şəhəri ərazisindən toplanmış zeytun yarpaqlarında biominerallaşma hadisəsi nəticəsində daha çox maqnit nanohissəcikləri generasiya olunmuşdur (şəkil 3.5.12) [183, s.4-5]. Təcrübələrin davamı olaraq tədqiq olunan hər üç bitkinin - əncir, zeytun və Eldar şamının yarpaqlarından qeydə alınan EPR spektrlərinin eyni maqnit sahəsində (1000-5000 Qs) müqayisəsi aparılmışdır.



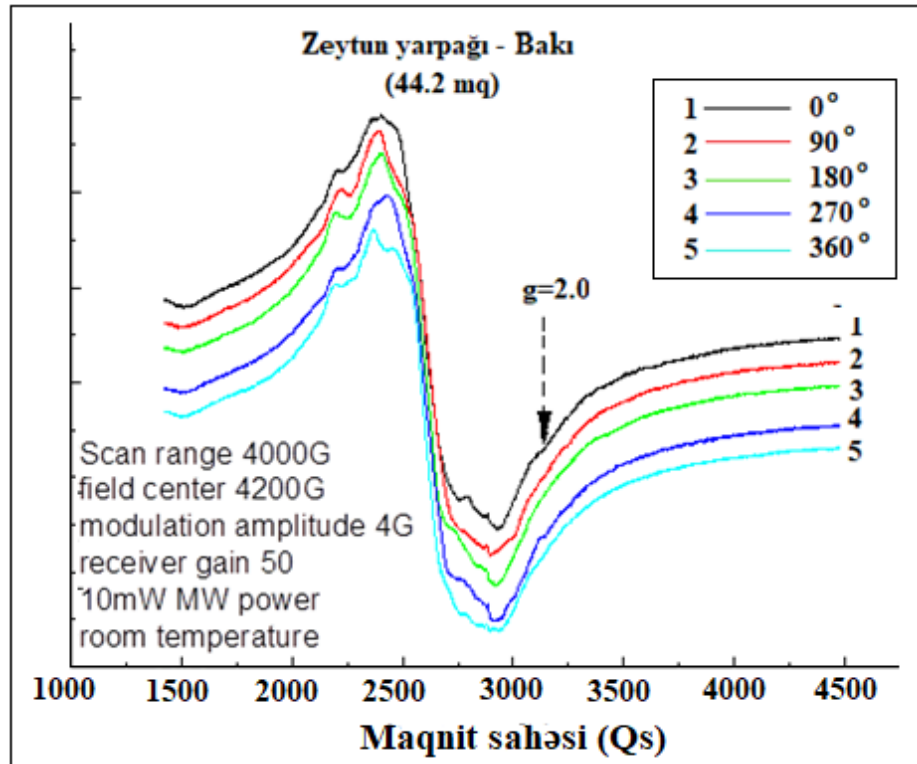
Şəkil 3.5.12. Ğncir (Mərdəkan ərazisi) və zeytun (Bakı ərazisi) yarpaqlarının EPR spektrləri

Zeytun yarpaqlarında (Bakı ərazisi) dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalların intensivliyinin digər bitkilərlə (ğncir, zeytun) müqayisədə daha yüksək olduğu müəyyən edilmişdir (şəkil 3.5.13) [183, s.4].



Şəkil 3.5.13. Eldar şamı, zeytun və Ğncir yarpaqlarının EPR spektrləri

Beləliklə, tədqiq etdiyimiz bitkilərdən alınan EPR spektrlərinin müqayisəli tədqiqi göstərdi ki, Bakı şəhəri ərazisindən toplanmış zeytun yarpaqlarında biominerallaşma hadisəsi nəticəsində daha çox dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur. Bu isə bitkinin bitdiyi ərazidə ekoloji baxımdan çirklənmənin daha çox olması ilə əlaqələndirilə bilər [183, s.3]. Bundan başqa, zeytun yarpaqları müxtəlif bucaq variyasiyalarında (90°, 180°, 270°, 360°) qeydə alınmışlar. Aşkar edilmişdir ki, bu siqnallar maqnit anizotrop xüsusiyyətlərə malikdirlər (şəkil 3.5.14). Belə ki, rezonatora qoyulmuş nümunələr yerləşən kvarts ampula müxtəlif bucaqlarda (90°, 180°, 270°, 360°) çevrildikdə şəkildən görüldüyü kimi qeydə alınan siqnalların formasının nəzərəçarpan dəyişməsi müşahidə edilmişdir (şəkil 3.5.14) [183, s.2].



Şəkil 3.5.14. Müxtəlif bucaq variyasiyalarında zeytun yarpaqlarının EPR spektrləri

Həmçinin müəyyən edilmişdir ki, bucaq variyasiyasından asılı olaraq, daha doğrusu tədqiqat obyektini yerləşən kvarts ampulanı rezonatorada 90°, 180°, 270°, 360° döndərdikdə siqnallar rezonans sahədə sola, kiçik maqnit sahəsinə doğru bir qədər yerini dəyişir. Belə davranış maqnetit – Fe_3O_4 və magemit – $\gamma-Fe_2O_3$ nanohissəcikləri

üçün xarakterikdir ki, biz də bunu tədqiq etdiyimiz bitki obyektlərimizdə müşahidə edə bilirik [5, s.15-20].

Beləliklə, EPR spektroskopiyası üsulu ilə bitki sistemlərinin tədqiqi göstərdi ki, müxtəlif stres amillərinin təsiri nəticəsində onlarda biogen kristallik dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri yaranır. Aldığımız nəticələrə əsaslanaraq deyə bilərik ki, EPR spektroskopiyası üsulu müasir biofiziki metod olaraq canlı sistemlərdə stres amillərinin təsiri zamanı yaranan struktur-funksional dəyişiklikləri aşkar etməyə imkan verir və ətraf mühitin ekoloji qiymətləndirilməsində çox əhəmiyyətli rola malikdir. Alınan nəticələr canlı sistemlərdə biogen nanohissəciklərin yaranmasında stres amillərinin rolunu müəyyən etməyə imkan verir [183, s.5], [188, s.5].

Abşeron yarımadası üçün xarakterik müxtəlif bitkilərdə paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi göstərdi ki, biominerallaşma hadisəsi onlarda dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiya olunmasında, kristallik maqnit hissəciklərinin bioloji sistemlərdə yaranmasında müstəsna rola malikdirlər və bu hadisəyə müxtəlif stres amilləri, o cümlədən radioaktiv çirklənmə, qamma radiasiya, UB-şüalanma stimullaşdırıcı təsir göstərirlər. Canlı sistemlərdə nanofazalı dəmir oksidi hissəciklərinin EPR siqnalları ilə aşkar edilməsi müasir bioloji və biotibbi tədqiqatlarda, diaqnostika və terapiya sahəsində yeni biofiziki, ekoloji informasiya mənbəyi rolunu oynaya bilər [53, s.35].

Ağac və kol bitkiləri ilə aparılan təcrübələr zamanı çox mühüm və yeni nəticələr alınmışdır. İlk dəfə olaraq stres zamanı bitki sistemlərində baş verən yeni hadisə – maqnit xassələrinin yaranması hadisəsi aşkar edilmişdir.

Alınan nəticələrin unikallığını və universallığını sübut etmək üçün növbəti tədqiqatlar model sistem kimi laboratoriya şəraitində dənli bitkilər ilə aparılmışdır. Bu zaman müxtəlif dənli bitki toxumları ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın, UB şüalanmanın müxtəlif dozalarında şüalandırılmış, cücərdilmiş və müqayisəli tədqiq edilmişlər. Eyni zamanda müxtəlif dənli bitki toxumları radioaktiv çirklənmiş torpaqda yetişdirilərək tədqiq edilmişlər. Stresə məruz qalmış toxumların cücərtiləri kontrol nümunələrlə müqayisəli öyrənilmişdir. Bu sahədə aparılan tədqiqat işləri və alınan nəticələr növbəti paragrafda verilmişdir.

3.6. Stres amillərinin C3 və C4 bitkilərinə (buğda-*Triticum L.* və qarğıdalı-*Zea mays L.*) təsiri

Fotosintezin C3 və C4 tipinə məxsus olan uyğun olaraq buğda (*Triticum L.*) və qarğıdalı (*Zea mays L.*) bitkilərinə stres amillərindən radioaktiv çirklənmənin, ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın və UB şüalanmanın təsiri öyrənilmişdir. Bu stres amillərinin təsiri nəticəsində yuxarıda adları qeyd olunan bitkilərdə morfoloji dəyişikliklər öyrənilmiş, alınmış nəticələrin mexanizmi müəyyən edilmişdir. Bundan başqa stres amillərinin təsiri zamanı bu bitkilərdə paramaqnit mərkəzlər tədqiq olunmuş, C3 tipinə aid olan buğda cücərtilərində stres zamanı biominerallaşma hadisəsi nəticəsində nanofazalı dəmir oksidi hissəciklərinin formalaşması müəyyən edilmiş, bu hadisənin mexanizmi verilmişdir.

3.6.1. Radioaktiv çirklənmənin buğda (*Triticum L.*) və qarğıdalı (*Zea mays L.*) bitkilərinə təsiri

Radioaktiv çirklənmə zamanı buğda və qarğıdalı bitkilərində morfoloji dəyişikliklər və paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir. Kontrol (təmiz torpaqda bitən) və radioaktiv çirklənmiş torpaqda bitən buğda və qarğıdalı bitkilərinin morfoloji dəyişikliklərində müşahidə edilən qanunauyğunluq fototənəffüs prosesinin rolu ilə əlaqələndirilmişdir.

Laboratoriya şəraitində aparılan eksperimentlərdə tədqiq olunan bitkilərin toxumları laboratoriya şəraitində təmiz (kontrol) və radioaktiv çirklənmiş torpaqlarda cücərdilmişlər (şəkil 3.6.1).

Qeyd etmək lazımdır ki, radioaktiv çirklənmiş torpaq hazırlanarkən hal-hazırda fəaliyyət göstərməyən Yod zavodu ərazisindən yığılmış, orada radiasiya mənbəyi olan, yod istehsalı zamanı istifadə edilən aktivləşmiş kömür sorbentindən istifadə edilmişdir. Bu zavodda yod istehsalı həyata keçirilərkən yod neftlə birlikdə yerin səthinə çıxarılan lay suyundan ayrılırdı. Ayırma prosesinin ilkin mərhələsində lay suyu aktivləşmiş kömür sorbentindən keçirilirdi və yod tutularaq qatılaşırdı. Sonrakı mərhələlərdə yod aktivləşmiş kömürdən ayrılırdı.



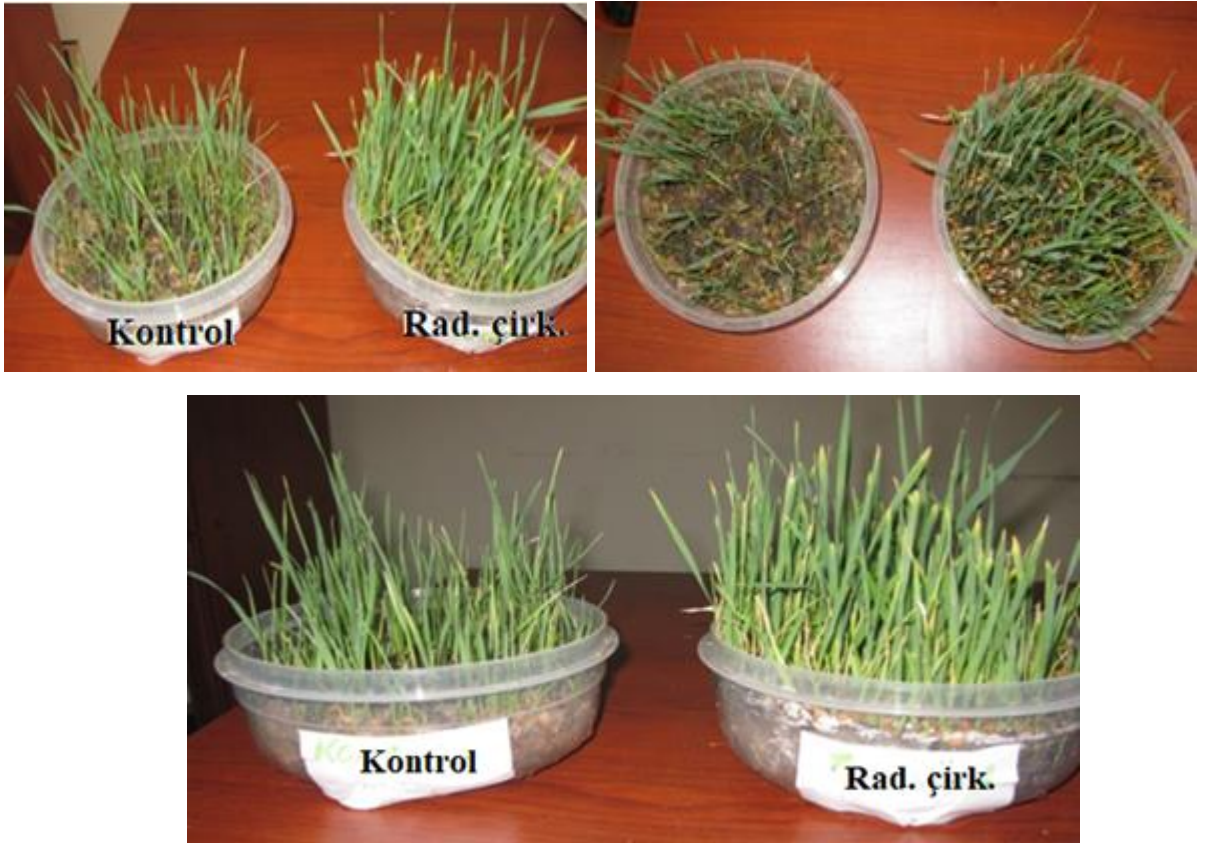
**Şəkil 3.6.1. Qarğıdalı bitkisinin 10 günlük cücərtiləri
(hər iki şəkildə solda-kontrol, sağda- radioaktiv çirklənmiş torpaqda)**

Bu prosesdə aktivləşmiş kömür yodla yanaşı lay suyunun tərkibində olan digər maddələri, o cümlədən radioaktiv elementləri tərkibində tutur və qatılaşırdı. Nəticə etibarlı ilə yod zavodları ərazilərində külli miqdarda toplanmış kömür açıq havada qalaraq, küləklə ətrafdakı ərazilərə yayılır və beləliklə də radiasiya mənbəyi rolunu oynayır. Hal-hazırda həmin ərazi müəyyən təşkilatlar tərəfindən təmizlənilir və təhlükədən tamamilə uzaqdır. Şəkil 3.6.2-də həmin ərazinin təmizlənmə prosesindən əvvəl çəkilmiş şəkilləri göstərilmişdir. Şəkildə bu ərazidə olan aktivləşmiş kömürün əmələ gətirdiyi “tayaları” görmək mümkündür.

Bitki obyektlərimiz olan buğda və qarğıdalı toxumlarını laboratoriya şəraitində cücərdərkən həmin kömürdən istifadə edərək süni şəkildə radioaktiv çirklənmiş mühit yaradılmışdır. Kontrol nümunələr 1000 q adi torpaqda cücərdilmişlər. Digər nümunələr isə 500 q adi torpaq + 500 q aktivləşmiş kömür olmaqla süni olaraq yaradılmış radioaktiv çirklənmiş torpaqda cücərdilmişlər. Şəkil 3.6.1 – də kontrol və radioaktiv çirklənmiş torpaqda yetişdirilən qarğıdalı bitkisinin 10 günlük cücərtiləri göstərilmişdir. Göründüyü kimi kontrol torpaqda yetişdirilən qarğıdalı cücərtilərinin inkişafı, boy artımı, cücərmə sıxlığı radioaktiv çirklənmiş torpaqda bitən cücərtilər ilə müqayisədə nəzərəcarpacaq dərəcədə çox olmuşdur. Eyni təcrübələr buğda toxumları ilə də aparılmışdır (şəkil 3.6.3).



Şəkil 3.6.2. Hal-hazırda fəaliyyət göstərməyən Yod zavodu ərazisi



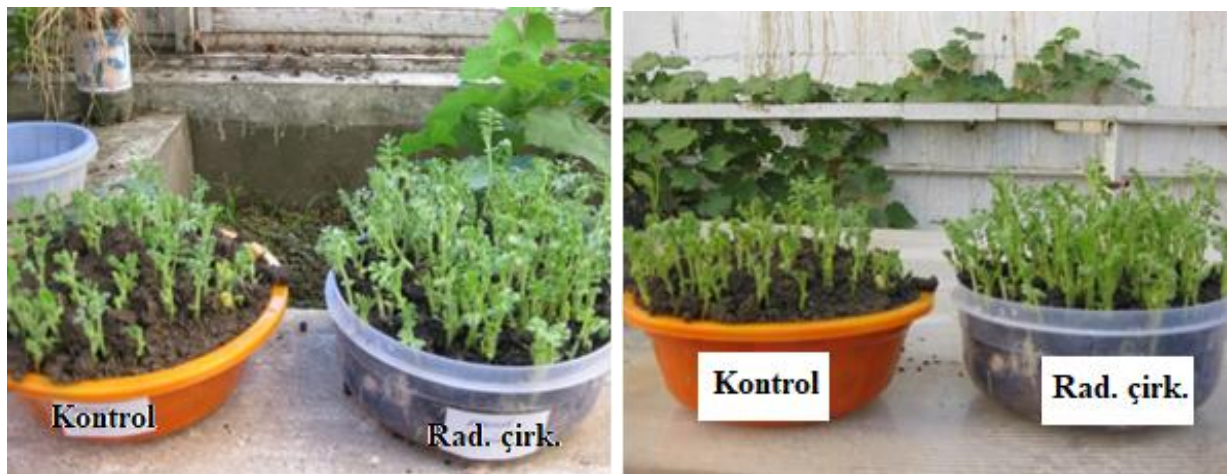
**Şəkil 3.6.3. Buğda bitkisinin 10 günlük cücərtiləri
(solda-kontrol, sağda- radioaktiv çirklənmiş torpaqda)**

Bu təcrübələrdə radioaktiv çirklənmənin buğda bitkisinin morfoloji xüsusiyyətlərinə təsirini öyrənərkən aldığımız nəticə qarğıdalı ilə alınan nəticələrdən tamamilə fərqli olmuşdur. Belə ki, bu halda şəkil 3.6.3 - dən görüldüyü kimi buğda bitkisinin radioaktiv çirklənmiş torpaqda bitən cücərtiləri boy artımlarına və cücərmə

faizinə görə kontrol, yəni təmiz torpaqda bitən cücərtilərdən daha intensiv olmuşlar. Başqa sözlə deyə bilərik ki, stres amili olan radioaktiv çirklənmə qarğıdalı bitkisindən fərqli olaraq buğda bitkisinin cücərtilərinin inkişafına stimullaşdırıcı təsir göstərmişdir.

Beləliklə, radioaktiv çirklənmənin C3 və C4 bitkilərinin morfoloji xüsusiyyətlərinə təsirini öyrənərkən alınan nəticələr fərqli olmuşdur. Radioaktiv çirklənmə C3 bitkisi olan buğdanın inkişafına stimullaşdırıcı təsir etmişdir. Lakin C4 bitkilərində radioaktiv çirklənmənin təsiri ilə ləngidici, inhibirləşdirici təsir effektinin yarandığı müşahidə edilmişdir.

Qeyd edək ki, buğda bitkisi ilə alınan nəticə fotosintezin C3 tipinə aid olan başqa bir bitkidə – noxud (*Cicer arietinum L.*) bitkisində də öz təsdiqini tapmışdır (şəkil 3.6.4). Radioaktiv çirklənmə noxud bitkisinin cücərmə faizinə, boy artımına stimullaşdırıcı təsir göstərmişdir. Radioaktiv çirklənmənin C3 və C4 bitkilərinə təsirini öyrənərkən morfoloji dəyişikliklərdə müşahidə olunan qanunauyğunluğun izahı paraqraf 3.6.3-də verilmişdir.



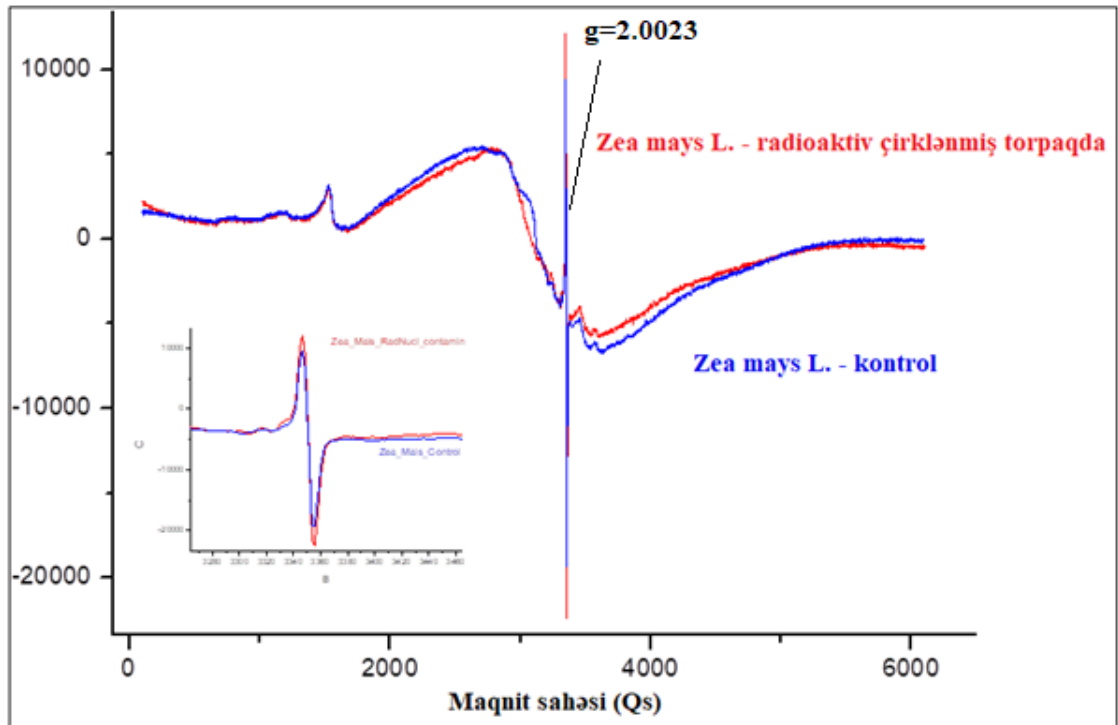
Şəkil 3.6.4. Noxud bitkisinin 10 günlük cücərtiləri

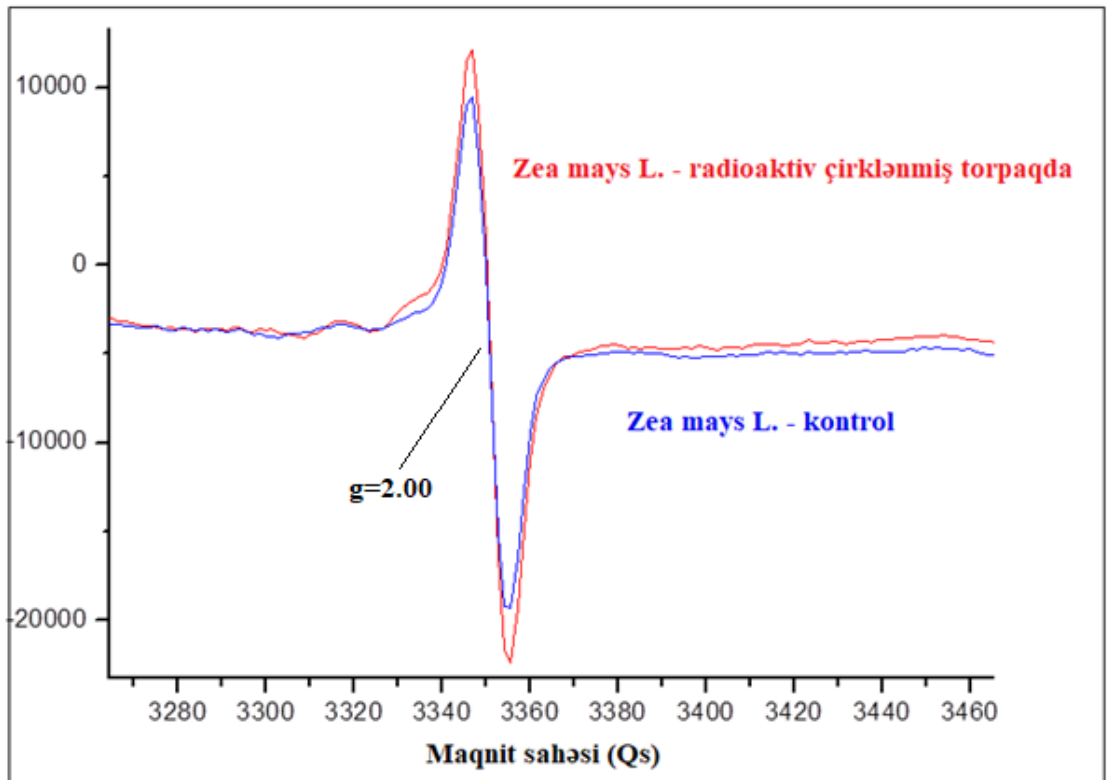
(hər iki şəkildə solda-kontrol, sağda- radioaktiv çirklənmiş torpaqda)

Araşdırılan bitki nümunələrində paramaqnit mərkəzlərin də tədqiqi mühüm nəticələr əldə etməyə imkan vermişdir (şəkil 3.6.5, şəkil 3.6.6). Radioaktiv çirklənmənin qarğıdalı və buğda bitkilərində paramaqnit mərkəzlərə təsirini öyrənərkən yuxarıda göstərdiyimiz qaydada cücərdilən nümunələrdən istifadə

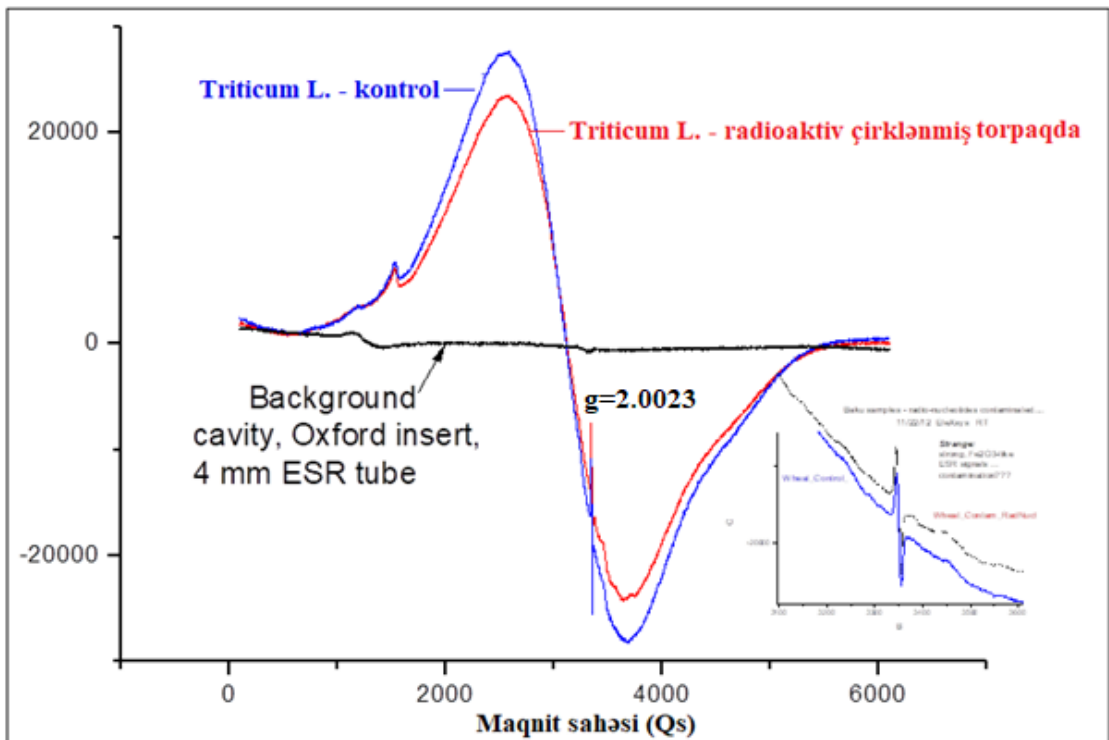
edilmişdir. EPR tədqiqatları zamanı alınan nəticələr şəkil 3.6.5 və şəkil 3.6.6 – da göstərilib. Hər iki bitki cücərtilərindən alınan EPR spektrləri və onların müqayisəli təhlili göstərdi ki, radioaktiv çirklənmə bitki cücərtilərində sərbəst radikal siqnallarının ($g=2,0023$) intensivliyinin yüksəlməsinə səbəb olur. Bütün hallarda sərbəst radikal siqnallarının intensivlikləri radioaktiv çirklənmiş torpaqda bitən bitki nümunələrində kontrol torpaqda bitən bitki nümunələrinə nəzərən intensiv olmuşdur.

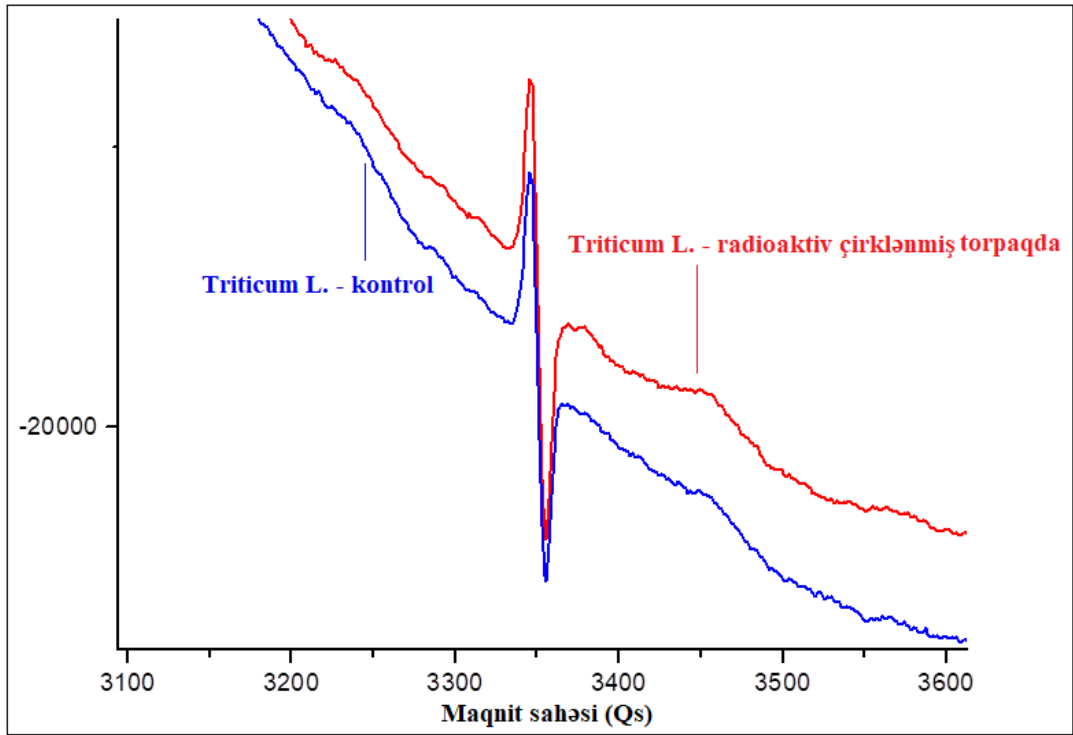
Alınan nəticələr bir daha sübut edir ki, stres amili olan radioaktiv çirklənmənin təsiri ilə bitkilərdə yeni paramaqnit mərkəzlər əmələ gəlir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu nəticələr ətraf mühitin çirklənmə dərəcəsinin öyrənilməsində çox əhəmiyyətli dirlər [189, s.10].





Şəkil 3.6.5. Radioaktiv çirklənmənin qarğıdalı bitkisinde paramaqnit mərkəzlərə təsiri





Şəkil 3.6.6. Radioaktiv çirklənmənin buğda bitkisinde paramaqnit mərkəzlərə təsiri

3.6.2. İonlaşdırıcı qamma radiasiyanın buğda (*Triticum L.*) və qarğıdalı (*Zea mays L.*) bitkilərinə təsiri

Radioaktiv çirklənmədən başqa qamma radiasiyanın fotosintezin C3 və C4 tiplərinə aid olan uyğun olaraq buğda (*Triticum L.*) və qarğıdalı (*Zea mays L.*) bitkilərində yaratdığı təsir effektləri araşdırılmışdır. Qamma radiasiyanın təsiri nəticəsində bu bitkilərdə baş verən morfoloji dəyişikliklər və yaranan paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmişdir. Yuxarıda adları çəkilən bitki toxumları müxtəlif dozalarda (50 Qr, 100 Qr, 200 Qr, 250 Qr, 300 Qr) ionlaşdırıcı qamma radiasiya ilə şüalandırıldıqdan sonra laboratoriyada təbii şəraitdə, otaq temperaturunda, 16 saat işıq və 8 saat qaranlıq rejimində cücərdilmişlər. Buğda toxumlarının 10 günlük cücərtilləri şəkil 3.6.7 – də göstərilmişdir. Şüalanma dozası artdıqca onların görünüşündə, morfologiyasında fərqlər aydın görünür. Radioaktiv çirklənmənin buğda bitkisinin morfoloji xüsusiyyətlərinə təsiri zamanı (paraqraf 3.6.1) alınan effekt ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın təsiri zamanı da meydana çıxmışdır. Daha doğrusu, bu halda da

stres amilinin buğda toxumlarının boy artımına, cücərmə faizinə stimullaşdırıcı təsir etdiyi müşahidə edilmişdir (şəkil 3.6.7).



Şəkil 3.6.7. Kontrol və müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalanmış buğda bitkisinin 10 günlük cücərtiləri (kontrol, 50 Qr, 100 Qr, 200 Qr, 250 Qr, 300 Qr)

Şəkil 3.6.8 - də isə kontrol və 50 Qr, 100 Qr, 150 Qr, 200 Qr dozalarda qamma radiasiya ilə şüalandırılmış qarğıdalı toxumlarının 10 günlük cücərtiləri göstərilmişdir. Göründüyü kimi, şüalanma dozasının artması ilə qarğıdalı bitkisinin toxumlarının həm boy artımı, inkişafı, həm də cücərmə faizində kontrol bitkilərdə alınan nəticə ilə müqayisədə ləngimə müşahidə edilmişdir. Aldığımız nəticə radioaktiv çirklənmənin qarğıdalı bitkisinde yaratdığı təsir effekti ilə korrelyasiya edir.



Şəkil 3.6.8. Kontrol və müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalanmış qarğıdalı bitkisinin 10 günlük cücərtləri (kontrol, 50 Qr, 100 Qr, 150 Qr, 200 Qr)

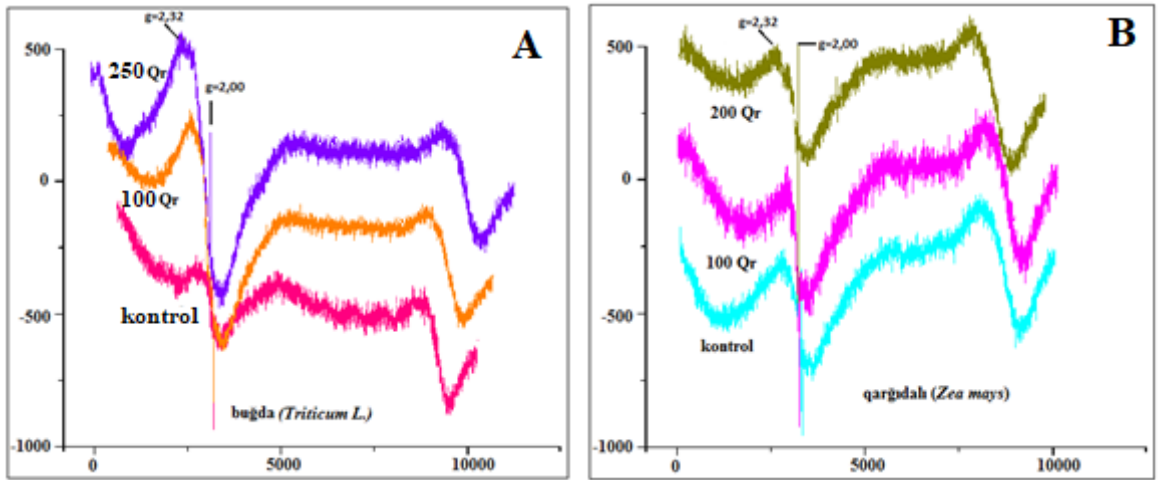
Beləliklə, ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın da buğda və qarğıdalı bitkilərinə təsirini öyrənərkən morfoloji dəyişikliklərdə mühüm qanunauyğunluq aşkar edirik: müəyyən edirik ki, qamma radiasiya C3 bitkisi olan buğdanın boy artımına, inkişafına, cücərmə faizinə stimullaşdırıcı təsir göstərir, C4 bitkisi olan qarğıdalıya isə əksinə inhibirləşdirici, ləngidici təsir edir.

Beləliklə, stres amillərindən radioaktiv çirklənmənin və ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın buğda və qarğıdalı bitkilərinə təsirini öyrənərkən alınan nəticələrə əsasən demək olar ki, stres amillərinin fotosintezin C3 və C4 bitkilərinə təsiri zamanı morfoloji dəyişikliklərdə müşahidə etdiyimiz qanunauyğunluq C3 bitkilərində stres zamanı müdafiə funksiyasını yerinə yetirən fototənəffüs prosesinin işə düşməsi və OFF – nın yaranmasının qarşısını alaraq müdafiə funksiyasını yerinə yetirməsi ilə əlaqədar ola bilər. Məlumdur ki, fotosintez prosesində hədsiz çox karbohidrat məhsulları yarandıqda fototənəffüs sürətlənir və “artıq” şəkərin oksidləşməsi baş verir. Nəticədə amin turşuları yaranır. Amin turşularının yaranması mühüm bioloji rola malik olaraq bitkilərin yarpaqlarının, hətta inkişaflarını başa çatdırmış yarpaqların yenidən böyüməsinə, inkişaf etməsinə səbəb olur [56, s.5-7]. Tərəfimizdən aparılan təcrübələrdə də stres amillərinin təsirindən sonra C3 bitkilərinin – buğda və noxud

bitkilərinin nəzərəcarpan inkişaf etməsi və böyüməsi müşahidə olunur. C4 bitkilərində isə fototənəffüs aşkar olunmayıb. Bu bitkilər karbonu ən kiçik qatılıqlarda belə asanlıqla uda bilirlər [56, s.8].

Alınan nəticələr stres zamanı fototənəffüs prosesinin C3 bitkilərində müdafiə sistemi kimi rolu olduğunu göstərir və belə bir fikir söyləməyə imkan verir ki, fototənəffüs prosesi stres amillərinin təsiri zamanı C3 bitkilərində OFF-nın yaranmasının qarşısını alaraq müdafiə sistemi rolunu oynayır.

Araşdırdığımız C3 və C4 bitkilərinə ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın təsiri EPR metodu ilə öyrənilmiş, müxtəlif dozalı qamma radiasiyanın təsiri zamanı onlarda yaranan paramaqnit mərkəzlər müqayisəli tədqiq edilmişdir (şəkil 3.6.9; şəkil 3.6.10).



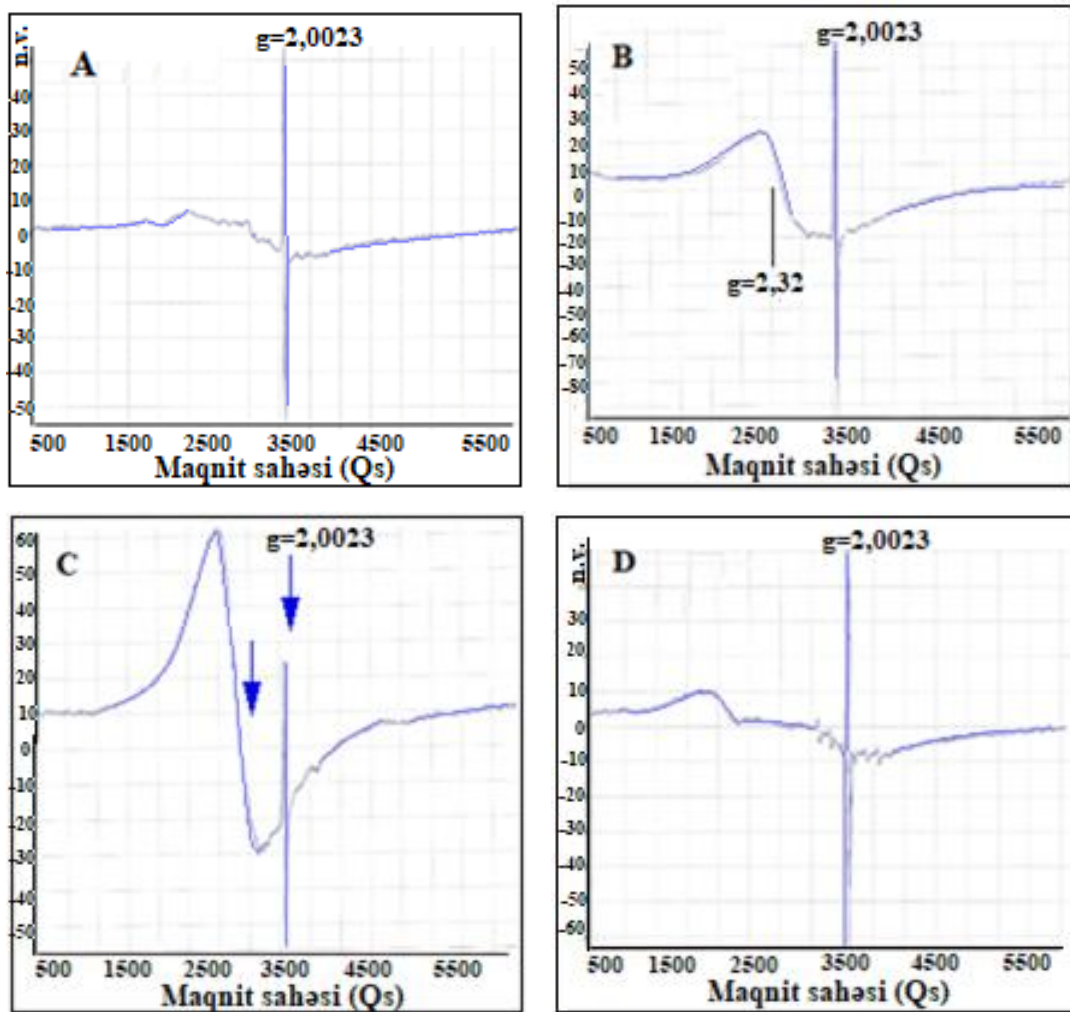
Şəkil 3.6.9. Müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalandırılmış buğda və qarğıdalı toxumlarının 10 günlük cücərtilərində EPR spektrləri.

A – buğda, B – qarğıdalı bitkiləri

Şəkil 3.6.9 – A - dan görüldüyü kimi 100 Qr və 250 Qr dozada qamma radiasiya ilə şüalanmış buğda cücərtilərində qeydə alınan spektrlərində sərbəst radikalın siqnalı və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalı ($g=2,32$; $\Delta H=320$ Qs) qeydə alınmışdır. Bu siqnalın intensivliyi 250 Qr dozada şüalanmış nümunədə 100 Qr dozada şüalanan nümunədən alınan siqnalın intensivliyinə nəzərən daha intensiv olmuşdur. Lakin kontrol buğda cücərtilərindən aldığımız spektrdə əsasən sərbəst radikalın siqnalı müşahidə edilir. Qarğıdalı nümunələrində yaranan paramaqnit

mərkəzlərin davranışında analogi dəyişiklik müşahidə edilməmişdir.

Dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin məhz stres amillərinin təsiri ilə bitki orqanizmlərinin özündə formalaşdığını bir daha sübut etmək üçün növbəti təcrübələr aparılmışdır. Əvvəlki təcrübələrdən fərqli olaraq, bu dəfə kontrol və müxtəlif dozalarda gamma radiasiya ilə (100 Qr, 200 Qr, 300 Qr) şüalandırılmış buğda toxumları adi su ilə deyil, distillə edilmiş su ilə təbii şəraitdə, otaq temperaturunda cücərdilmişlər. Daha sonra on günlük cüərtilərin EPR ölçmələri aparılmışdır (şəkil 3.6.10) [53, s.37-38], [38, s.160-161].



Şəkil 3.6.10. Qurudulmuş buğda cüərtilərinin EPR spektrləri (A-kontrol, B-100 Qr, C-200 Qr, D-300 Qr dozada şüalanmış)

Bu halda da analogi nəticələr detektə edilmişdir. Şəkil 3.6.10 (A) - dan görüldüyü kimi kontrol nümunədə maqnit sahəsinin geniş intervalında yalnız sərbəst radikal signalı ($g=2,0023$) qeydə alınmışdır. Burada biz dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə məxsus olan geniş EPR signalının yaranmasını müşahidə etmirik.

Bu onunla izah olunur ki, canlı orqanizmə heç bir stres təsir etmədikdə orada dəmir bağlı vəziyyətdə olaraq qalır, reduksiyaedici sistem yaranmır və maqnit nanohissəcikləri də generasiya olunmur, yəni sistemdə heç bir dəyişiklik baş vermir. Lakin artıq 100 Qr dozada şüalanmış nümunədə (şəkil 3.6.10 B) kiçik intensivlikli, parametrləri $g=2,32$ və $\Delta H = 320$ Qs olan geniş EPR siqnalı meydana gəlir. Çünki, artıq stres amili olaraq 100 Qr dozada qamma şüalanmanın təsiri orqanizmdə olan bağlı dəmirin sərbəst dəmir formasına keçməsinə səbəb olur, mühitdə dəmir ionlarının sayı artır. Digər tərəfdən qamma radiasiyanın təsiri ilə xloroplastların nativliyinin, intaktlığının və elektron nəqliyyat zəncirinin bütövlüyünün pozulması, mühitə elektronların ayrılması baş verir [53, s. 39-40], [38, s.160-164].

Beləliklə də reduksiyaedici sistemin sayəsində dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri yaranmağa başlayır. Şüalanma dozasının 200 Qr-ə çatması bu siqnalın intensivliyinin bir qədər də yüksəlməsinə səbəb olur (şəkil 3.6.10 C). Bu onunla əlaqədardır ki, stres amilinin dozasının artması canlı sistemdə sərbəst dəmir ionlarının miqdarının artmasına səbəb olur [188, s.7-8]. Həmçinin, stres təsir nəticəsində elektron nəqliyyat zəncirində daha çox qırılmalar baş verir və mühitə daha çox elektronlar ayrılır. Nəticə etibarilə generasiya olunan nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin sayı, qatılığı artır. Bu isə qeydə alınan geniş EPR siqnalının intensivliyinin nəzərəçarpan yüksəlməsinə səbəb olur. Artıq şüalanma dozası 300 Qr-ə yüksəldikdə isə kontrol nümunədə olduğu kimi maqnit sahəsinin geniş intervalında yalnız sərbəst radikal siqnalının yarandığını müşahidə edirik (şəkil 3.6.10 D). Maqnit naohissəciklərinə məxsus olan geniş EPR siqnalının amplitudu kəskin azalır. Bu onunla izah olunur ki, baxmayaraq ki, stres təsir mövcuddur, canlı sistemdə dəmir ionlarının sayı artır, lakin 300 Qr dozada şüalanma artıq reduksiyaedici sistemin sıradan çıxmasına səbəb olur. Buna görə də dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri əmələ gəlmir və canlı sistem sıradan çıxır. Ona görə də burada maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnal qeydə alınmır. Bu təcrübələr bizə həm bitkilərdə maqnit nanohissəciklərinin yaranması mexanizmini aydınlaşdırmağa imkan verdi, həm də bir daha sübut edirik ki, maqnit nanohissəcikləri məhz bitkinin özündə generasiya olunur.

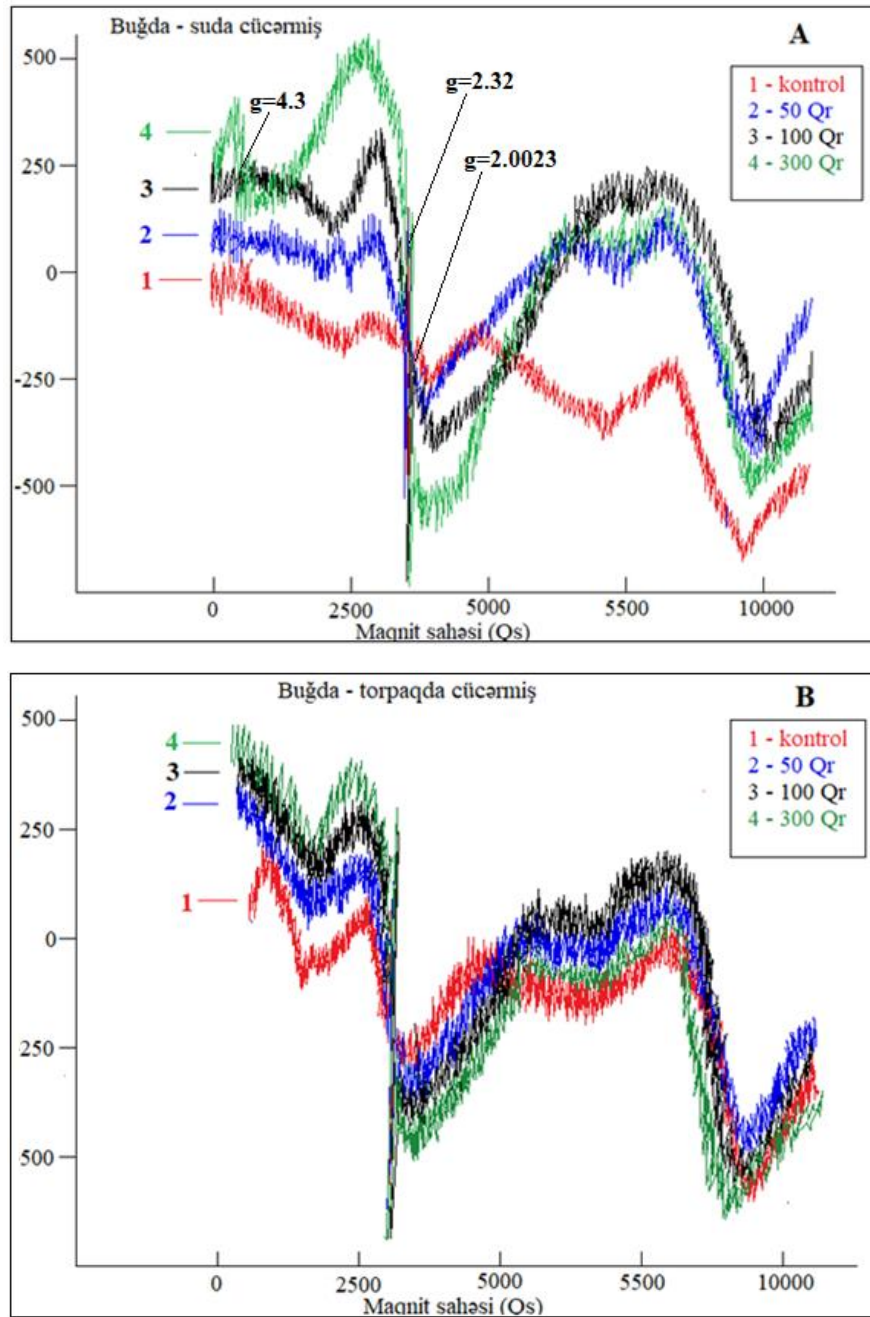
Belə bir fikir yarana bilər ki, bitkilərdə EPR metodu ilə aşkar etdiyimiz maqnit

nanohissəcikləri torpaqdan kök vasitəsilə bitkinin müxtəlif orqanlarına akkumulyasiya etmişdir. Lakin buğda toxumlarının distillə edilmiş suda cücərtiyimiz nümunələrinin EPR spektrlərinin identifikasiyası sübut etməyə imkan verir ki, nanofazalı maqnit hissəcikləri məhz bitkinin özündə stres amillərinin təsiri zamanı yaranırlar. Buna baxmayaraq, maqnit nanohissəciklərinin torpaqdan bitkinin müxtəlif orqanlarına, o cümlədən yarpaqlarına akkumulyasiyasının baş verməsi ehtimalını da inkar etmirik. Təbii ki, bu proses də baş verə bilər, lakin çox zəif, çox cüzi miqdarda. Əsasən bu nanohissəciklər stres təsir zamanı məhz bitkinin özündə generasiya olunurlar.

Apardığımız *in vivo* tədqiqatları belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verir ki, stres amillərinin təsiri bioloji sistemlərdə nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin yaranmasına səbəb olur. Dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri məhz yarpaqların özündə stres təsir zamanı generasiya olunur.

Növbəti təcrübələrdə buğda və qarğıdalı toxumlarını müxtəlif dozalarda (50 Qr, 100 Qr, 300 Qr) qamma radiasiya ilə şüalandırırdıqdan sonra onlar ayrı-ayrılıqda iki mühitdə - həm suda və həm də torpaqda cücərdilmişlər. Sonra 10 günlük cücərtildə EPR ölçmələri aparılmışdır. Nümunələrin spektrləri maqnit sahəsinin çox geniş 0-10000 Qs intervalında qeydə alınaraq interperetasiya edilmişdir (şəkil 3.6.11, şəkil 3.6.12). Şəkil 3.6.11-də suda (şəkil 3.6.11. A) və torpaqda (şəkil 3.6.11. B) yetişən cücərtilərin EPR spektrləri göstərilmişdir.

Göründüyü kimi spektrlərdə üç tip siqnalın yarandığı müşahidə edilmişdir: dəmir ionlarının siqnalları ($g=4,3$), maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar ($g=2,3$) və ensiz sərbəst radikal siqnalları ($g=2,0023$). Qamma radiasiya qeydə alınan siqnalların (sərbəst radikal siqnallarının və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə məxsus geniş EPR siqnallarının) amplitudlarının yüksəlməsinə səbəb olmuşdur. Radiasiyanın və yaranan siqnalların amplitudlarının qiymətləri arasında monoton asılılıq müşahidə edilmişdir. Belə asılılıq həm suda, həm də torpaqda yetişdirilən cücərtildən hazırlanmış nümunələrdə müşahidə edilmişdir. Sadəcə olaraq su mühitinə nisbətən torpaq mühitində böyüyən cücərtildə stres zamanı siqnalların intensivliklərinin yüksəlməsi nisbətən zəif olmuşdur (şəkil 3.6.11, B).

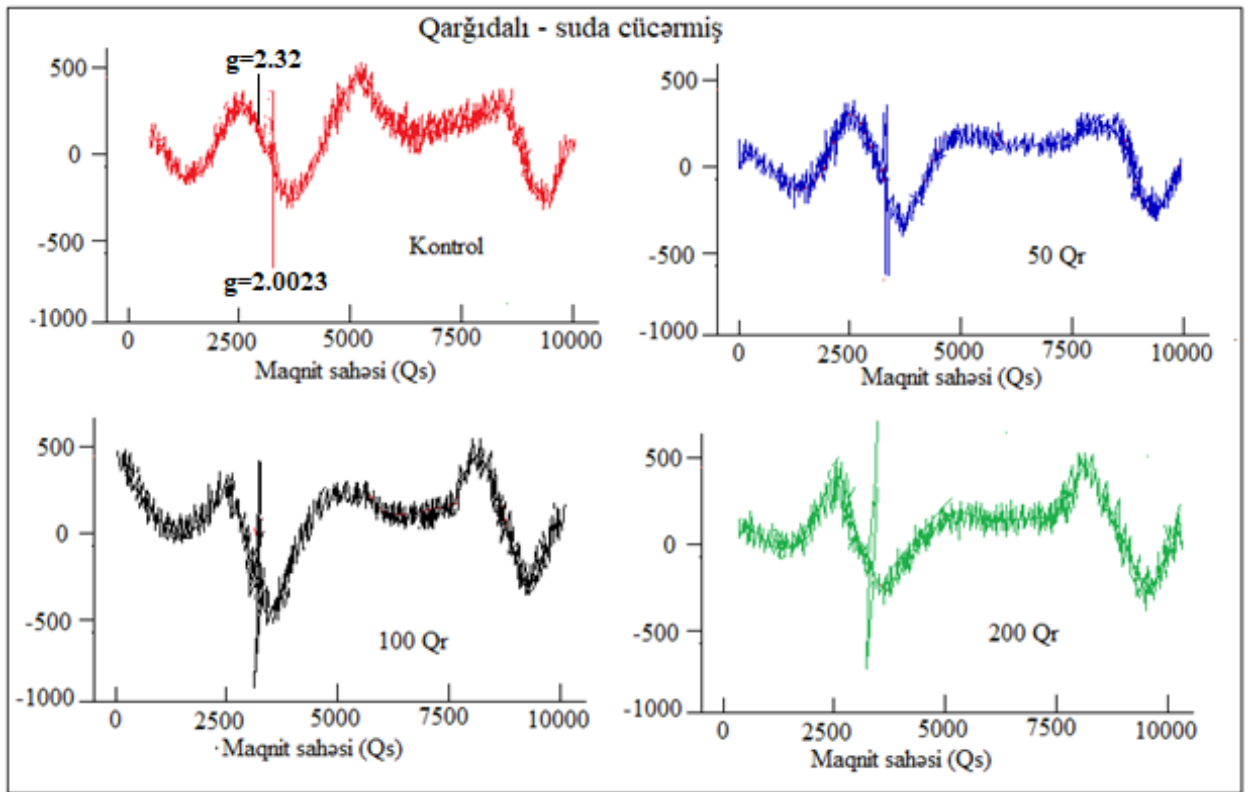


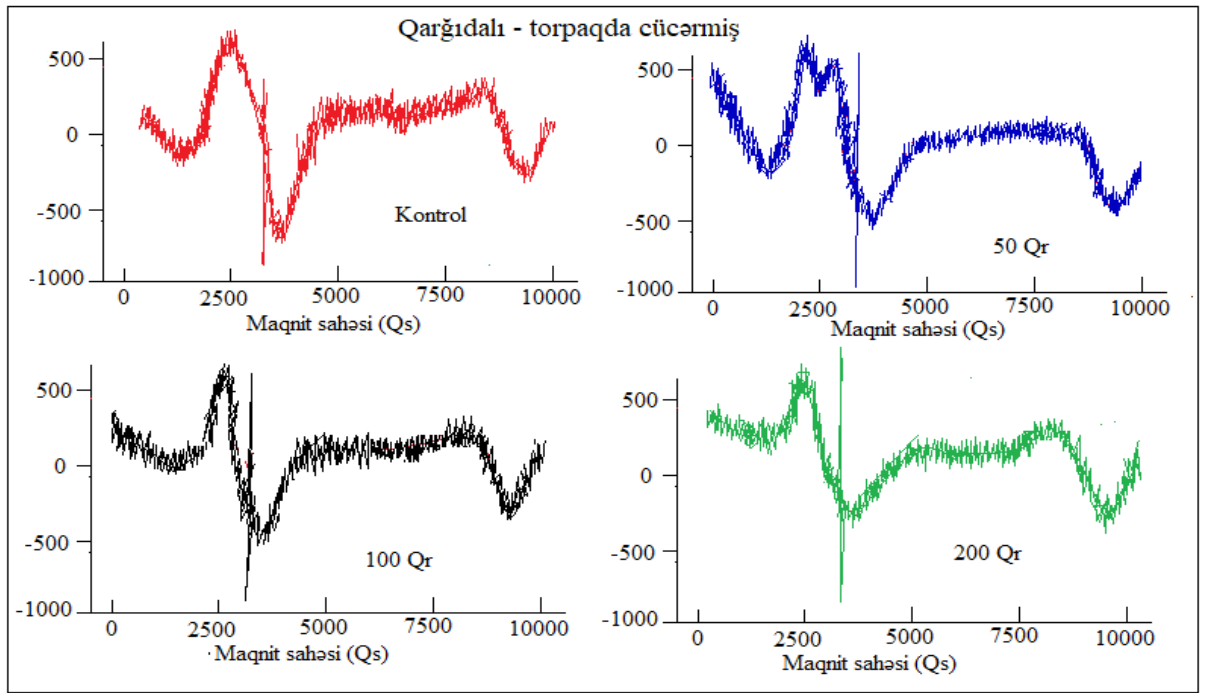
Şəkil 3.6.11. Müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalandırılmış buğda toxumlarının suda (A) və torpaqda (B) cücərtilərinin EPR spektrləri

Analoji təcrübələr C4 bitkilərinə aid olan qarğıdalı bitkisi ilə də aparılmışdır. Kontrol və 50 Qr, 100 Qr, 200 Qr dozalarda qamma radiasiya ilə şüalandırılmış qarğıdalı toxumları suda və torpaqda cücərdilmişlər. Sonra on günlük cücərtildə EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 3.6.12). Nəticədə məlum olmuşdur ki, qarğıdalı nümunələrində qeydə alınan EPR spektrlərinin davranışı, parametrlərinin dəyişməsi bir qədər fərqli olmuşdur. Onların spektrlərində radiasiyanın dozəsindən asılı olaraq

sərbəst radikal siqnallarının ($g=2.0023$) intensivliyinin dəyişməsi aşkar edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, şüalanma dozasından asılı olaraq hər iki mühitdə (su və torpaq) yetişən qarğıdalı cücərtilərinin EPR spektrlərində sərbəst radikal siqnallarının intensivlikləri radiasiyanın dozasından asılı olaraq xətti artır. Dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin EPR siqnallarının intensivliklərində isə nəzərəçarpan dəyişikliklər müşahidə edilməmişdir (şəkil 3.6.12).

Aldığımız nəticələrə əsasən deyə bilərik ki, fotosintezin C3 tipinə aid olan bitkilərdə nanoölçülü maqnit hissəciklərinin yaranmasına stres amilləri stimullaşdırıcı təsir göstərir. Təsir edən radiasiyanın dozası letal dozadan artıq olduqda isə maqnit nanohissəciklərinin yaranması müşahidə edilmir. Bu onunla əlaqədardır ki, stres faktorun dozası letal dozadan çox olduqda reduksiyaedici sistem destruksiyaya uğrayır və buna görə də maqnit nanohissəcikləri generasiya olunmur.





Şəkil 3.6.12. Müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalandırılmış qarğıdalı toxumlarının suda və torpaqda cücərtilərini EPR spektrləri

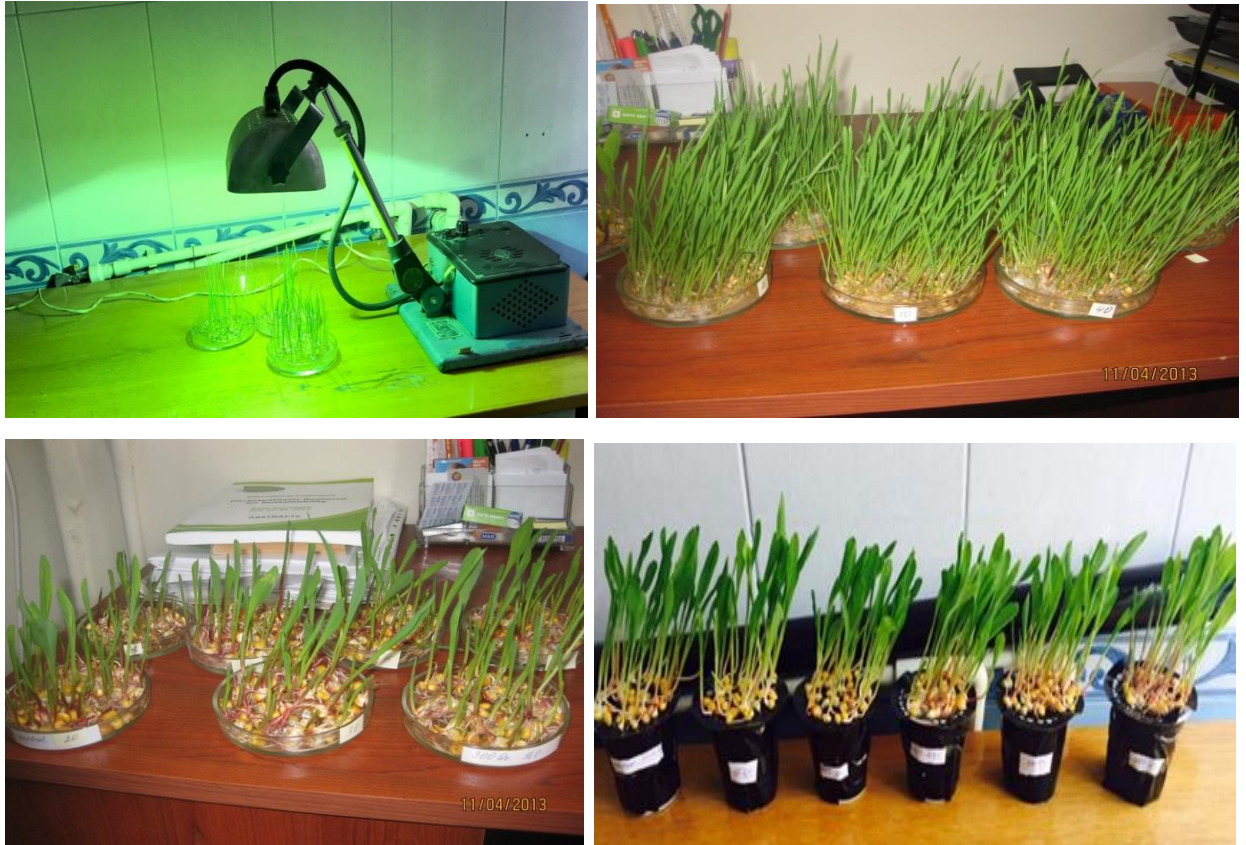
Nəticələr əsasında deyə bilərik ki, bitkilərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiya edilməsinin stimullaşması stres amillərinin təsiri və bu təsir dozasının yüksəlməsi hesabına baş verir. İstənilən stres təsir nəticəsində canlı orqanizmdə olan bağlı dəmir sərbəst dəmir formasına keçir və dəmir ionları mühitdə çoxalır. Eyni zamanda stres amilinin təsiri ilə xloroplastların intaktlığının qismən pozulması və ENZ-də baş verən destruksiya sayəsində mühitə elektronların ayrılması baş verir. Nəticədə biominerallaşma hadisəsi hesabına nanoölçülü dəmir oksidi hissəcikləri yaranır [182, s.198-199].

Beləliklə, təcrübələr göstərdi ki, C3 bitkilərində radiasiyanın dozasının artması maqnit nanohissəciklərinə məxsus siqnalların intensivliyinin yüksəlməsinə səbəb olur. Məlum oldu ki, C4 bitkilərində analoji nəticələr alınmamışdır.

3.6.3. UB radiasiyanın buğda (*Triticum L.*) və qarğıdalı (*Zea mays L.*) bitkilərinə təsiri

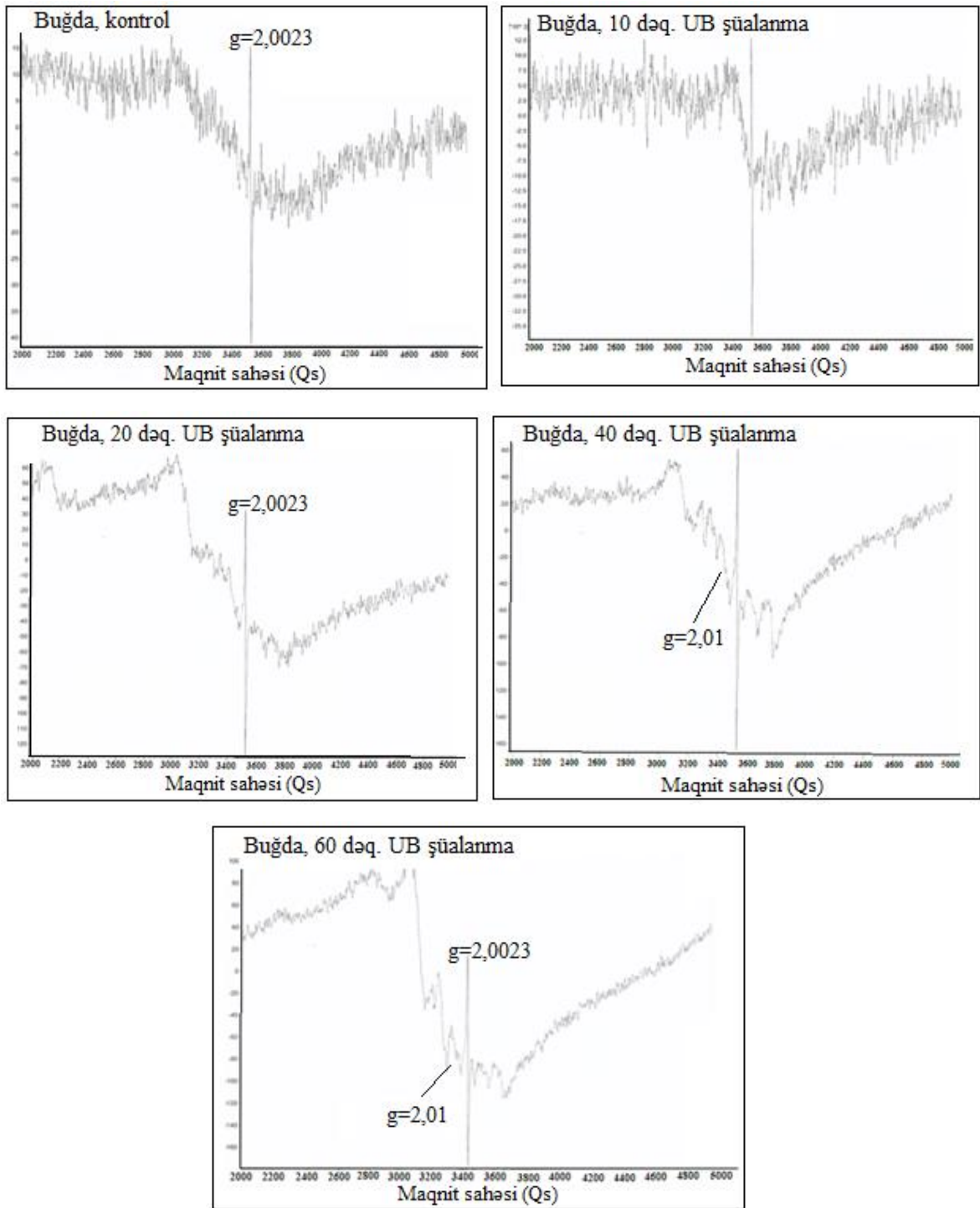
Buğda (*Triticum L.*) və qarğıdalı (*Zea mays L.*) bitkilərinə stres amillərindən UB şüalanmanın müxtəlif dozalarının təsiri öyrənilmişdir. UB radiasiyanın təsiri zamanı

bitkilərdə baş verən morfoloji dəyişikliklər və yaranan yeni paramaqnit mərkəzlər araşdırılmışdır. Məlum olmuşdur ki, 10 dəq., 15 dəq., 20 dəq., 30 dəq., 40 dəq., 60 dəq. müddətində UB şüalanmanın təsiri bu bitkilərin morfoloji xüsusiyyətlərinə heç bir təsir göstərmir, yəni onların xarici görünüşündə nəzərəçarpan heç bir dəyişiklik aşkar olunmamışdır (şəkil 3.6.13).



Şəkil 3.6.13. Qarğıdalı və buğda bitkilərinə UB şüalanmanın müxtəlif dozalarda təsiri

Şəkil 3.6.13-dən görüldüyü kimi UB şüalanmanın təsiri ilə qarğıdalı və buğda bitkilərinin cücərtilərinin inkişaf dinamikalarında və cücərmə sıxlıqlarında heç bir dəyişiklik müşahidə edilməmişdir. Paramaqnit mərkəzlərin davranışında isə müəyyən dəyişikliklər aşkar edilmişdir (şəkil 3.6.14). Şəkil 3.6.14-dən görüldüyü kimi kontrol nümunədə əsasən sərbəst radikal siqnalının ($g=2,0023$) yarandığı müşahidə edilmişdir. Lakin artıq 10 dəqiqə və 20 dəqiqə UB şüalanma xarakterik geniş EPR siqnalının ($g=2,34$) yaranmasına səbəb olmuşdur, həmçinin sərbəst radikalın siqnalının ($g=2,0023$) intensivliyi böyümüşdür.



Şəkil 3.6.14. Müxtəlif dozalarda UB şüalanmaya məruz qalmış buğda cücərtilərinin EPR spektrləri

Şüalanmanın müddəti 40 dəqiqəyə və 60 dəqiqəyə çatdırıldıqda geniş EPR signalı qeydə alınmamışdır. Bu müddətlərdə şüalanma tədricən altikomponentli manqan ionlarını xarakterizə edən siqnalların ($g=2,01$) yaranmasına və sərbəst radikal signalının intensivliyinin artmasına səbəb olmuşdur.

Bitkilərə stres amillərinin təsirini öyrənərkən EPR üsulu ilə aparılan

tədqiqatların nəticələri radioekoloji və ekoloji tədqiqatlarda praktiki baxımdan çox əhəmiyyətlidir.

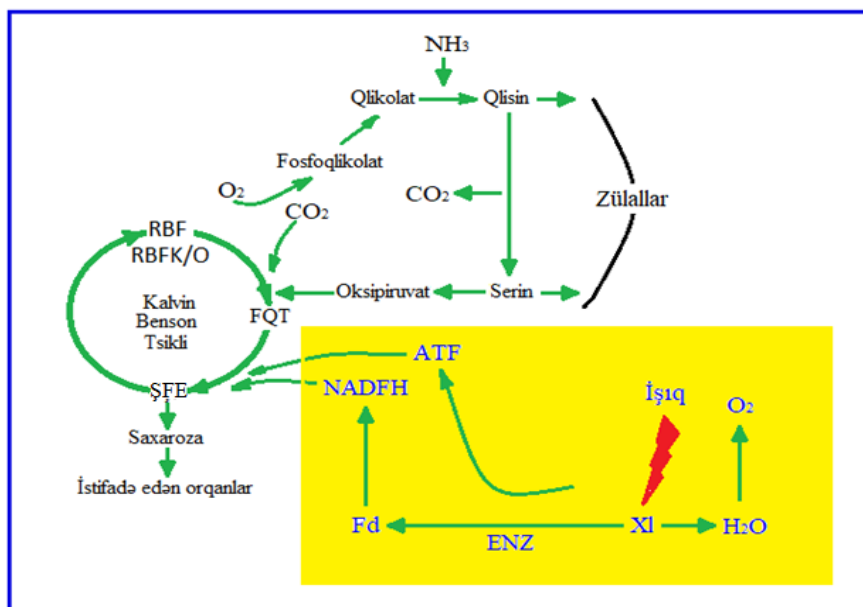
3.6.4. Stres amillərinin C3 və C4 bitkilərinə təsir mexanizminin izahı

Paraqraf 3.6.1, 3.6.2 və 3.6.3 – də stres amillərinin (radioaktiv çirklənmə, ionlaşdırıcı qamma radiasiya və UB şüalanma) buğda və qarğıdalı bitkilərinə təsirini öyrənərkən qanunauyğun nəticələr alınmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, bu qanunauyğunluq fotosintezin C3 bitkilərində fototənəffüs prosesinin rolu ilə əlaqəli ola bilər. Yəni stres amillərinin təsiri ilə bu bitkilərin inkişafında meydana çıxan stimullaşdırıcı effekt məhz stres zamanı C3 bitkilərində fototənəffüs prosesinin işə düşməsi və OFF-nın yaranmasının qarşısını alaraq müdafiə funksiyasını yerinə yetirməsinin nəticəsi ola bilər.

Məlumdur ki, Calvin-Benson dövrü (tsikl) kəşf edildikdən sonra elmdə bir çox bioloji proseslərin mexanizmləri məlum olmuşdur. Məsələn, fototənəffüs hadisəsinin öyrənilməsi məhz Calvin-Benson dövrünün kəşfindən sonra həyata keçirilmişdir. Bundan başqa, Calvin-Benson dövrü elmə məlum olduqdan sonra CO₂ molekulunun bağlanması mexanizmi verilmişdir. Həmçinin, ribulozobifosfatın (RBF) – CO₂ –ni ilkin bağlayan akseptorun regenerasiyası məlum olmuşdur [25, s.20-22], [56, s.2-3]. Fotosintezin C3 tipinə aid olan bitkilər ona görə belə adlanırlar ki, onlarda CO₂ –ni qəbul edən ilk məhsul olan fosfoqliserin turşusu üç karbonlu birləşmədir [29, s.6-8]. Yaranmış 3-fosfoqliserin turşusu üç karbonlu şəkərə qədər reduksiya olunur, RBF regenerasiyasına və həmçinin şəkərin yaranmasına sərf olunur [25, s.24].

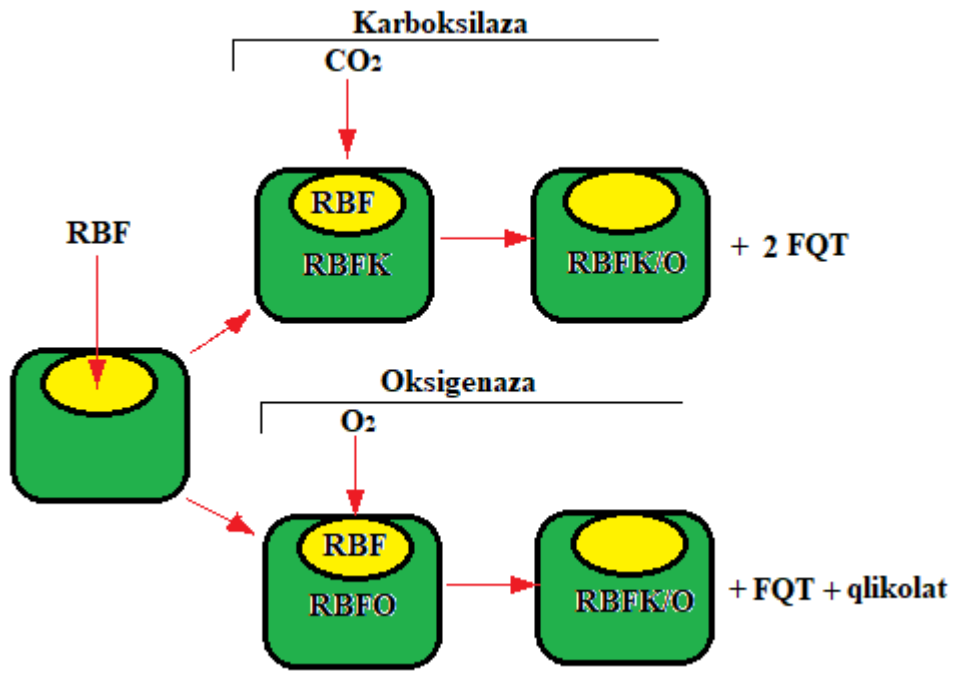
Məlumdur ki, iki mərhələdən – işıq və qaranlıq mərhələlərindən ibarət olan fotosintez prosesi fototənəffüs hadisəsi ilə eyni zamanda həyata keçir [56, s. 4-5].

Həmçinin, məlum olduğu kimi fotosintezin ikinci mərhələsi olan qaranlıq mərhələ həm işıqda, həm də qaranlıqda stromada baş verir. Bu mərhələ Calvin-Benson tsikli adlanır (şəkil 3.6.15). Işıq mərhələsində yaranan ATF və NADPH molekulları qaranlıq mərhələdə karbon 4-oksidi (CO₂) karbohidratlara çevirir [56, s. 4-8].



Şəkil 3.6.15. Reduksiyaedici və qlikolat fotosintetik tsikllər. Sarı fonda fotosintezin işıq mərhələsi göstərilib (xloroplastların fotokimyəvi reaksiyaları)

Ədəbiyyatdan məlumdur ki, ribulozabifosfat karboksilaza və oksigenaza reaksiyalarını həyata keçirir. Bu reaksiyaların baş verməsi RBFK/O fermentinin aktiv mərkəzinə CO_2 və ya O_2 –nin birləşməsi ilə birbaşa əlaqəlidir (şəkil 3.6.16) [56, s. 5-8]. Bununla əlaqədar olaraq da RBF fermentinin aktiv mərkəzinə görə oksigen və karbon arasında rəqabət əmələ gəlir. Bu ferment oksigenlə müqayisədə daha çox karbonu bağlamaq imkanına malikdir. Lakin oksigenin qatılığının artması onun rəqabət imkanlarını da artırır ki, bunun da nəticəsində fototənəffüs prosesi işə düşərək öz funksiyasını yerinə yetirir [56, s. 3-4]. Fototənəffüs prosesi fotosintez hadisəsini xüsusi ekstremal şəraitdə üstələyir ki, bu halda da karbonun xaric olunması müşahidə edilir [56, s.7-8]. Fotoqlikolatın növbəti proseslərdəki funksiyasının araşdırılmasından sonra məlum olmuşdur ki, qlokolat yolunu keçərək qlikol turşusunun oksidləşməsi baş verir, sonra isə bir karbon atomunun ayrılması ilə müşayiət olunan üçkarbonlu amin turşusunun yaranması baş verir (şəkil 3.6.15) [56, s.2-5], [25, s.25-26].



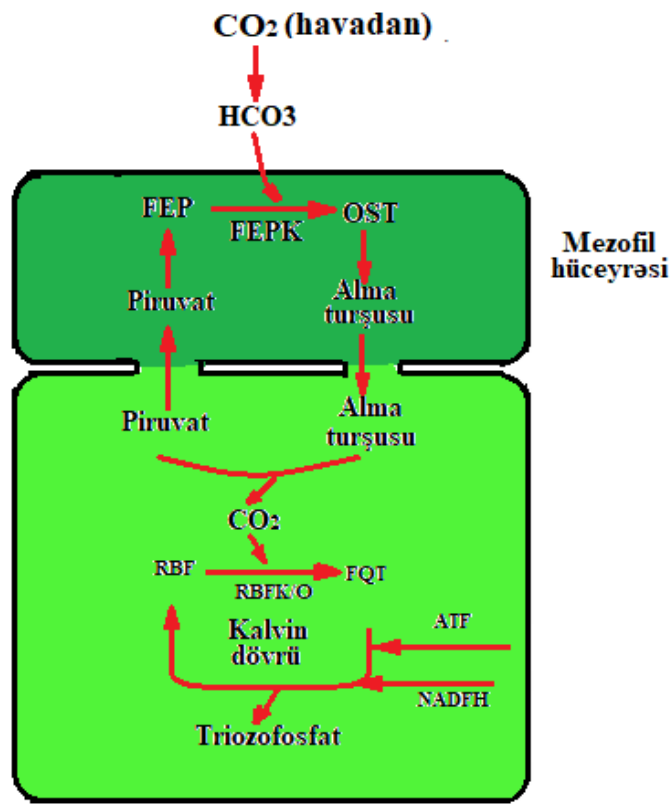
Şəkil 3.6.16. RBFK/O fermenti ilə karboksilaza və oksigenaza reaksiyalarının yaranma mexanizmi

Karbon atomunun ayrılması fotosintez prosesinin intensivliyinə mənfi təsir göstərir. Beləliklə, Kalvin-Benson dövriyyəsi karbon atomu udulmadan da fəaliyyət göstərərək işləyə bilər. Bütün bunlar fototənəffüsün mövcudluğunu və rolunu göstərir.

Stres amillərinin təsiri zamanı C₃ tip bitkilərdə fototənəffüs oksigenin fəal formalarını azaldaraq müdafiə sistemi rolunu yerinə yetirir. Ədəbiyyatdan məlumdur ki, fototənəffüs prosesi fotosintezin hədsiz çox karbohidrat məhsulları istehsal edildikdə sürətlənir və fotooksidləşdirici proseslərin nəticə etibarilə güclənməsi baş verir. Bunun nəticəsi olaraq da amin turşuları yaranır ki, onlar da əsas etibarilə bitkilərin, onların yarpaq və cücərtilərinin inkişafında, böyüməsində mühüm əhəmiyyət kəsb edirlər [56, s.6]. Bizim təcrübələrdə də C₃ bitkiləri olan buğda və noxudun cücərtilərinin stres amillərin təsiri zamanı sürətlə böyüməsini, kontrol nümunələr ilə müqayisədə daha çox inkişaf etdiyini müşahidə edirik.

C₃ bitkilərinin tədqiqi göstərmişdir ki, onların arasında fototənəffüsü zəif olan, lakin eyni zamanda məhsuldarlığı yüksək olan bitkilər yox dərəcəsindədirlər. Axtarışlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, fototənəffüs prosesi zəif gedən müxtəlif bitki növləri var, lakin onların hamısında məhsuldarlığın da aşağı olması faktı üzə

çıxmışdır. Fotosintezin C4 tipinə aid olan bitkilər həm morfoloji cəhətdən, həm də özlərinin anatomik quruluşlarına görə digər bitkilərdən fərqlənirlər. Bitkilərdə xloroplastların mezofil hüceyrələrinin daxilində olması məlumdur. Lakin xüsusi anatomik quruluşa malik olan C4 bitkilərində xloroplastlar örtük adlanan hüceyrələrin də daxilində olurlar. Ədəbiyyatdan məlumdur ki, C4 bitkilərində CO₂ – nin mezofil hüceyrələrində udulması nəticəsində yeni birləşmə - dördkarbonlu birləşmə yaranır ki, növbəti prosesdə də onların mezofil hüceyrələrindən örtük hüceyrələrinə keçməsi baş verir. Yaranan birləşmələrdən isə bu hüceyrələrdə CO₂ – nin ayrılması baş verir [25, s.20-22], [56, s.8].



Şəkil 3.6.17. C4 tip fotosintezin sxemi. FET – fosfoenolpirovat turşusu, OST – oksalik sirkə turşusu, FEPK – fosfoenolpiruvatkarboksilaza

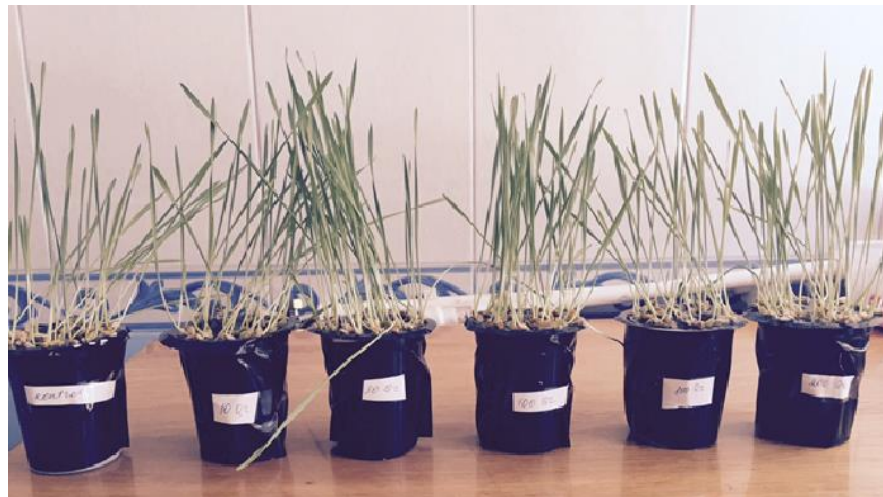
Beləliklə, C4 bitkilərinin örtük hüceyrələrində CO₂ – nin yığılması baş verir [56, s.7-8]. Fototənəffüs prosesinin C4 tip bitkilərdə olmaması məhz bununla əlaqədardır. Alınan nəticələr bir daha stres zamanı fototənəffüsün C3 bitkilərində müdafiə sistemi kimi rolu olduğunu göstərir və belə bir fikir söyləməyə imkan verir ki, fototənəffüs stres zamanı C3 bitkilərində oksigenin fəal formalarının qarşısını alan bir sistemdir.

3.7. Stres amillərinin buğda (*Triticum L.*) və qarğıdalı (*Zea mays L.*) cücərtilərində yaranan paramaqnit mərkəzlərə təsiri

Təcrübələr göstərdi ki, tədqiq etdiyimiz fotosintezin C3 (buğda) və C4 (qarğıdalı) tipinə aid olan bitkilərin 7-10 günlük cücərtələrinə müxtəlif stres amillərinin - radioaktiv çirklənmənin, qamma radiasiyanın və UB-şüaların təsiri onlarda yeni paramaqnit mərkəzlərin yaranmasına səbəb olur. Belə ki, bu bitkilərin kontrol (şüalanmamış) və müxtəlif dozalarda şüalanmış cücərtələrində qeydə alınan spektrlər göstərdi ki, stres amilləri onlarda yeni paramaqnit mərkəzlərin yaranmasına səbəb olur. Təsir edən radiasiya amilinin dozəsindən asılı olaraq bitkilərin cücərtələrində yaranan sərbəst radikal siqnallarının və dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri üçün xarakterik geniş EPR siqnallarının qanunauyğun dəyişməsi aşkar edilmiş və onların mexanizmləri aydınlaşdırılmışdır.

Bundan başqa kontrol və müxtəlif stres amillərinin (müxtəlif dozalarda qamma radiasiya və müxtəlif qatılıqlarda NaCl məhlulu) təsirinə məruz qalmış buğda və qarğıdalı toxumlarının on günlük cücərtələrində kök hissələrində də yaranan paramaqnit mərkəzlər EPR metodu ilə tərəfimizdən tədqiq edilmiş və burada qeydə alınan spektrlərdə qanunauyğun dəyişikliklər aşkar edilmişdir.

Şəkil 3.7.1 – də kontrol və müxtəlif dozalarda (10 Qr, 50 Qr, 100 Qr, 150 Qr, 200 Qr) qamma radiasiya ilə şüalanmış, otaq temperaturunda yetişdirilmiş 10 günlük buğda və qarğıdalı cücərtələri göstərilmişdir.



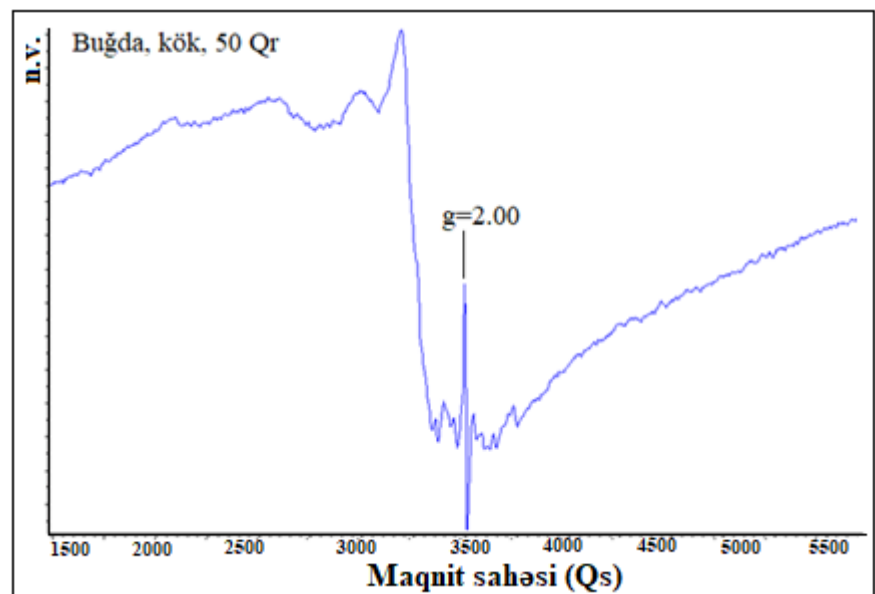
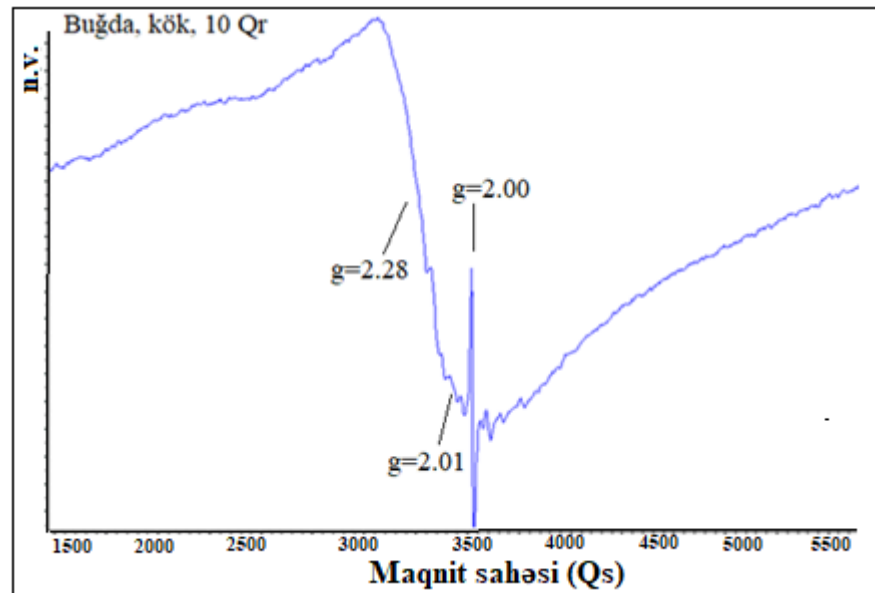
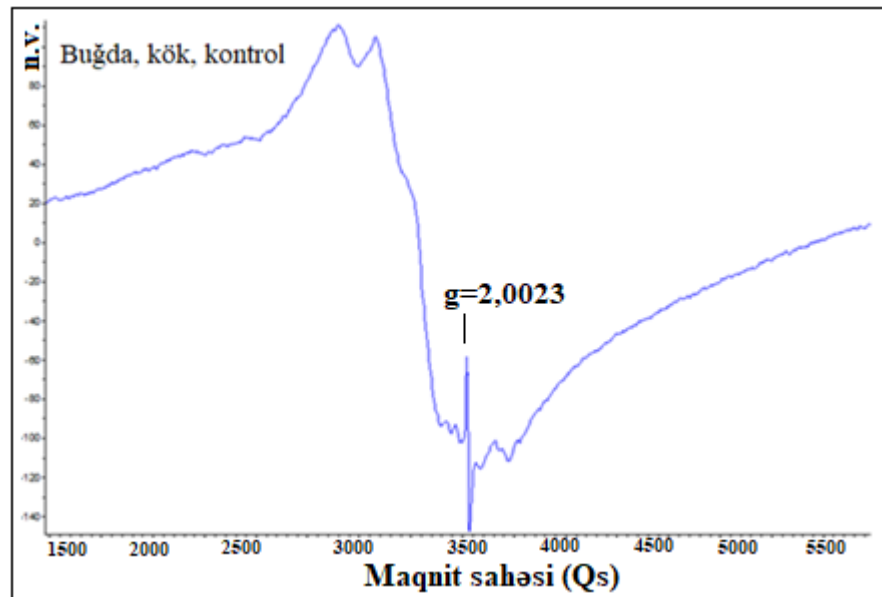


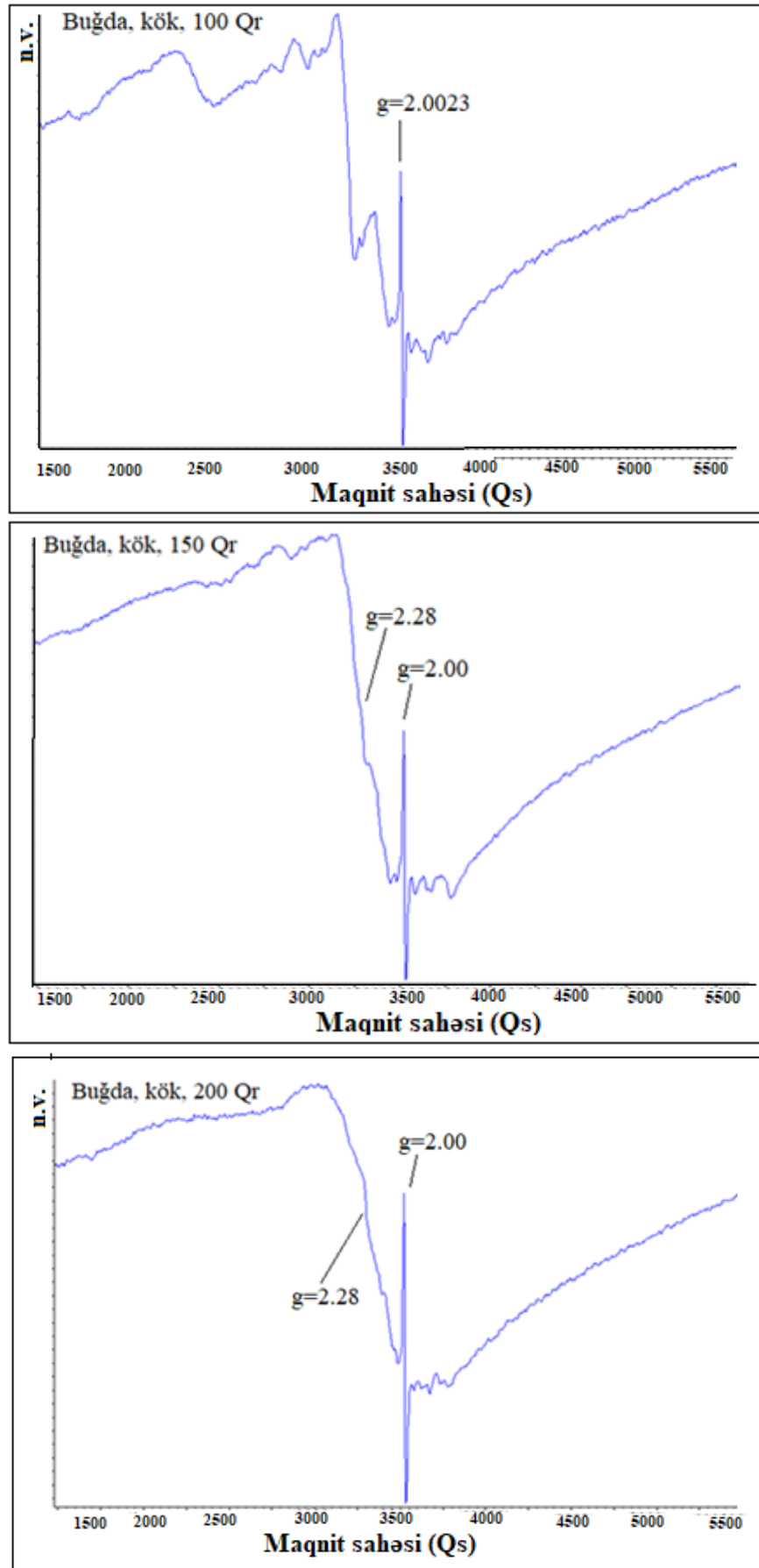
Şəkil 3.7.1. Kontrol və müxtəlif dozalarda (10 Qr, 50 Qr, 100 Qr, 150 Qr, 200 Qr) şüalanmış buğda və qarğıdalı cücərtiləri

Təcrübələrin davamı olaraq, buğda toxumlarının on günlük cücərtilərinin kök hissələri toxumlardan ayrılmış, təbii şəraitdə, otaq temperaturunda qurudulduqdan sonra onların EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 3.7.2).

Şəkil 3.7.2 - də kontrol və müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalanmış buğda toxumlarının 10 günlük cücərtilərinin kök orqanlarının maqnit sahəsinin geniş intervalında EPR spektrləri verilmişdir. Spektrlərin interpretasiyası göstərir ki, buğda cücərtilərinin kök orqanlarında qeydə alınan spektrlərdə əsasən sərbəst radikallara məxsus ensiz siqnal ($g=2.0023$), nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəcikləri üçün xarakterik geniş EPR siqnalı ($g=2.32$) və ifrat incə quruluşa malik olan altıkomponentli maqnan ionlarına məxsus olan zəif siqnallar ($g=2.01$) qeydə alınır.

Şəkil 3.7.2-dən görüldüyü kimi əvvəlki paraqraflardakı stres amillərinin təsiri ilə müxtəlif növ bitki yarpaqlarında aparılan araşdırmalarda olduğu kimi model sistem qismində tədqiq olunan buğda cücərtilərinin kök orqanlarında da qamma radiasiyanın təsiri sərbəst radikal siqnallarının intensivliyinin yüksəlməsinə səbəb olmuşdur. Bitkilərin müxtəlif orqanlarında (yarpaq, gövdə, toxum və toxum qabıqları) olduğu kimi kök orqanlarında da stres təsir zamanı maqnit nanohissəcikləri üçün xarakterik EPR siqnallarının yaranması böyük maraq yaradır.





Şəkil 3.7.2. Kontrol və müxtəlif dozalarda şüalanmış buğda cücərtilərinin kök hissələrinin EPR spektrləri

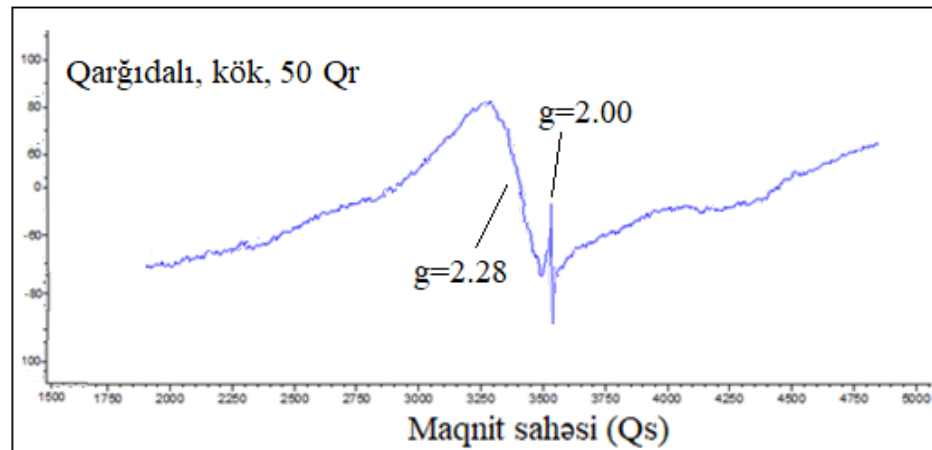
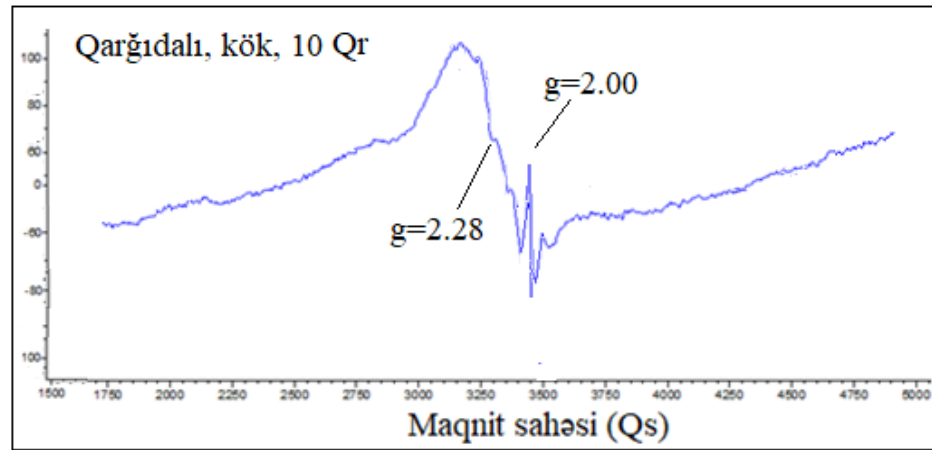
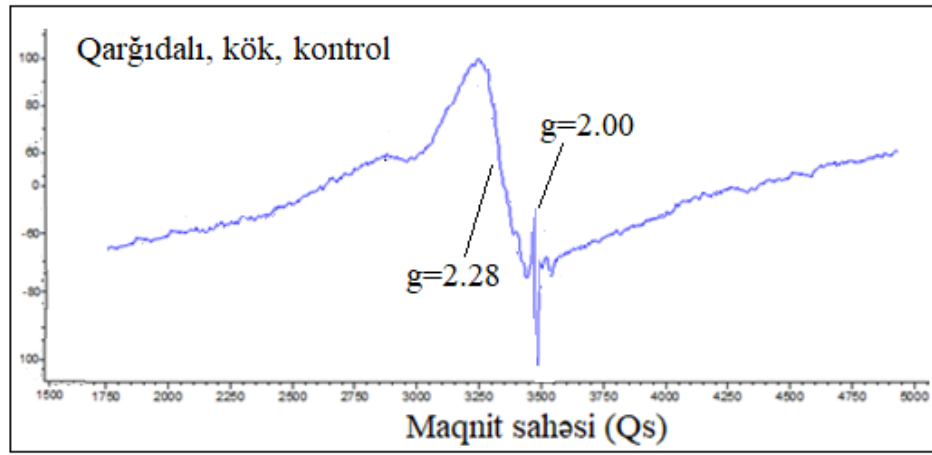
Bu hadisənin baş verməsi, daha doğrusu maqnit nanohissəciklərinin kök orqanlarında generasiya olunması mahiyyət etibarilə mitoxondrilərin ENZ-də qırılmalar ilə bağlıdır. Belə ki, əgər digər orqanlarda maqnit nanohissəciklərinin yaranmasında stres təsir zamanı xloroplastların tamlığının, intaktlığının pozulması və ENZ-də baş verən qırılmaların nəticəsində mühitə elektronların çıxması sayəsində reduksiyaedici sistem rol oynaydırsa, burada, yəni kök orqanlarında həmin funksiyaları mitoxondrilər həyata keçirirlər. Başqa sözlə deyə bilərik ki, stres faktorun (qamma radiasiyanın) təsiri mitoxondrilərin intaktlığına təsir göstərərək ENZ-nin zədələnməsinə səbəb olur. ENZ – nin zədələnməsi mühitə elektronların çıxmasına və beləliklə də reduksiyaedici mühitin yaranmasına gətirib çıxardır. Digər tərəfdən qamma radiasiyanın təsiri ilə canlı orqanizmdə bağlı dəmirin sərbəst dəmir formasına keçməsi və dəmir ionlarının mühitdə çoxalması baş verir.

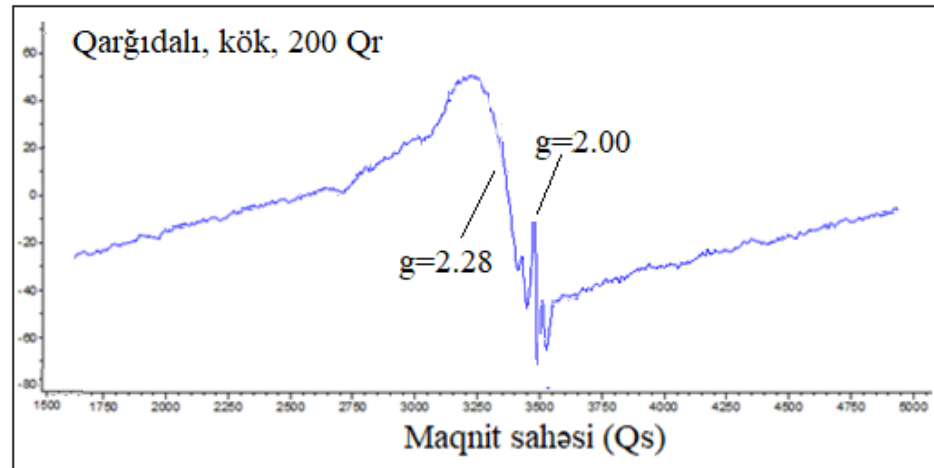
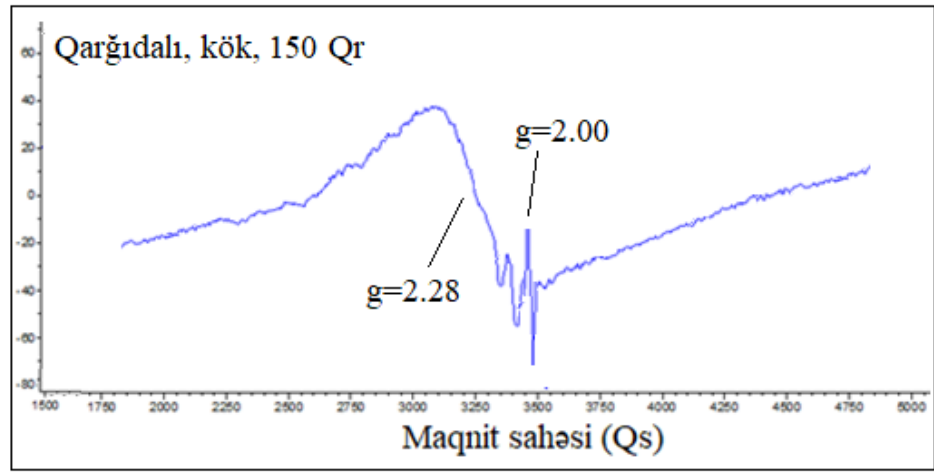
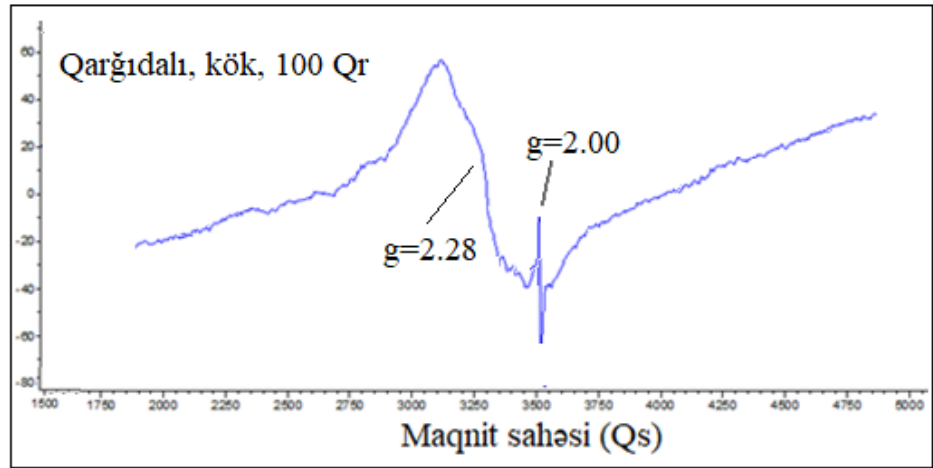
Beləliklə də, dəmir ionları reduksiyaedici mühitin sayəsində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə çevrilirlər. Kök nümunələrindən alınan EPR spektrlərinin qeydiyyatında onların siqnallarını görmək mümkündür [şəkil 3.7.2].

Aparılan təcrübələr deməyə əsas verir ki, ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın təsiri ilə yarpaq nümunələrində olduğu kimi kök nümunələrində də dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri əmələ gəlir və yaranan maqnit nanohissəcikləri köklərdə də yeni maqnit xassələrinin üzə çıxmasına səbəb olurlar. Təcrübələr göstərdi ki, təsir göstərən radiasiya amilinin dozası yaranan maqnit nanohissəciklərinin qatılığına önəmli təsir göstərir. Bunu kök nümunələrindən alınan xarakterik EPR siqnallarının intensivliklərinin radiasiyanın dozasından asılı olaraq dəyişməsinə əsasən demək mümkündür [şəkil 3.7.2].

Müəyyən edilmişdir ki, qamma radiasiya kök orqanlarda sərbəst radikal siqnallarının intensivliklərinə təsir edir və bu iki göstəricilər arasında xətti asılılıq aşkar edilmişdir. Bununla əlaqədar olaraq, deyə bilərik ki, ətraf mühitin biomonitorinqində, ekoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsində və s. proseslərdə bitkilərin kök nümunələrində qeydə alınan EPR spektrlərinin parametrlərindən bioindikasiya göstəriciləri kimi istifadə etmək olar.

Növbəti təcrübələrdə kontrol qarğıdalı cücərilərinin və müxtəlif dozalarda gamma radiasiya ilə şüalandırılmış qarğıdalı toxumlarının cücərilərinin kök orqanlarında paramaqrnit mərkəzlər müqayisəli öyrənilmişdir (şəkil 3.7.3.). Qarğıdalı toxumları müxtəlif dozalarda (10 Qr, 50 Qr, 100 Qr, 150 Qr, 200 Qr) ionlaşdırıcı gamma radiasiya ilə şüalandırıldıqdan sonra otaq temperaturunda, təbii şəraitdə cücərdilmişlər. Həmçinin eyni şəraitdə kontrol qarğıdalı toxumları da cücərdilmişlər. Sonra 10 günlük cücərilərin kök orqanlarının EPR spektrləri maqrnit sahəsinin geniş intervalında qeydə alınmış və onlar müqayisəli şəkildə öyrənilmişdir.



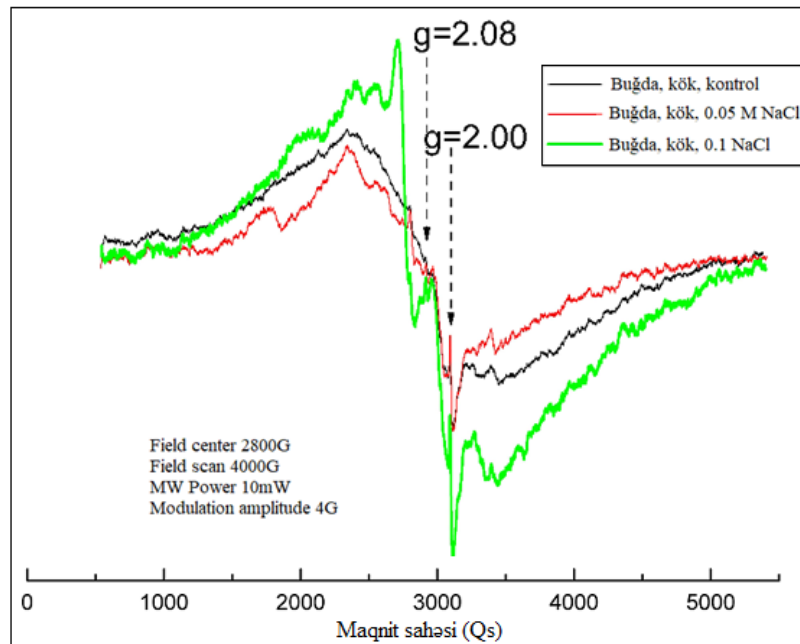


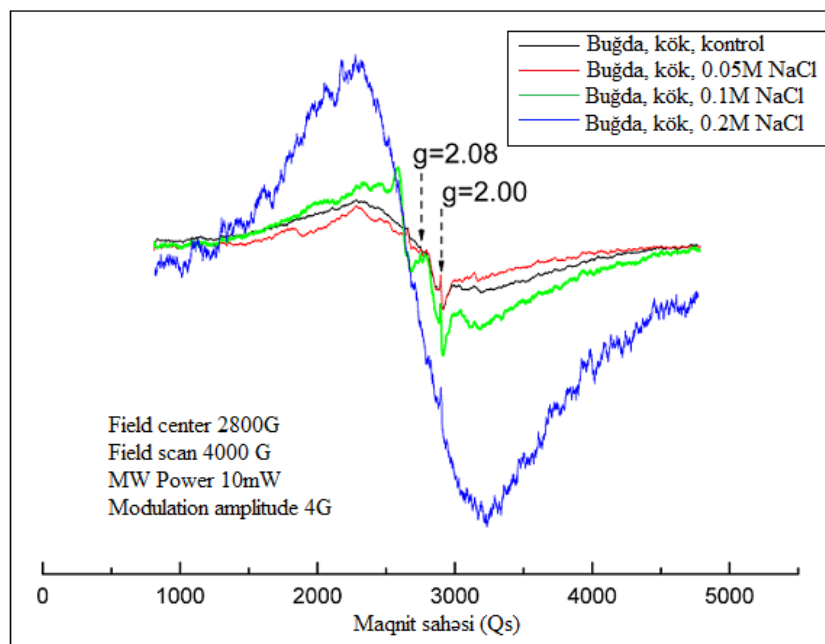
Şəkil 3.7.3. Kontrol və müxtəlif dozalarda şüalanmış qarğıdalı cücərtilərinin kök hissələrinin EPR spektrləri

On günlük qarğıdalı cücərtilərinin kök hissələrində qeydə alınan spektrlərdə əsasən ensiz sərbəst radikal siqnalları ($g=2.0023$) və nanofazalı dəmir oksidi hissəcikləri üçün ($g=2.28$) səciyyəvi olan geniş EPR siqnalları müşahidə edilmişdir. C3 bitkisi olan buğda cücərtilərindən fərqli olaraq, C4 bitkisi olan qarğıdalı

cücərtilərindən kök hissələrindən alınan spektrlərdə qamma radiasiyanın təsiri zamanı nəzərəcarpan dəyişikliklər aşkar olunmamışdır. Kontrol və müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalanmış qarğıdalı cücərtilərindən kök orqanlarında qeydə alınan spektrlərdə yaranan siqnalların (sərbəst radikal siqnalları və maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar) intensivlikləri demək olar ki, sabit qalmışdır. Spektrlərin interpretasiyası göstərdi ki, ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın dozasının dəyişməsi dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə məxsus olan siqnalların və sərbəst radikal siqnallarının intensivliklərinə təsir etməmişdir. Bu isə qamma radiasiya ilə şüalanmış qarğıdalı toxumlarının cücərtilərindən alınan nəticələrlə identikdir.

Növbəti təcrübələrdə stres amili kimi radiasiya amilləri ilə yanaşı müxtəlif qatılıqlarda (0,05M; 0,1M və 0,2M) NaCl məhlulu ilə yetişdirilmiş buğda və qarğıdalı toxumlarının cücərtilərindən kök hissələri EPR metodu ilə maqnit sahəsinin geniş intervalında araşdırılmışdır (şəkil 3.7.4, şəkil 3.7.6). Bütün nümunələrdə sərbəst radikalların və nanoölçülü maqnit hissəciklərinin EPR siqnalları detektə edilmişdir. Qeydə alınan siqnalların interpretasiyası göstərmişdir ki, kontrol nümunələr ilə müqayisədə müxtəlif qatılıqlarda NaCl məhlulu ilə cücərdilən nümunələrin kök hissələrindən alınan spektrlərdə nanofazalı dəmir oksidi hissəciklərini xarakterizə edən siqnalların intensivliyi daha yüksəkdir.





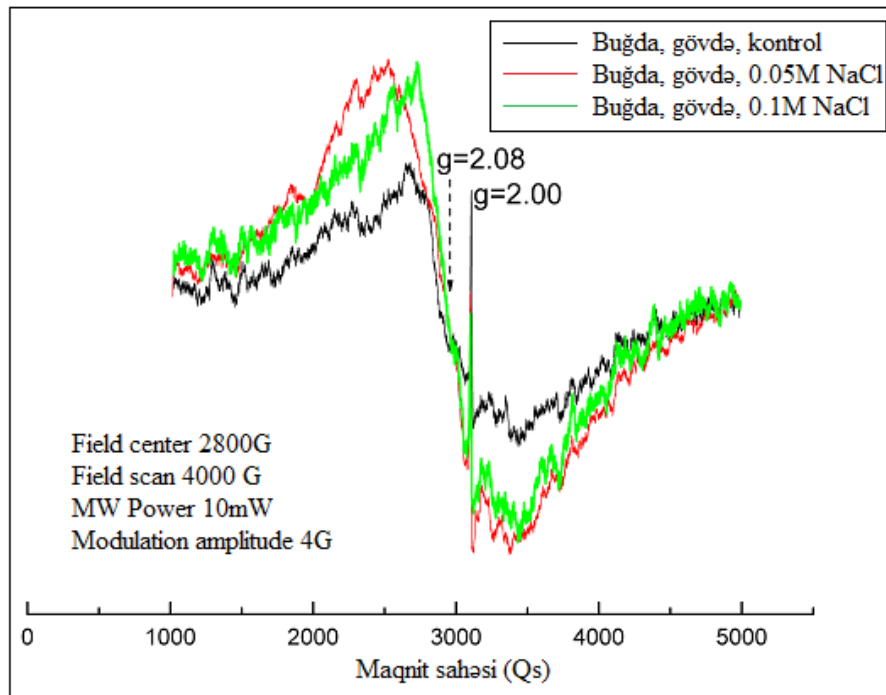
Şəkil 3.7.4. Kontrol və müxtəlif qatılıqlarda (0,05M; 0,1M və 0,2M) NaCl məhlulu ilə yetişdirilən 10 günlük buğda cücərtilərindən alınan EPR spektrləri

Duz stresinin toxumlara təsiri zamanı cücərtilərin kök orqanlarında qeydə alınan EPR siqnallarının parametrlərinin dəyişməsi qamma radiasiyanın müxtəlif dozalarının təsiri zamanı alınan nəticələrlə korrelyasiya etmişdir. Qamma radiasiyanın təsiri nəticəsində olduğu kimi, başqa bir stres amili olan müxtəlif qatılıqlarda NaCl məhlulunun təsiri nəticəsində də nanoölçülü dəmir oksidi hissəciklərinə aid olan geniş EPR siqnalları qeydə alınmışdır. NaCl məhlulunun dozasından (qatılığından) asılı olaraq xarakterik geniş EPR siqnallarının intensivliklərinin dəyişmə dinamikası bu siqnalların qamma radiasiyanın dozasından asılılıq dinamikası ilə uyğun olmuşdur.

Beləliklə, 0,05M; 0,1M və 0,2M qatılıqlarda duz məhlulunun (NaCl) təsiri kök nümunələrində də dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiyasına səbəb olmuşdur. Hadisənin mahiyyəti bundan ibarətdir ki, canlı orqanizmdə olan bağlı dəmir stres amilinin təsiri nəticəsində sərbəst dəmir formasına keçir və canlı orqanizmdə dəmir ionları yaranır. Stresin dozası artdıqca orqanizmdə dəmir ionlarının sayı daha da çoxalır. Digər tərəfdən stres amili kök orqanlarında mitoxondrilərə də təsir edərək onun tamlığının, intaktlığının pozulmasına səbəb olur. Mitoxondrilərin ENZ-də baş verən qırılmalar nəticəsində mühitə elektronlar ayrılır. Nəticədə reduksiyaedici sistem dəmir

ionlarının dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə çevrilməsinə səbəb olur. Kök orqanlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranması stres amilinin təsirinə cavab olaraq orqanizmi müdafiə məqsədi ilə yaranır. Çünki məlumdur ki, dəmir ionlarının çoxalması orqanizm üçün çox təhlükəlidir, Fenton reaksiyasına görə OFF-nın, o cümlədən sərbəst radikalların yaranmasına səbəb ola bilər. Lakin reduksiyaedici sistemin sayəsində bu prosesin qarşısı alınır və dəmir ionları nanoölçülü dəmir oksidi hissəciklərinə çevrilirlər.

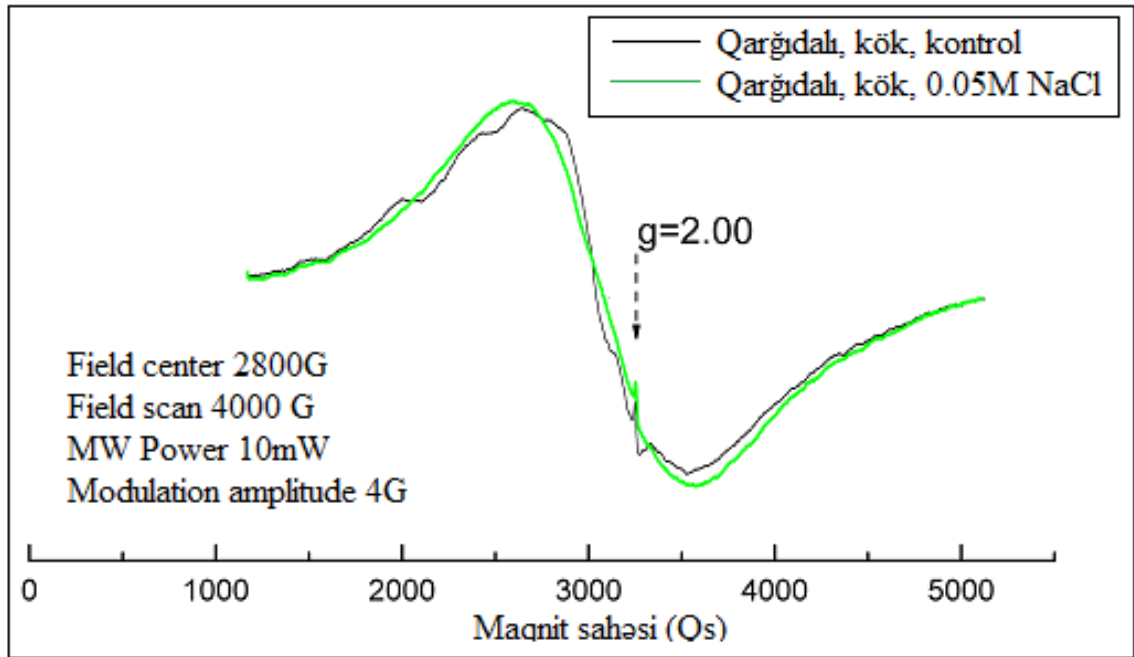
Müqayisə məqsədi ilə müxtəlif qatılıqlarda (0,05M və 0,1M) NaCl məhlulunun təsiri zamanı buğda cücərtilərini gövdələrində də paramaqnit mərkəzlər öyrənilmiş, nümunələrin EPR spektrləri maqnit sahəsinin geniş intervalında qeydə alınmışdır (şəkil 3.7.5.). EPR spektrlərinə əsasən məlum olmuşdur ki, buğda cücərtilərini gövdə hissələrində müxtəlif qatılıqlarda NaCl məhlulunun təsiri nəticəsində dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur. Aşkar edilmişdir ki, NaCl məhlulunun təsiri zamanı detektə olunan maqnit nanohissəciklərinin siqnallarının intensivliyi kontrol nümunə ilə müqayisədə daha yüksəkdir (şəkil 3.7.5.).

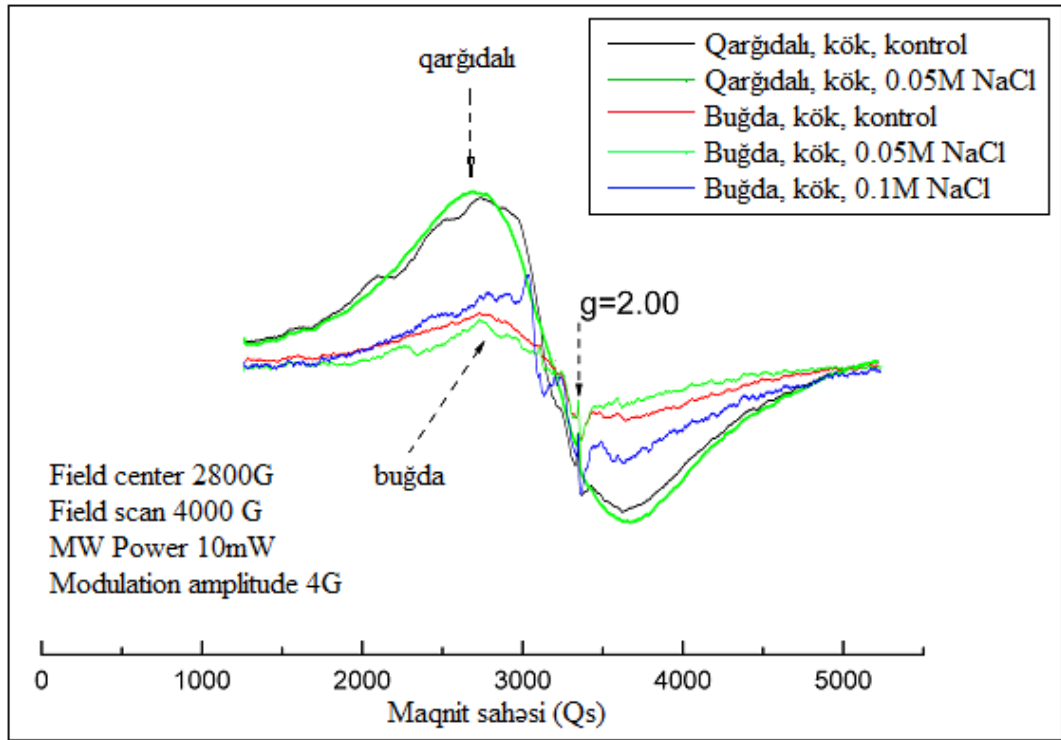


Şəkil 3.7.5. Kontrol və müxtəlif qatılıqlarda NaCl məhlulunda yetişdirilmiş buğda toxumlarının gövdələrinin EPR spektri

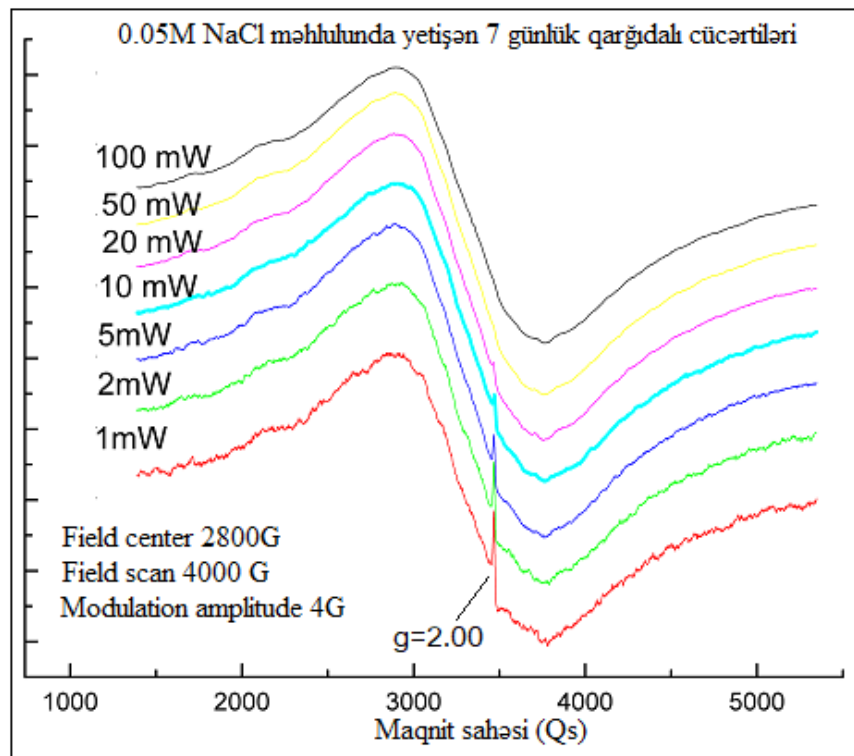
Qeyd etmək lazımdır ki, bitkinin gövdə hissəsində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin əmələ gəlməsi artıq kök nümunələrində olduğu kimi mitoxondrilərin yox, xloroplastların ENZ-də baş verən qırılmalar nəticəsində mühitə ayrılan elektronların hesabına baş verir.

Analoji təcrübələr fotosintezin C4 tipinə aid olan qarğıdalı cücərtiləri ilə də aparılmışdır (şəkil 3.7.6). Kontrol qarğıdalı nümunələrinin və 0,05 M qatılıqda NaCl məhlulu ilə cücərdilmiş qarğıdalı cücərtilərinin kök orqanlarında paramaqnit mərkəzlər müqayisəli şəkildə öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, alınan nəticələr fotosintezin C3 tipinə aid olan buğda cücərtilərinin kök orqanları ilə alınan nəticələrdən fərqli olmuşdur. Belə ki, duz stresinə məruz qalmış kök orqanlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalların intensivliyi kontrol nümunələrdən alınan siqnalların intensivliyinə uyğun olmuşdur. Burada nəzərəçarpan dəyişiklik aşkar edilməmişdir (şəkil 3.7.6).





Şəkil 3.7.6. Kontrol və 0,05 M qatılıqlarda NaCl məhlulunda yetişdirilmiş qarğıdalı toxumlarının kök orqanlarının EPR spektrləri



Şəkil 3.7.7. NaCl məhlulunda (0,05 M) yetişdirilən 7 günlük qarğıdalı cücərtilərinin kök orqanlarında İYT gücündən asılılıq spektrləri

0,05 M qatılıqda NaCl məhlulunda yetişdirilən qarğıdalı cücərtilərini kök orqanlarında spektrlərin İYT gücündən (1mVt – 100Vt) asılılığı öyrənilmişdir (şəkil 3.7.7). Sərbəst radikal siqnallarının ($g=2,0023$) intensivliyinin İYT gücündən asılı olduğu müəyyən edilmişdir.

3.8. Xloroplastlarda maqnit nanohissəciklərinin yaranması

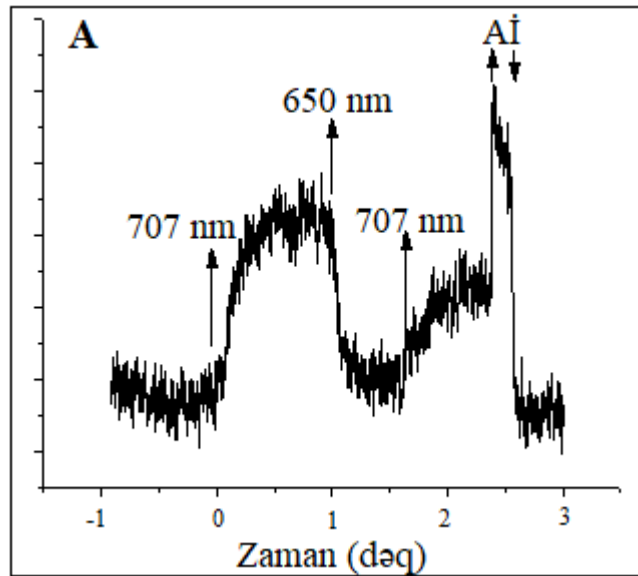
Apardığımız *in vivo* tədqiqatları belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verir ki, stres amillərinin təsiri canlı orqanizmlərdə biominerallaşma hadisəsi nəticəsində nanofazalı biogen dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin yaranmasına səbəb olur.

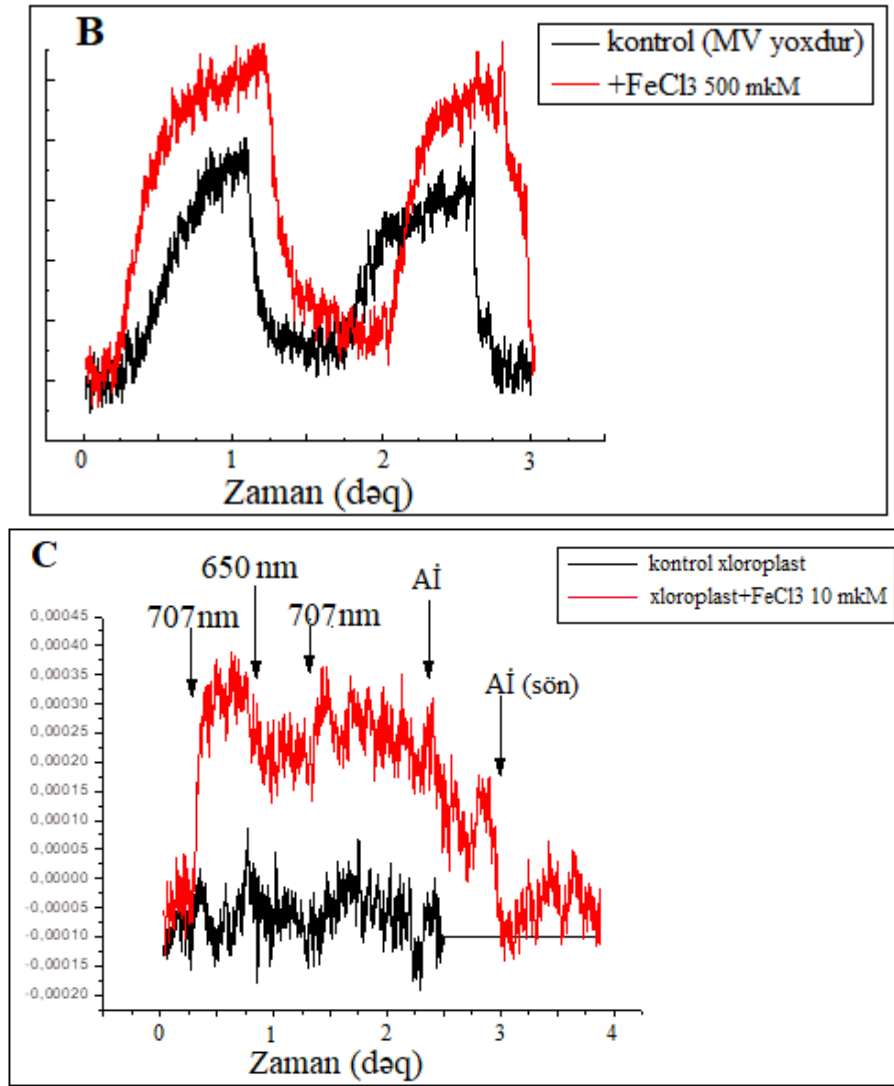
Bu hadisənin bir daha təsdiq edilməsi üçün və bütövlükdə bütün canlı sistemlərə aid olduğunu, hadisənin ümumiliyini isbat etmək üçün model sistem olaraq ali bitki yarpaqlarından (ispanaq – *Spinacia L.*) izolə edilmiş xloroplastlar ilə *in vitro* tədqiqatları aparılmışdır. Tədqiqatlarda əvvəlcə xloroplastların tilakoid membranlarında FS 1-in reaksiya mərkəzi olan P700 - ün oksidləşmə-reduksiya çevrilmələrinin kinetikasına baxılmışdır. Qeydlər EPR siqnalının davranışına əsasən müəyyənləşdirilmişdir. Kinetik ayrılar kontrol xloroplastlar və tərkibinə müxtəlif qatılıqlarda (10 mkM və 500 mkM) FeCl₃ duzu əlavə edilmiş xloroplastlar ilə öyrənilmişdir. P700 mərkəzindən alınan EPR 1 siqnalının fotoinduksiya olunmuş dəyişikliklərinin kinetikaları qeydə alınmışdır. Kinetik ayrılərin tədqiqi müxtəlif dalğa uzunluqlu işıqların təsiri zamanı tədqiq edilmişdir. Əsasən FS 1 reaksiya mərkəzini daha effektiv həyəcanlandıran və dalğa uzunluğu $\lambda=707$ nm olan uzaq qırmızı işıqın, FS 2 reaksiya mərkəzini daha effektiv həyəcanlandıran və dalğa uzunluğu $\lambda=650$ nm olan yaxın qırmızı işıqın təsirləri nəticəsində oksidləşmə-reduksiya çevrilmələrinin kinetikasına baxılmışdır. Həmçinin hər iki fotosistemi (FS 1 və FS 2) eyni dərəcədə effektiv həyəcanlandıran ağ işıqın təsirləri zamanı kinetika öyrənilmişdir (şəkil 3.8.1). FS 1 reaksiya mərkəzini effektiv həyəcanlandıran uzaq qırmızı işıqın təsiri zamanı P700 reaksiya mərkəzinin oksidləşməsi müəyyən edilmişdir [38, s.108-110]. Bir neçə saniyədən sonra EPR 1 siqnalı stasionar vəziyyətə çatmışdır. Bu zaman işıqı FS 2 – ni daha effektiv həyəcanlandıran dalğa uzunluğu $\lambda=650$ nm olan işığa keçirdikdə EPR1 siqnalının kiçilməsi müşahidə edilmişdir. Buna səbəb elektronların FS 2-dən P700⁺ - ə

axınıdır. Yenidən uzaq qırmızı işıqın verilməsi EPR 1 signalının bir qədər böyüməsinə səbəb olur. EPR 1 signalı stasionar səviyyədə olduqda ağ işıqın verilməsi nəticəsində EPR1 signalının sürətlə daha da böyüməsi müşahidə edilmişdir. Lakin ağ işığı söndürdükdə bu signalın yenidən kiçilməsi baş vermişdir ki, biz də bunu kinetik ayrılərə əsasən müəyyən edə bilirik. Oksidləşmə - reduksiya çevrilmələri həmçinin tərkibinə 500 mkM qatılıqlı FeCl₃ əlavə edilmiş xloroplastlar ilə də öyrənilmişdir (şəkil 3.8.1 B).

Müəyyən edilmişdir ki, ispanaq yarpaqlarından izoləedilmiş xloroplastlara 500 mkM dəmir duzunun əlavə edilməsi zamanı FS 1-in reaksiya mərkəzlərində reaksiyanın sürəti artır. Bu isə xloroplastda artıq elektron qəbul edən sistemin (FeCl₃) olması ilə izah oluna bilər. Şəkil 3.8.1 (C) – də kontrol xloroplast və üzərinə 10 mkM qatılıqda FeCl₃ əlavə edilmiş xloroplast nümunələrinin fotoinduksiya olunmuş dəyişikliklərinin kinetikaşı göstərilmişdir [38, s.105-111].

Kontrol xloroplastın kinetikaşına görə deyə bilərik ki, bu sistemdə artıq korlanma baş verib. Daha doğrusu ENZ işləmir.

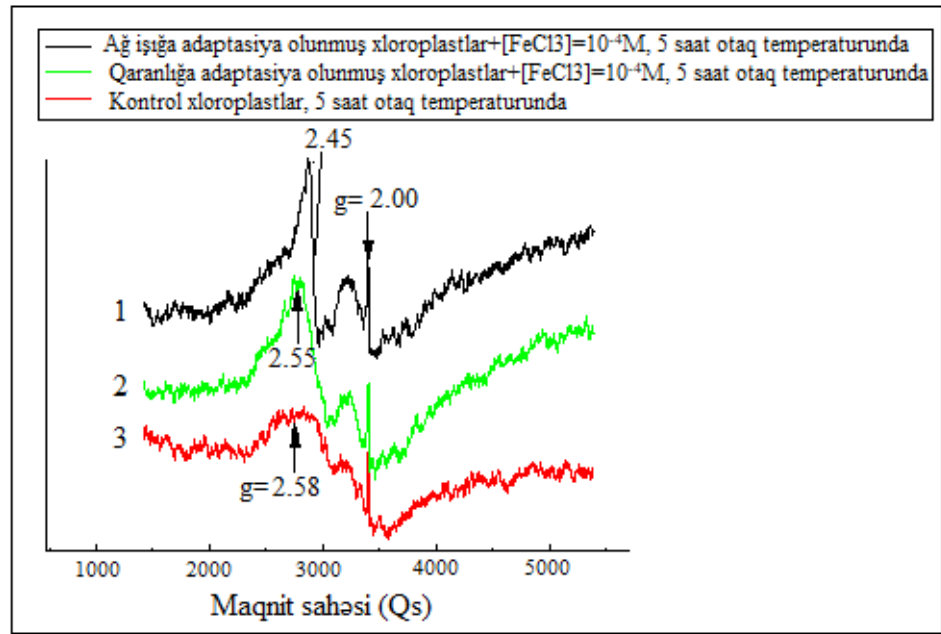




Şəkil 3.8.1. Xloroplastlarda EPR 1 siqnalının işıqla induksiya olunmuş dəyişikliklərinin kinetikasi. \uparrow və \downarrow ilə kəsilməz uzaq ($7 \times 10^{-4} \text{ C/sm}^2 \times \text{san}$) və yaxın ($10^{-4} \text{ C/sm}^2 \times \text{san}$) qırmızı işığın və ağ işığın ($4 \times 10^{-2} \text{ C/sm}^2 \times \text{san}$) uyğun olaraq yanma və sönmə anları göstərilib

Belə ki, ispanaq yarpaqlarından ayrılmış xloroplast nümunələrinə müxtəlif dalğa uzunluğuna malik olan işıqların verilməsi oksidləşmə-reduksiya çevrilmələrinin kinetikasında çox cüzi, nəzərəçarpmayan dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Şəkil 3.8.1 C – dən görüldüyü kimi tərkibinə 10 mkM FeCl₃ əlavə edilmiş xloroplast nümunələrində dalğa uzunluğu $\lambda=707$ olan uzaq qırmızı işığın təsiri zamanı artıq FS 2 – nin reaksiya mərkəzi olan P700 – ün oksidləşməsi baş verir. Buna səbəb isə sistemdə elektron qəbul edən sistemin az qatılıqda olması ola bilər [143, s.67-68]. Daha sonra müxtəlif spektral tərkibli işıqların təsiri ilə kinetikada zəif dəyişikliklər yaranır.

Xloroplastlarla aparılan növbəti təcrübələrdə ispanaq yarpaqlarından ayrılmış xloroplast suspenziyaları ağ işığa (şəkil 3.8.2 -1) və qaranlığa (şəkil 3.8.2 -2) adaptasiya olunduqdan sonra onlara 10^{-4} M qatılıqda FeCl_3 məhlulu əlavə edilmiş və hazırlanmış məhlul beş saat otaq temperaturunda saxlandıqdan sonra maqnit sahəsinin geniş diapazonunda onların EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Eyni zamanda kontrol xloroplastlar da beş saat otaq temperaturunda saxlandıqdan sonra (şəkil 3.8.2 -3) onların EPR spektrləri çəkilmişdir.



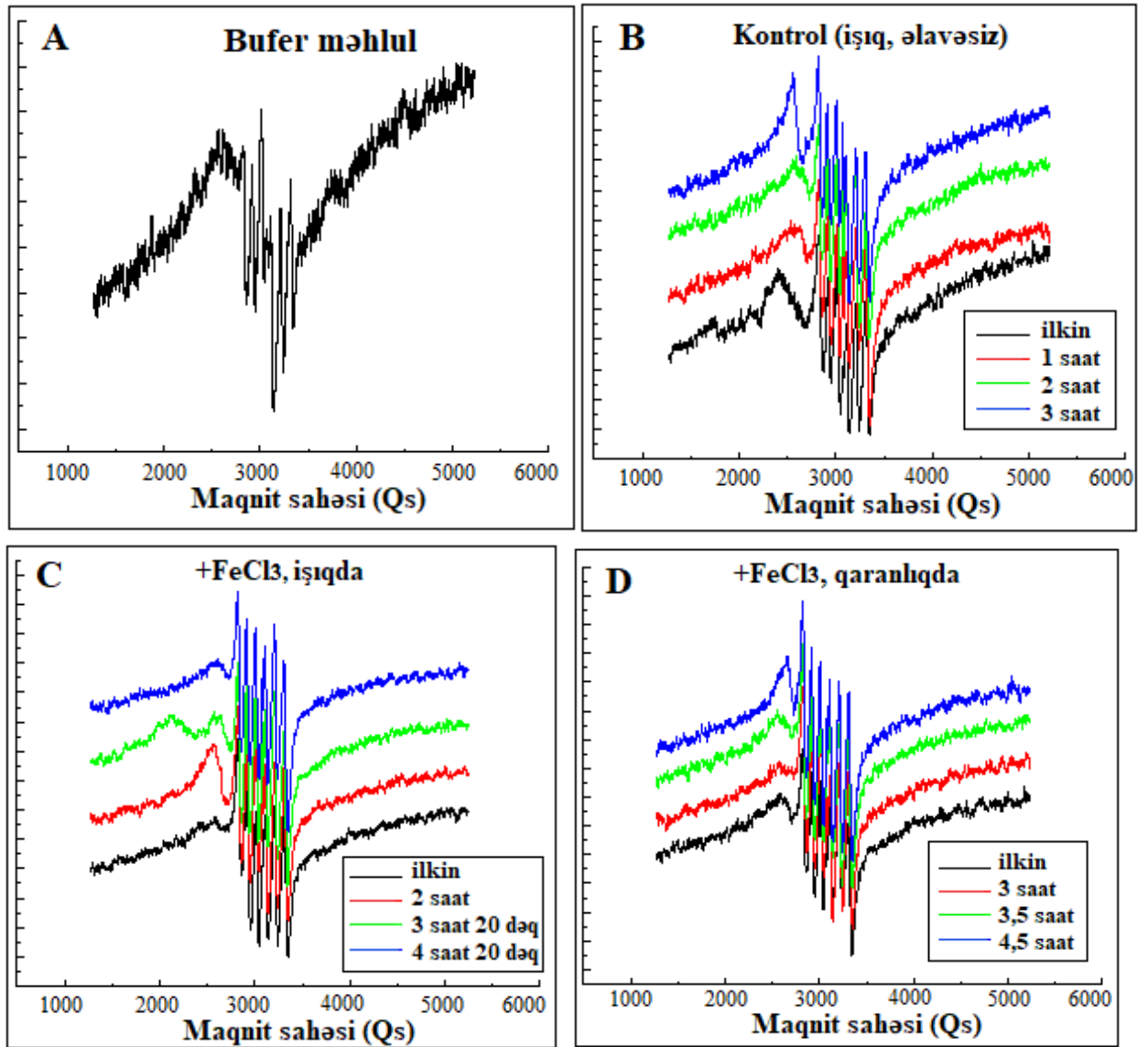
Şəkil 3.8.2. İspanaq yarpaqlarından ayrılmış xloroplastların EPR spektrləri.

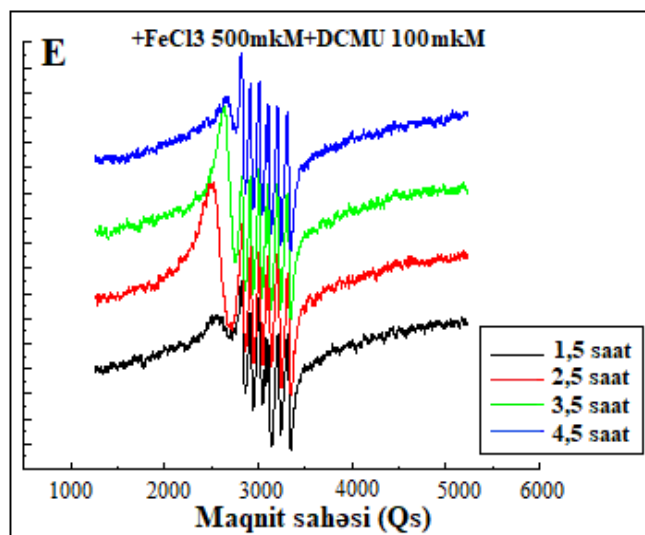
1. Ağ işığa adaptasiya olunmuş xloroplastlar+[FeCl_3]= 10^{-4} M, 5 saat otaq temperaturunda. 2. Qaranlığa adaptasiya olunmuş xloroplastlar+[FeCl_3]= 10^{-4} M, 5 saat otaq temperaturunda. 3. Kontrol xloroplastlar, 5 saat otaq temperaturunda

Məlum olmuşdur ki, dəmir ionlarının yüksək qatılığı xloroplastların aqreqasiyasına və onların fotosintetik aktivliyinin inhibirləşməsinə səbəb olur. Xloroplast suspenziyaları işıqda saxlandıqda və onlara FeCl_3 məhlulu əlavə edildikdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranma effekti aşkar edilmişdir ($g=2,45$). Bu o deməkdir ki, xloroplastların tilakoid membranlarında baş verən elektron nəqliyyatı Fe^{3+} ionlarının reduksiyasına, eyni zamanda molekulyar oksigenin (O_2) mühitdə varlığı dəmir oksidi nanohissəciklərinin əmələ gəlməsinə səbəb olur [186, s.171]. Bu da

xarakterik EPR siqnallarının generasiyası ilə müşahidə edilir. Başqa sözlə, deyə bilərik ki, biominerallaşma hadisəsi fotosintezin işıq mərhələsi hesabına baş verir.

Eyni zamanda bufer məhlulun (şəkil 3.8.3 A), kontrol xloroplastın (əlavəsiz, ağ işıqda) (şəkil 3.8.3 B), FeCl_3 əlavə edildikdən sonra xloroplastların ayrı-ayrılıqda ağ işıqda (şəkil 3.8.3 C) və qaranlıqda (şəkil 3.8.3 D), həmçinin DCMU – nun (diuron) iştirakı ilə müxtəlif zaman müddətlərinə adaptasiya olunduqdan sonra (şəkil 3.8.3 E) EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 3.8.3). Spektrlərdə manqan ionlarının yüksək incə quruluşlu altikomponentli siqnalları və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin xarakterik geniş EPR siqnalları müşahidə edilmişdir.

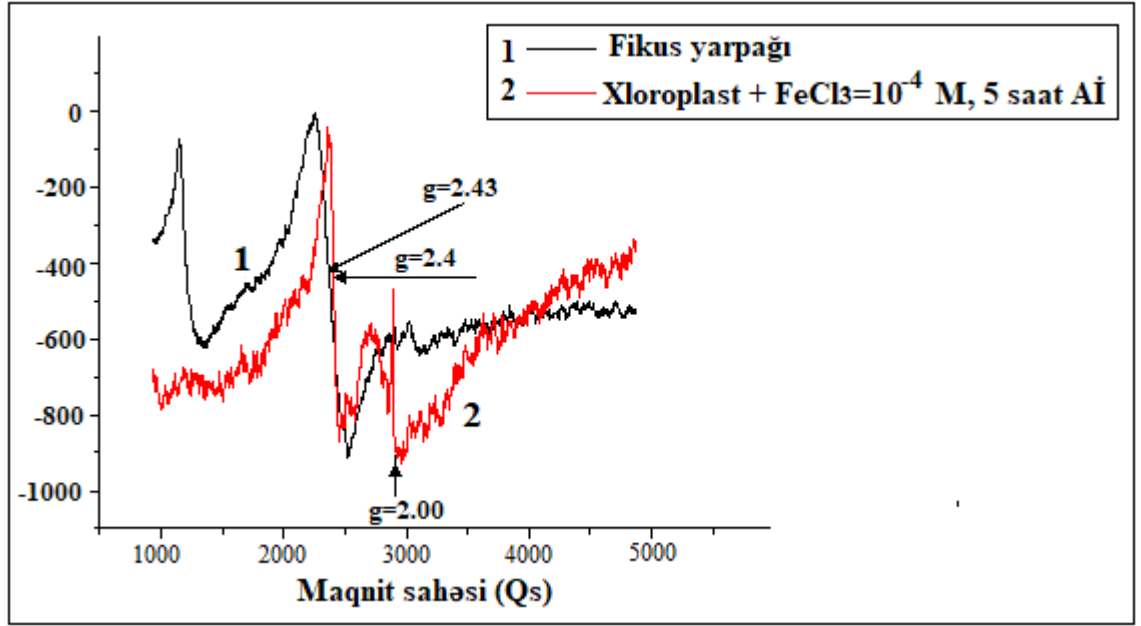




Şəkil 3.8.3. Bufer məhlulun və müxtəlif şəraitlərə müxtəlif müddətlərdə adaptasiya olunan xloroplastların EPR spektrləri: A – bufer məhlul; B -kontrol; C - işıq+FeCl₃; D - qaranlıq+FeCl₃; E - FeCl₃ 500 mkM + DCMU 100 mkM

Göründüyü kimi 100 mkM DCMU əlavə edilməsi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalın intensivliyinin yüksəlməsinə səbəb olmuşdur. Ola bilsin ki, diuronun əlavəsi FS 2 səviyyəsində ENZ-nin inhibirləşməsi, üç valentli dəmir ionlarının reduksiya sürətinin dəfələrlə yüksəlməsinə səbəb olur. Nəticədə yaranan maqnit nanohissəciklərinin qatılığının artması isə işıqda EPR siqnallarının generasiyasına səbəb olur. Bu faktın varlığı izolə edilmiş xloroplastlarda işıq kvantlarının hesabına müəyyən destruksiyaya məruz qalmış ENZ-nin dəmir ionlarının reduksiyasında rolunu göstərir.

Model təcrübələrdə biominerallaşma hadisəsini izah etmək üçün izolə edilmiş xloroplastların EPR spektrləri intakt xloroplastların EPR spektrləri ilə müqayisə edilmişdir (şəkil 3.8.4). İspanaq (*Spinacia L.*) yarpaqlarından izolə edilmiş xloroplastların dəmir duzu əlavə edilmiş nümunələrinin (+ FeCl₃ + 5 saat Aİ) və təzə fikus (*Ficus benjamina L.*) yarpaqlarının spektrləri çəkilmiş və müqayisə edilmişdir (şəkil 3.8.4). Məlum olmuşdur ki, *in vitro* tədqiqatları zamanı dəmir duzlarının əlavəsi ilə işıq kvantlarının təsiri nəticəsində yaranan EPR siqnallarında ($g=2,4$) siqnalın eni təzə bitki yarpağından alınan siqnalın eninə nəzərən təqribən üç dəfə kiçik olmuşdur.



Şəkil 3.8.4. Fikus yarpağının (1) və 5 saat Aİ adaptasiya olunan, FeCl₃ əlavə edilmiş xloroplast məhlulunun (2) EPR spektrləri

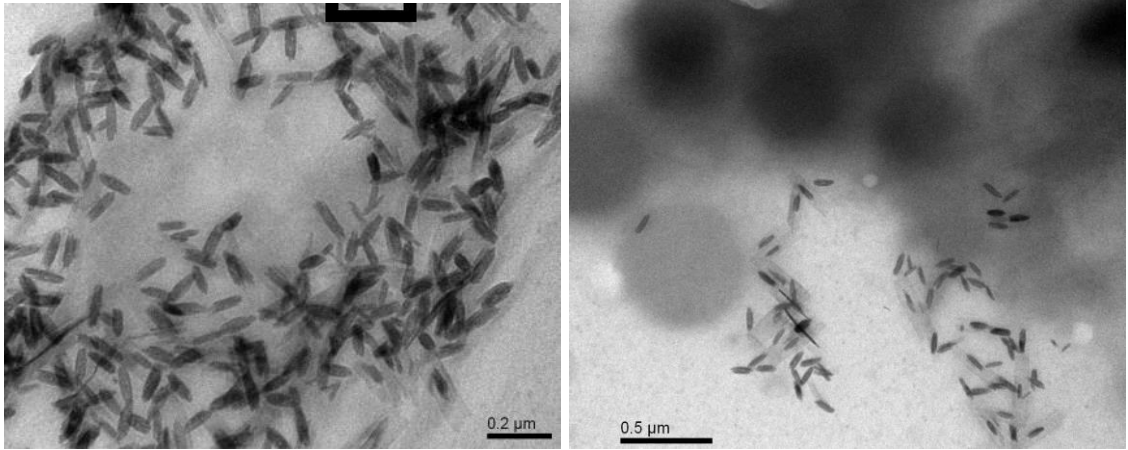
Ehtimal etmək olar ki, maqnit nanohissəciklərinə məxsus olan siqnalın əmələ gəlməsi fazaları (Fe₃O₄, γ-Fe₂O₃ və s.) stabil olmayıb dəyişkənliyə məruz qalırlar. Hətta maqnetit nanohissəcikləri magemit hissəciklərinə çevrilə bilər və yaxud əksinə. Onların paramaqnetizmi müxtəlif olduğundan müəyyən zaman ərzində siqnalın amplitudu həm böyüyə, həm də kiçilə bilər.

Şəkildən görüldüyü kimi hər iki nümunədə maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnal qeydə alınmışdır. Lakin g-faktorların üst-üstə düşməsinə baxmayaraq, fikus yarpaqlarında alınan siqnalın eninin əhəmiyyətli dərəcədə böyük olduğu müəyyən edilmişdir. Təcrübələr göstərdi ki, ispanaq yarpaqlarından ayrılmış xloroplastlarda maqnit nanohissəciklərinin fotoinduksiya olunmuş generasiyası baş verir. Müəyyən olundu ki, bioloji sistemlərdə müəyyən stre təsir şəraitində, dəmir ionlarının iştirakı ilə dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri (Fe₃O₄ - maqnetit və ya γ-Fe₂O₃ - magemit) generasiya oluna bilər.

EPR üsulu ilə aşkar olunan maqnit nanohissəciklərinin generasiya olunması Keçirici Elektron Mikroskopiyası (KEM) üsulunun köməyi ilə vizual olaraq sübut edilmiş, alınan nəticələr bir daha öz təsdiqini tapmışdır. Belə ki, ispanaq

yarpaqlarından ayrılmış xloroplastlarda yaranan maqnit nanohissəciklərini vizual olaraq görmək mümkün olmuşdur (şəkil 3.8.5).

Müəyyən edilmişdir ki, bitkilərdə maqnit nanohissəciklərinin əmələ gəlməsi onların fotosintetik aparatının fəaliyyəti ilə əlaqəli ola bilər və onların inkubasiyası zamanı nümunələrin işıqlandırma şəraitindən asılıdır.



Şəkil 3.8.5. İspanaq (*Spinacia L.*) yarpaqlarından izolə edilmiş xloroplast məhlullarının dəmir duzu əlavə olunmuş nümunələrinin KEM təsviri

İzolə edilmiş xloroplast məhlulları ilə aparılan bütün təcrübələrin nəticələri biominerallaşma hadisəsi haqqında və dəmirin metabolizmi haqqında normal və ya patoloji vəziyyətdə yeni informasiya verir.

Alınmış nəticələrə əsaslanaraq belə bir qənaətə gələ bilərik ki, bitkilərdə və xloroplastlarda dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiyası xüsusi şəraitdə mümkündür: ilk növbədə mühitdə dəmirin miqdarı çox olmalıdır və mühitdə reduksiyaedici sistem yaranmalıdır. Belə şəraitdə dəmir nanozədələnmiş divarlardan daxilə sızaraq elektron nəqliyyat zəncirinə çata bilər və 3-valentli dəmirdən 2-valentli dəmirə reduksiya oluna bilər. Nəticədə daha sonra dəmir tərkibli maqnit nanohissəciklərinin yaranması baş verə bilər. Eyni zamanda stres təsir nəticəsində bitkilərdə xloroplastların ENZ-də baş verən qırılmalar və mühitə elektronların axını reduksiyaedici sistemin vasitəsilə dəmir ionlarının dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə çevrilməsinə gətirib çıxardır. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, mühitdə dəmirin həddindən artıq çoxluğu, onların xloroplastın membranının ətrafında

daha çox miqdarda toplanmasına və bununla da onun məhvinə gətirə bilər [37, s.37-39].

Alınan nəticənin mühümlüyü və əhəmiyyəti müxtəlif canlı sistemlərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin stres amillərinin təsiri zamanı biogen yolla yaranması hadisəsi ilə bağlıdır. Nanofazalı dəmir oksidlərinin biogen yaranması bir sıra patologiyalar, o cümlədən mühüm fizioloji proseslər ilə əlaqəlidir. Belə ki, son illərdə belə nanohissəciklər neyrodegenerativ xəstəliklərdən əziyyət çəkən insanlarda, əsasən də onların beyin orqanlarında aşkar olunmuşdur [147, s.1]. Alınmış nəticələr biominerallaşma hadisəsinin tədqiqi ilə bağlı olan elmi istiqamətin inkişafı və bioloji sistemlərdə qeyri-üzvi nanofazalı maqnit hissəciklərinin yaranması üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir [186, s.177].

3.9. Lənkəranda bitən bəzi bitki növlərində paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi

Araşdırmalarımız Abşeron yarımadası üçün xarakterik olan müxtəlif bitki növləri ilə yanaşı, müqayisəli təhlil məqsədi ilə respublikamızın başqa ərazilərində və həmçinin respublikamızdan kənar müəyyən ərazilərdə geniş yayılmış bir neçə qiymətli bitki növləri ilə davam etdirilmişdir.

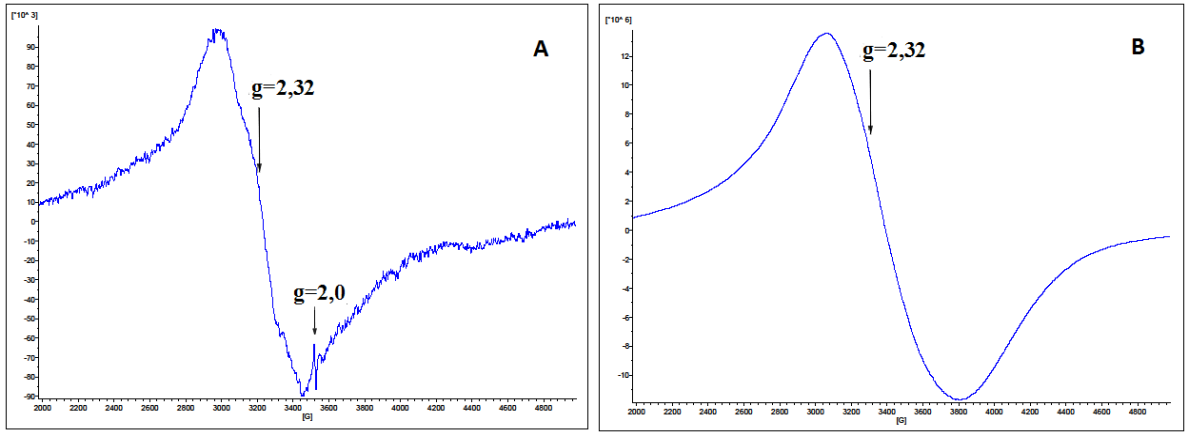
Abşeron yarımadası üçün xarakterik olan bir çox bitki növlərində apardığımız paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi göstərdi ki, stres amillərinin təsiri nəticəsində bu bitkilərdə biominerallaşma hadisəsi hesabına biogen kristallik dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur və bu nanohissəciklər onlarda yeni maqnit xassələrinin yaranmasına səbəb olur. Alınan nəticələr tətbiq baxımından çox mühüm və əhəmiyyətliyə malikdir. Belə ki, onların tətbiqi ilə canlı sistemlərdə müəyyən qədər stres təsir nəticəsində nanofazalı maqnit hissəcikləri yaratmaq mümkündür ki, bu da biotibbi tətbiq baxımından çox böyük önəm daşıyır. Eyni zamanda stres amillərinin təsiri zamanı qeydə alınan siqnalların parametrlərinin ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsində istifadəsi də çox əhəmiyyətlidir [188, s.9-10], [182, s.198-199].

Bununla əlaqədar olaraq alınan nəticələrin müqayisəli təhlilini vermək üçün, eyni zamanda stres zamanı bütün canlı sistemlərdə maqnit xassələrinin yaranması hadisəsinin ümumiliyini göstərmək üçün Abşeron yarımadası ilə yanaşı, həmçinin

respublikamızın başqa bölgələrinə də müraciət etmişik və bu tədqiqatlarda ərazi olaraq Lənkəranı seçmişik. Məhz Lənkəran ərazisinin seçilməsinə səbəb odur ki, bu ərazi müxtəlif növ bitkilərlə - sitrus bitkiləri, həmişəyaşıl ağaclar, müxtəlif dərman bitkiləri, müxtəlif növ çay bitkiləri ilə çox zəngindir.

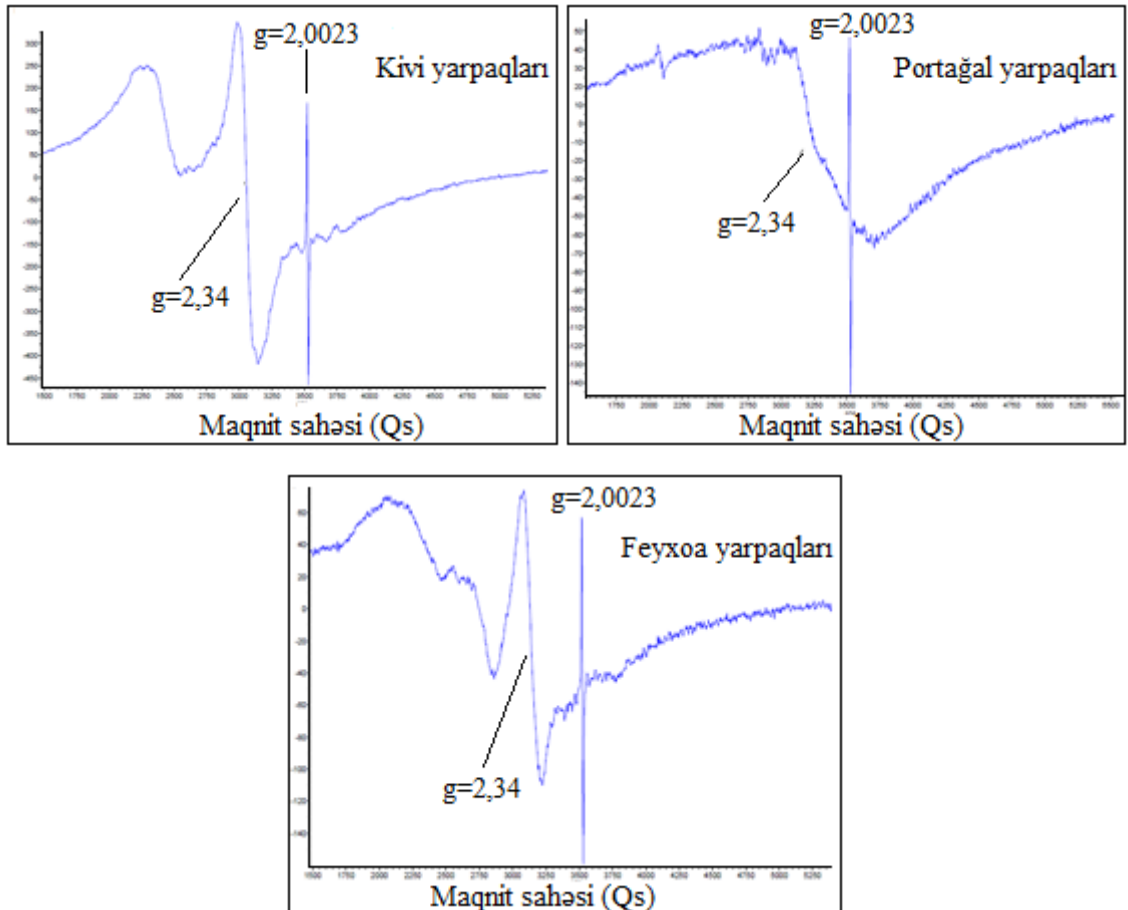
Lənkəran ərazisində çox yetişdirilən müxtəlif bitki növlərini (yarpaqlarını) EPR metodu ilə tədqiq etmişik. Aparılan təcrübələrdə tədqiqat obyektini olaraq Lənkəran torpaqlarında geniş yayılmış, vitaminlərlə zəngin olan limon, portağal, narıngi, kivi və feyxoa meyvə ağaclarının yarpaqları, maqnoliya, zeytun və evkalipt həmişəyaşıl ağac növlərinin yarpaqları və müxtəlif növ (qara çay, yaşıl çay, Lənkəran çayı) çay yarpaqları olmuşdur. Bundan başqa yuxarıda adları çəkilən bitki növlərinin bitdikləri sahələrdən götürülmüş torpaq nümunələrində də paramaqnit mərkəzlər qeydə alınmışdır. Bütün ərazilərdə dozimetrik ölçmələr aparılmış, radiometr-dozimetr vasitəsilə ekspozisiya dozasının gücü təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, həmin ərazilərdə radiasiya fonu 2-4 mkR/saat intervalında dəyişir. Bu rəqəm də respublikamız üçün təbii radiasiya fonuna uyğundur. Lənkəran ərazisindən yığılmış müxtəlif növ bitki nümunələrində paramaqnit mərkəzlər EPR spektrometrində (VARIAN E-4 –ABŞ, Bruker – Almaniya) otaq temperaturunda (293K) qeydə alınmışdır.

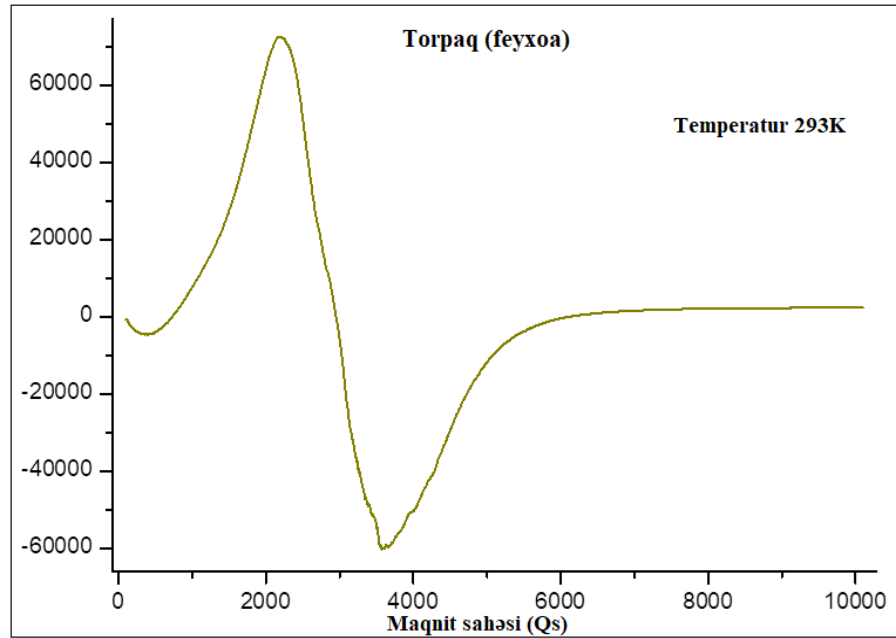
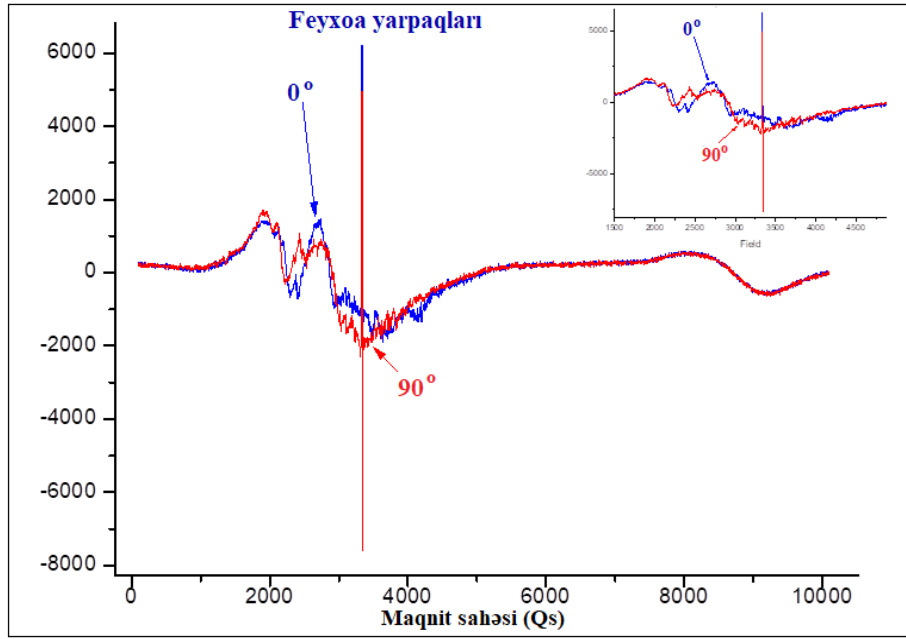
Şəkil 3.9.1 (A) - da maqnit sahəsinin geniş intervalında limon bitkisinin qurudulmuş yarpaqlarından aldığımız spektr göstərilmişdir. Göründüyü kimi maqnit sahəsinin geniş intervalında limon yarpaqlarında qeydə alınan spektrdə iki müxtəlif siqnallar detektə edilmişdir: bunlardan biri dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin EPR siqnalı ($g \approx 2,32$; $\Delta H \approx 500$ Qs), digəri isə sərbəst radikalları ($g \approx 2,0023$) xarakterizə edən ensiz EPR siqnalıdır (şəkil 3.9.1 A). Beləliklə, parametrlərinə görə aldığımız geniş EPR siqnalının Abşeron yarımadası üçün xarakterik bitki növlərində detektə etdiyimiz siqnallara uyğun olduğunu aşkar edirik. Qeydə alınmış siqnalların parametrləri limon yarpaqlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin mövcud olduğunu göstərir. Eyni zamanda bitkinin bitdiyi sahədən toplanan torpaq nümunələrində də dəmir komponentlərini xarakterizə edən paramaqnit mərkəzlərin EPR siqnalları müşahidə edilmişdir (şəkil 3.9.1 B).



Şəkil 3.9.1. Limon bitkisinin qurudulmuş yarpaqlarından (A) və onun bitdiyi yerdə torpaq nümunəsindən (B) alınan EPR spektrləri

Limon bitkisi ilə yanaşı Lənkəranda geniş yayılmış vitaminlərlə zəngin kivi, portağal və feyxoa kimi meyvə ağaclarının da yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmişdir. Qeydə alınan EPR spektrləri bu bitkilərdə də dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin formalaşdığını göstərir (şəkil 3.9.2).





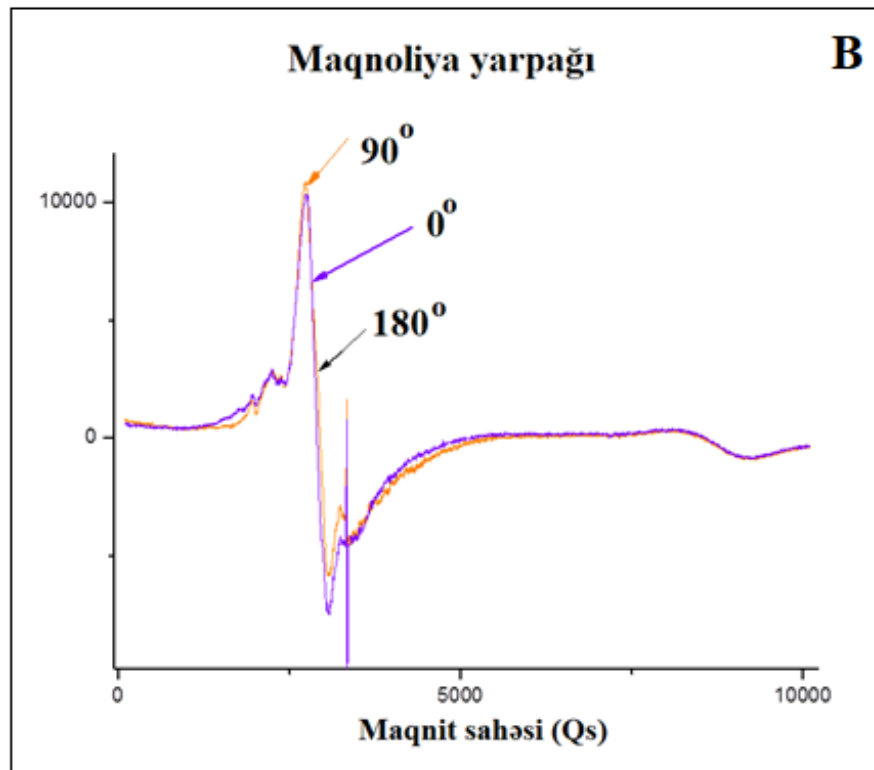
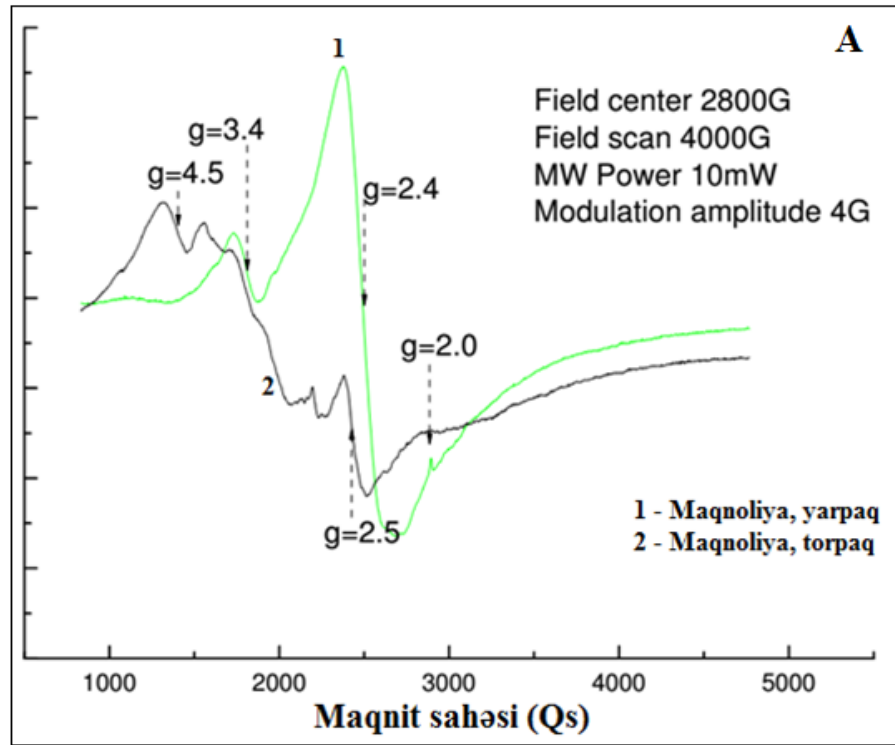
Şəkil 3.9.2. Kivi, portağal, feyxoja yarpaqlarının və feyxoja bitən sahədən götürülən torpaq nümunlərinin EPR spektrləri

Spektrlərdən görüldüyü kimi bu bitkilərin də spektrlərində sərbəst radikal siqnalları ($g=2,0023$) və dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri üçün səciyyəvi geniş EPR siqnalları ($g=2,34$) qeydə alınmışdır (şəkil 3.9.2). Eyni zamanda feyxoja bitkisinin yarpaqları müxtəlif bucaq variasiyalarında tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, spektrometrin rezonatorunda feyxoja yarpaqlarının nümunələri yerləşən kvarts ampulanı 90° bucaq altında döndərən zaman dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə

edən geniş EPR signalı yerini və formasını bir qədər dəyişir. Feyxo ağacının bitdiyi yerdən toplanan torpaq nümunələrində də dəmir komponentlərini xarakterizə edən paramaqnit mərkəzlərin EPR signalları müşahidə edilmişdir.

Bundan başqa Lənkəran ərazisində geniş yayılmış həmişəyaşıl maqnoliya, zeytun və evkalipt ağaclarının yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir. Maqnoliyanın yarpaqlarının və onun bitdiyi sahədən götürülmüş torpaq nümunələrinin EPR spektrləri (şəkil 3.9.3 A) araşdırılmışdır. Nəticədə müəyyən olunmuşdur ki, əvvəlki paraqraflarda araşdırılan bitkilərdə olduğu kimi müxtəlif ətraf mühit çirkləndiricilərinin təsirinə məruz qalmış maqnoliya yarpaqlarının spektrlərində də üç müxtəlif signal detektə olunur. Şəkil 3.9.3.A – dan görüldüyü kimi parametrləri $g=2,4$ və $\Delta H=400-450$ Qs olan geniş EPR signalı spektrdə əsas yeri tutur. Maqnit sahəsinin geniş intervalında (1000-5000 Qs) qeydə alınan spektrdə geniş EPR signalı ilə yanaşı ensiz sərbəst radikal signalı ($g=2,0023$) və üçvalentli dəmir komplekslərinə məxsus olan kiçik intensivlikli signal ($g=4,5$) da müşahidə edilmişdir.

Maqnoliyanın bitdiyi yerdən götürülmüş torpaq nümunələrinin EPR spektrlərindən görünür ki, torpaqda yaranan xarakterik geniş EPR signalının intensivliyi bitkilərdə alınan signalların amplitudlarına nəzərən təqribən dörd dəfə kiçikdir. Bu nəticə ilə bir daha sübut edirik ki, EPR metodu ilə bitkilərdə aşkar etdiyimiz nanoolçülü dəmir oksidi maqnit hissəcikləri məhz bitkinin özündə stres amillərinin təsiri nəticəsində generasiya olunurlar. Buna baxmayaraq, biz nanohissəciklərin bitkilərə torpaqdan da toplana bilməsi faktını inkar etmirik və deyə bilərik ki, əgər torpaqda və yaxud ümumiyyətlə, bitkinin yetişdiyi mühitdə maqnit nanohissəcikləri varsa onlar bitkinin müxtəlif orqanlarına, o cümlədən də yarpaqlara toplana bilər. Lakin bu çox cüzi miqdarda ola bilər [182, s.193]. Bitkilərdə aşkar etdiyimiz maqnit nanohissəcikləri əsasən stres amillərinin təsiri ilə yaranırlar ki, biz də onların EPR signallarını detektə edirik.

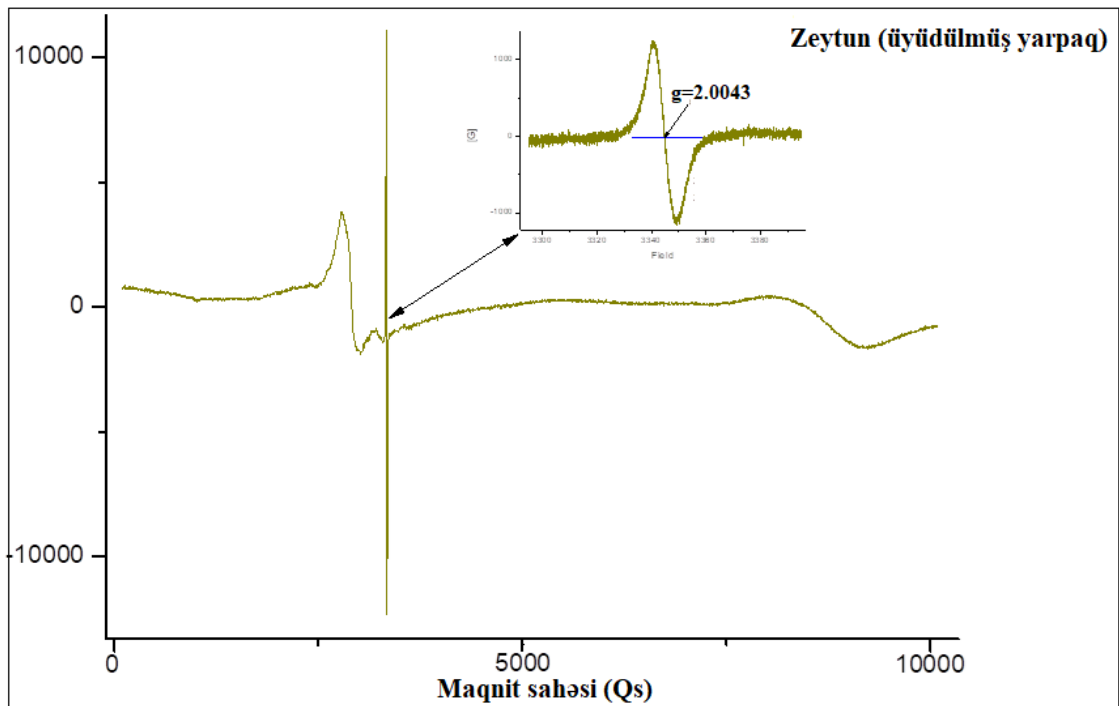


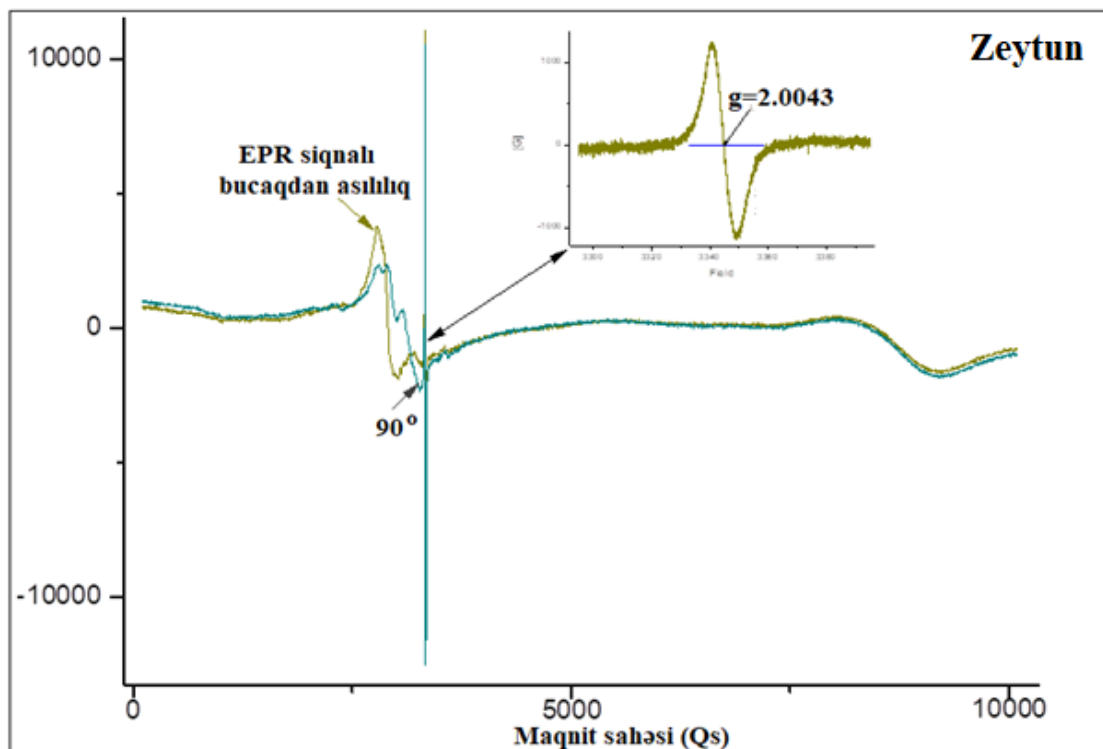
Şəkil 3.9.3. A - Maqnoliyanın yarpaqlarında (1) və həmin ərazinin torpaq nümunələrində (2) alınan EPR siqnalları. B - Maqnoliyanın qurudulmuş yarpaqlarının müxtəlif bucaq variyasiyalarında EPR spektrləri

Maqnoliya yarpaqlarında alınan siqnallar müxtəlif bucaq variyasiyalarında (90°, 180°) tədqiq edilmişlər (şək.3.9.3 B). Müəyyən edilmişdir ki, nümunələr yerləşən kvarts

ampulanın müxtəlif bucaq dəyişmələri zamanı qeydə alınan ERP spektrlərinin quruluşunda müəyyən dəyişikliklər yaranır (şəkil 3.9.3 B).

Eyni zamanda həmişəyaşıl bitkilərdən zeytun (*Olea L.*) və evkalipt (*Eucalyptus L.*) yarpaqlarının EPR spektrləri maqnit sahəsinin həm dar, həm də geniş intervalında qeydə alınmışlar. Nümunələrin spektrləri müxtəlif bucaq variyasiyalarında tədqiq edilmişlər (şəkil 3.9.4, şəkil 3.9.5). Zeytun yarpaqlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri üçün xarakterik geniş siqnal və $g=2,00$ olan dar siqnal müşahidə edilmişdir. Sərbəst radikal siqnalının intensivliyinin geniş EPR siqnalının intensivliyi ilə müqayisədə çox yüksək olduğu müşahidə edilmişdir. Həmçinin geniş EPR siqnallarının bucaqdan asılılıqları da öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, zeytun yarpaqlarında müxtəlif bucaq oriyentasiyalarında qeydə alınan dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş siqnallar maqnoliya yarpaqlarında qeydə alınan siqnallarda olduğu kimi maqnit anizotropiyasına malikdirlər (şəkil 3.9.4).

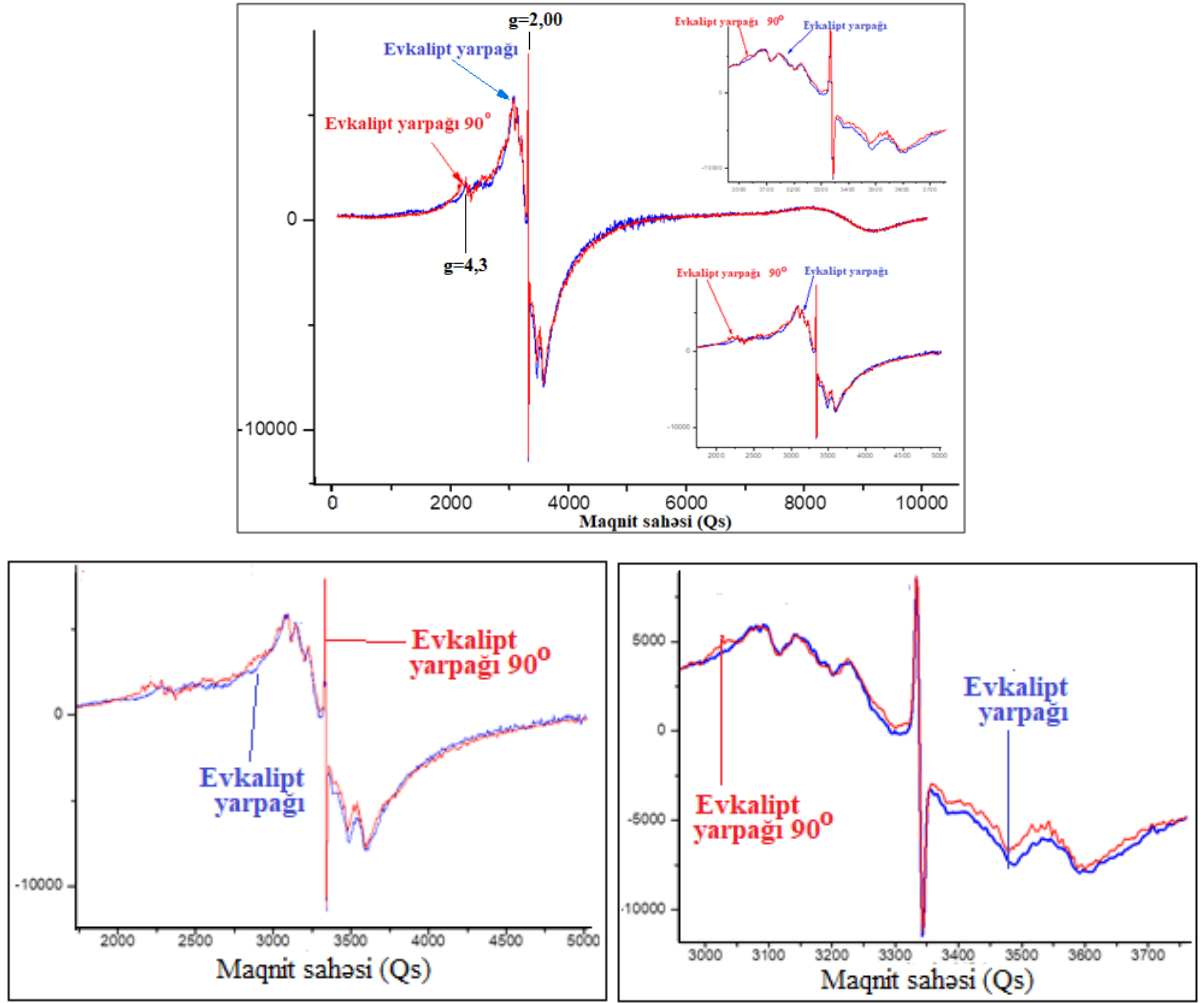




Şəkil 3.9.4. Zeytun yarpaqlarının EPR spektrləri

Müəyyən edilmişdir ki, spektrometrin rezonatorunda nümunələr yerləşən ampula qoriometr vasitəsi ilə 90° döndərilən zaman EPR siqnalı rezonans sahədə bir qədər sağ tərəfə yerini dəyişmiş, 180° döndərdikdə isə yenidən öz əvvəlki vəziyyətinə qayıtmışdır. Siqnalların belə davranışı maqnetit (Fe_3O_4), magemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) və superparamaqnit nanohissəciklər üçün aşkar edilmişdir [5, s.26-27]. Bu isə EPR siqnalına cavabdeh paramaqnit mərkəzlərin mürəkkəb nizamlı quruluşa malik olduğunu göstərir [188, s.5-10].

Şəkil 3.9.5-də evkalipt yarpaqlarının maqnit sahəsinin müxtəlif intervallarında (0-10000 Gs, 2000-5000 Gs və 3000-3700 Gs) EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Bu spektrlər həmçinin müxtəlif bucaq variasiyalarında da (0° və 90°) tədqiq edilmişlər. Evkalipt yarpaqlarında maqnit sahəsinin geniş diapazonunda dörd tip EPR siqnalı qeydə alınmışdır: dəmir ionlarının zəif siqnalı ($g=4,3$), ensiz ($\Delta H=10$ Gs) sərbəst radikal siqnalı ($g=2,0023$), manqan ionlarının yüksək incə quruluşa malik olan altıkomponentli siqnalı ($g=2,01$) və antioksidant ferment olan superoksiddismutazanı xarakterizə edən siqnal (parametrləri $g_1 \approx 2,34$; $\Delta H_1 \approx 260$ Gs və $g_2 \approx 2,22$; $\Delta H \approx 380$ Gs olan iki siqnalın superpozisiyası olur).



Şəkil 3.9.5. Evkalipt yarpaqlarının EPR spektrləri

SOD - u xarakterizə edən siqnalın və altikomponentli manqan ionlarının siqnalının superpozisiyasından ibarət olan siqnalın qeydə alınması evkalipt yarpaqlarının antioksidant xassələrə malik olduğunun göstəricisi ola bilər. Ədəbiyyatdan da məlumdur ki, evkalipt yarpağı zəngin kimyəvi tərkibə malikdir. Onun tərkibində üç faizə qədər efir yağı, flavonoidlər, aşı və qətran maddələri, üzvi turşular və başqa maddələr vardır. Efir yağının isə polifenol birləşmələrinin antiseptik, antibakterial, iltihabəleyhinə, ağrıkəsici təsirə malik olduğu tibbə çoxdan məlumdur [110, s.467363], [102, s.1-2].

Bundan başqa, ədəbiyyat məlumatlarına görə evkalipt yarpaqlarının dəmləməsi antiseptik təsir vasitəsidir, müalicəvi təsirə malikdir və buna görə də effektiv dərman bitkisi kimi iltihab əleyhinə istifadə olunur [230, s.52-53], [212, s.60], [98, s.1678].

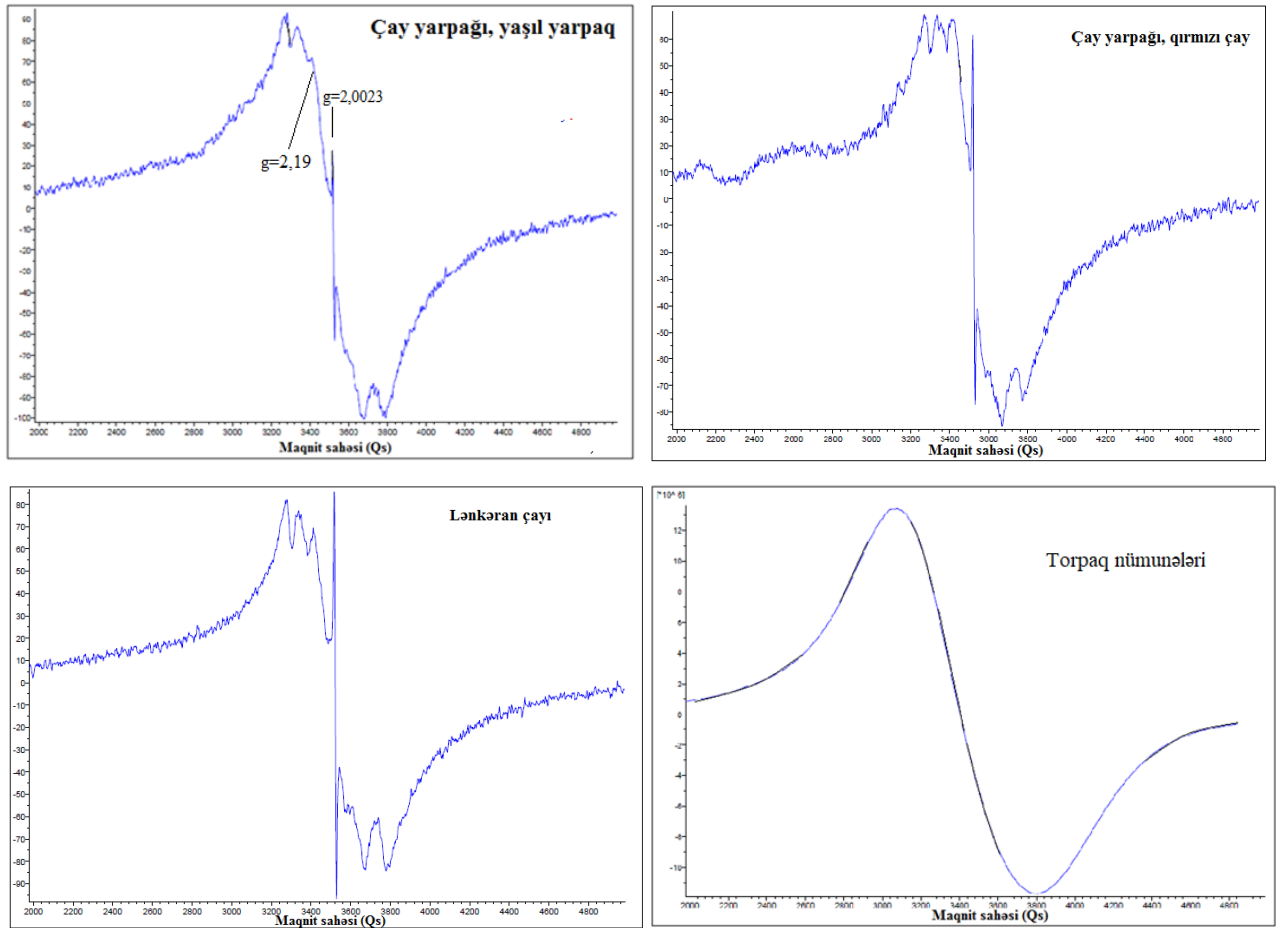
Bizim təcrübələrdə də EPR metodu ilə maqnit sahəsinin geniş intervalında evkalipt yarpaqlarında aldığımız SOD-u xarakterizə edən siqnalların qeydə alınması bunları bir daha təsdiq edir. *Sonrakı təcrübələr Lənkəran ərazisində geniş yayılmış müxtəlif növ çay bitkilərinin yarpaqları ilə aparılmışdır.*

Məlumdur ki, Azərbaycanın bitkilər aləmi ilə zəngin Lənkəran zonası çay istehsalının 90%-ni təşkil edir. Çay son dərəcə faydalı və əvəzolunmaz məhsuldur. Çayın tərkibi müxtəlif vitaminlər (C, B1, B2, P, PP, K, E), zülallar və amin turşuları ilə zəngindir. Sübut edilmişdir ki, çayın tərkibində onlarla kimyəvi qrupa aid olan maddələrin elementləri mövcuddur. Bura efirli yağlar, alkaloidlər, flavonoidlər, vitaminlər və s. aiddir [200, s.3285], [196, s.1195-1196]. Alimlər çay yarpaqları ilə apardıqları elmi tədqiqatlardan sonra çayın müxtəlif infeksiya xəstəliklərinə qarşı əhəmiyyətini və ümumiyyətlə antibakterial təsirə malik olduğunu sübut ediblər [87, s.1-2; s.12]. Sübut edilmişdir ki, çayın tərkibində olan flavonoidlər insan hüceyrələrinin oksidləşməsinə yol verməyərək, sərbəst radikalların çoxalmasının qarşısını alır [210, s.274; s.279].

Bu xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq, Lənkəran ərazisində geniş yayılmış bitki növlərini öyrənərkən yüksək antioksidant aktivliyə və əhəmiyyətli təsirə malik olan müxtəlif növ Lənkəran çayı yarpaqlarında və bu bitkinin bitdiyi yerin torpaq nümunələrində də paramaqnit mərkəzlər EPR metodu ilə tədqiq edilmişdir.

Müxtəlif növ çay yarpaqlarının maqnit sahəsinin geniş intervalında qeydə alınan EPR spektrlərində sərbəst radikalı ($g=2,0023$) və superoksiddismutaza (SOD) fermentini xarakterizə edən siqnallar ($g=2,19$) meydana gəlmişdir. Bu spektrlərdə həmçinin YİQ – a malik olan altıkomponentli manqan ionlarının da zəif siqnalları nəzərə çarpmışdır (şəkil 3.9.6).

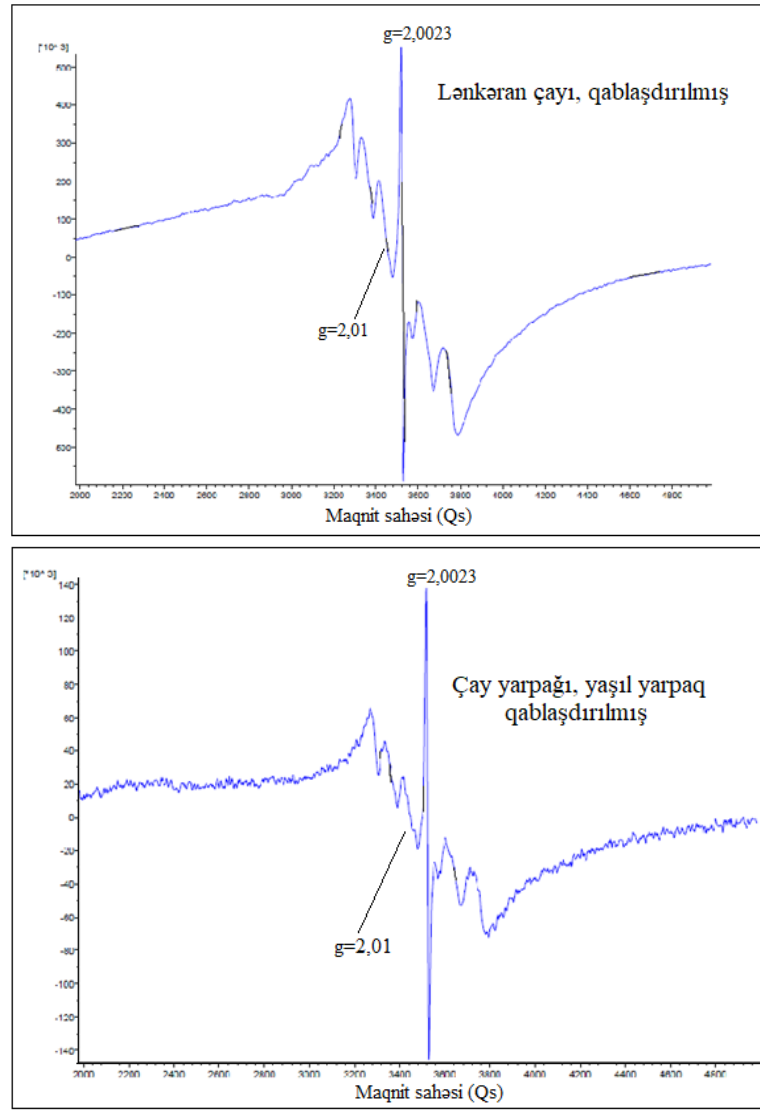
Çay yarpaqları bitən sahədən götürülmüş torpaq nümunələrində isə nəhəng amplitudlu xarakterik geniş EPR siqnalı qeydə alınmışdır. Çay yarpaqlarında SOD-u xarakterizə edən siqnalın meydana gəlməsi onlarda antioksidant aktivliyin olmasının göstəricisidir. Bu isə oksigenin fəal formalarının və sərbəst radikalların yaranmasının qarşısını alır.



Şəkil 3.9.6. Müxtəlif növ Lənkəran çayı yarpaqlarının və həmin sahədən götürülmüş torpaq nümunələrinin EPR spektrləri

Ola bilsin ki, bu səbəbdən də çay yarpaqlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalı müşahidə edilməmişdir. Belə ki, əvvəlki paragraflarda (3.1– 3.8) isbat edirik ki, stres amillərinin təsiri zamanı canlı orqanizmlərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranması orqanizmin özünümüdafiə funksiyasını yerinə yetirir. Çay yarpaqlarında isə antioksidant ferment olan SOD-un olması artıq stres təsir zamanı orqanizmin özünümüdafiə üçün maqnit nanohissəciklərinin yaranmasına səbəb olmur.

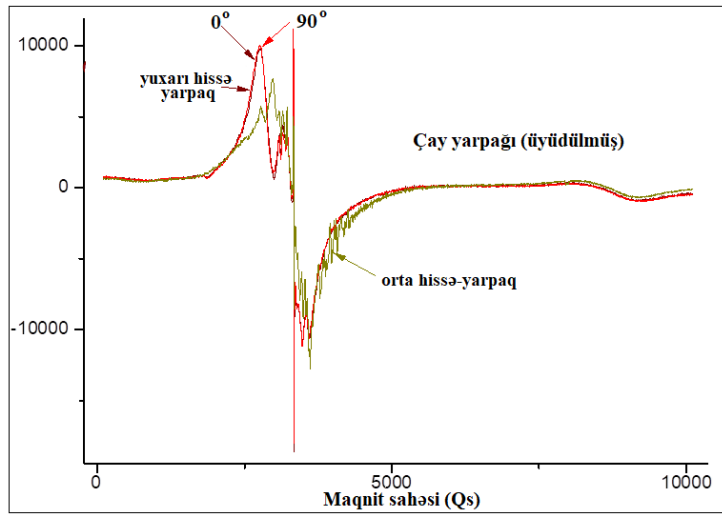
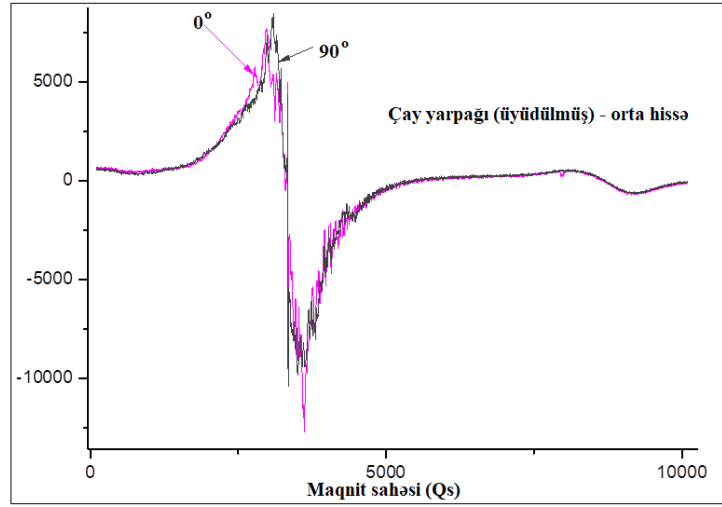
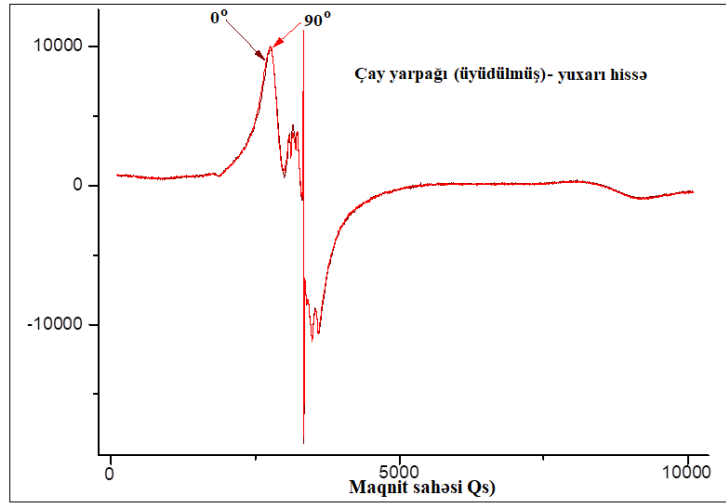
Müxtəlif növ təzə çay yarpaqlarının EPR spektrlərinin tədqiqi ilə yanaşı bu yarpaqların artıq bir neçə müxtəlif istehsal mərhələlərindən keçmiş, qablaşdırılmış nümunələrinin də EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 3.9.7).

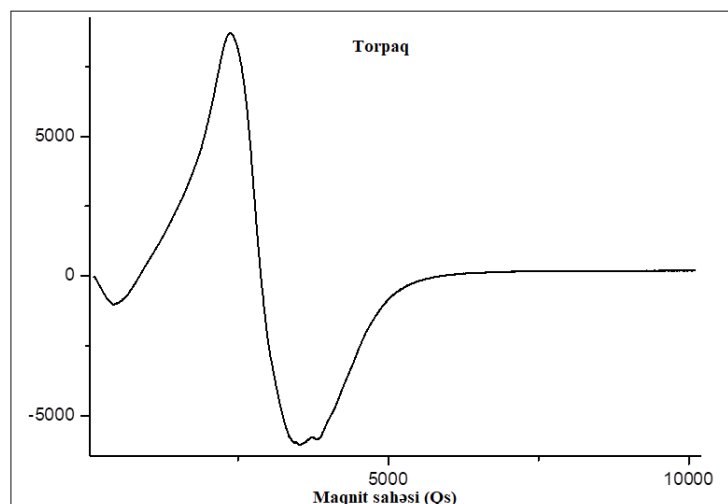


Şəkil 3.9.7. Qablaşdırılmış müxtəlif növ Lənkəran çay yarpaqlarının EPR spektrləri

Müəyyən edilmişdir ki, bu çay nümunələrində SOD-u xarakterizə edən siqnal artıq demək olar ki, meydana gəlmir. Bu nümunələrdə yalnız altıkomponentli manqan ionlarının ($g=2,01$) və sərbəst radikalların ($g=2,0023$) siqnalları müşahidə edilmişdir. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, təzə çay yarpaqlarının qurudulmuş nümunələrində antioksidant aktivlik müxtəlif istehsal mərhələlərindən keçmiş, fermentləşdirilmiş və qablaşdırılmış çay yarpağı nümunələrindən daha yüksəkdir.

Müxtəlif növ çay yarpaqları ilə aparılan növbəti təcrübələrdə çay yarpaqları gövdənin yuxarı və orta hissələrindən toplanmış və onlarda paramaqnit mərkəzlər müqayisəli öyrənilmişdir (şəkil 3.9.8).





Şəkil 3.9.8. Müxtəlif bucaq variasiyalarında çay yarpaqlarının və həmin ərazidən götürülmüş torpaq nümunəsinin EPR spektri

Eyni zamanda çay bitkisinin bitdiyi yerdən torpaq nümunələri də götürülmüş və bu nümunələrdə paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmiş, maqnit sahəsinin çox geniş intervalında (0-10000 Qs) geniş EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Çay yarpağı nümunələrində qeydə alınan spektrlərin parametrləri öyrənilmiş, həmçinin müxtəlif bucaq variasiyalarında yaranan siqnallar tədqiq edilmişlər. Müxtəlif bucaq variasiyalarında nümunələrdən alınan spektrlərin müqayisəli təhlili göstərdi ki, rezonator da çay yarpağı (yuxarı yarusdan götürülmüş) nümunələri yerləşən kvarts ampulanı qoriometr vasitəsilə müxtəlif bucaqlarda (90°) döndərən zaman qeydə alınan siqnallar demək olar ki, bir-birlərinə identik olmuşlar. Gövdənin orta hissəsindən götürülmüş yarpaq nümunələrində isə bucaqdan asılılıq öyrənilərkən siqnalların formasında müəyyən dəyişikliklər müşahidə edilmişdir (şəkil 3.9.8).

Gövdənin yuxarı və aşağı yarularından yığılmış çay yarpaqlarının hər ikisində SOD-u və ifrat yüksək incə quruluşa malik olan altıkomponentli manqan ionlarını xarakterizə edən siqnallar və sərbəst radikal siqnalları müşahidə edilmişdir. Gövdənin yuxarı hissəsindən yığılan çay yarpaqlarında bu siqnallarla yanaşı, dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalın zəif amplitudunun meydana gəlməsi aşkar edilmişdir. Gövdənin orta hissəsindən yığılan çay yarpaqlarında isə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnal müşahidə edilməmişdir. Ola bilsin ki, bu fakt antioksidant aktivliyin bitkinin gövdəsinin aşağı hissələrində, yəni daha

yaşlı yarpaqlarında daha yüksək olmasına dəlalət edir ki, bu da dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranmasının qarşısını alır.

Müxtəlif bucaq variasiyalarında spektrlərin tədqiqi isə onlarda cüzi dəyişikliklərin olduğunu göstərdi. Demək olar ki, bu siqnallar tamamilə üst-üstə düşürlər (şəkil 3.9.8).

Çay yarpaqları ilə alınan nəticələr maqnoliya yarpaqları ilə alınan nəticələrdən fərqli olmuşlar. Belə ki, şəkil 3.9.3- də göstərdiyimiz kimi maqnoliya yarpaqlarında maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar bitkinin bitdiyi yerdən götürülmüş torpaq nümunələrində qeydə alınan siqnallardan xeyli intensiv olmuşlar. Çay yarpaqları ilə aparılan təcrübədə isə alınan nəticə fərqli olmuşdur (şəkil 3.9.8). Bu isə bir daha deməyə əsas verir ki, bitkilərdə stres amillərinin təsiri zamanı aşkar etdiyimiz dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri bitkiyə torpaqdan toplanmır və yaxud çox az, çox cüzi miqdarda toplanır. Onlar əsasən bitkinin özündə stres amillərinin təsiri zamanı biominerallaşma hadisəsi nəticəsində generasiya olunurlar.

Bu ərazilərə məxsus olan araşdırdığımız bitki nümunələrinin yarpaqlarının və oradan götürülmüş torpaq nümunələrinin radionuklid tərkibləri, onların xüsusi aktivlikləri (cədvəl 3.9.1) təyin olunmuş və element analizləri (cədvəl 3.9.2) müəyyən edilmişdir. Nümunələrin radionuklid tərkibi, onların xüsusi aktivlikləri CANBERRA qammaspektrometri vasitəsilə, element tərkibi XRF-Analyzer, Innov-X (ABŞ) rentgen-fluorescent spektrometri vasitəsilə müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 3.9.1

Lənkəranın bəzi bitki növlərinin və torpaq nümunələrinin radionuklid tərkibi və onların xüsusi aktivlikləri

Bq/kq	Maq-noliya torpaq	Dəmir-ağac torpaq	Cay-torpaq	Maq-noliya yarpaq	Evkalipt yarpaq	Cay bitkisi yarpaq	Dəmir-agac yarpaq
²²⁶ Ra	15.1	17.1	22.7	<3.8	<4.9	<6.9	<5.3
²³² Th (²²⁸ Ra)	17.8	21.8	30.6	<2.8	<3.5	<4.9	<3.7
⁴⁰ K	439.1	571.3	594.5	248.6	178.5	275.9	226.5
⁶⁰ Co	<0.7	<1	<1.2	<1.9	<2.4	<3.4	<2.6
¹³⁴ Cs	<0.8	<1.1	<1.3	<1.8	<2.3	<3.2	<2.6
¹³⁷ Cs	1.8	9.2	25.1	<1.9	<2.4	1.2	<2.6

Lənkəranın bəzi bitki növlərinin və torpaq nümunələrinin element tərkibi

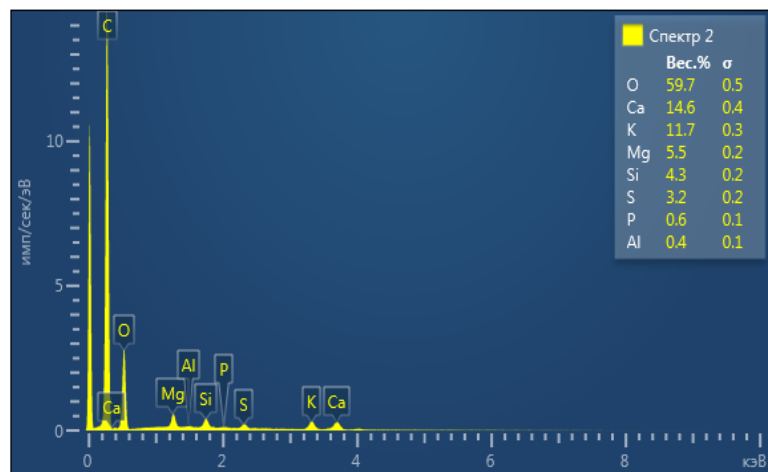
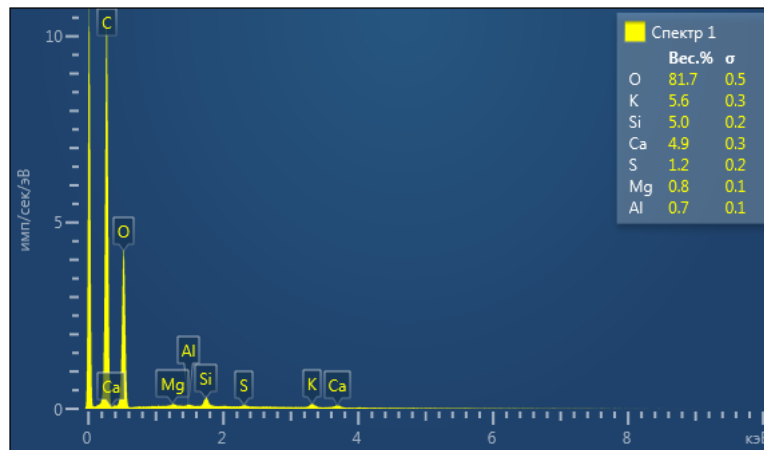
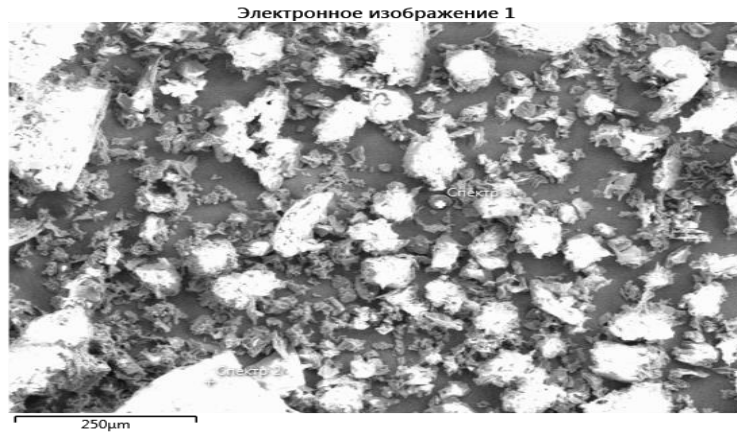
Nümunə	Unit	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn
Limon yarpağı	ppm	35070	< LOD	102672	259999	< LOD	< LOD	247
Portağal yarpağı	ppm	21269	21363	63102	186844	< LOD	58	163
Maqnoliya torpaq	ppm	41502	< LOD	37558	77087	< LOD	80	588
Feyxoə yarpağı	ppm	<LOD	5565	76709	24189	< LOD	89	229
Kivi yarpağı	ppm	68829	11132	108096	137689	< LOD	< LOD	348
Maqnoliya torpaq	ppm	< LOD	< LOD	26306	29523	5839	165	863
Limon torpaq	ppm	< LOD	< LOD	23047	28890	6589	193	738
Portağal torpaq	ppm	< LOD	< LOD	27429	23310	5179	109	940
Kivi torpaq	ppm	< LOD	< LOD	21349	28296	4732	143	765
Feyxoə torpaq	ppm	< LOD	< LOD	26305	34335	5635	157	1115

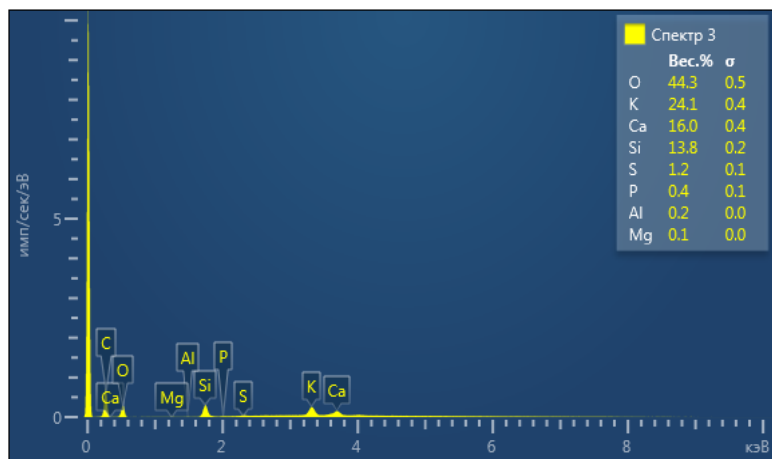
Nümunə	Fe	Co	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Zr
Limon yarpağı	1508	< LOD	< LOD	71	< LOD	20	633	60
Portağal torpaq	1901	< LOD	77	344	< LOD	17	528	61
Maqnoliya torp.	852	< LOD	< LOD	63	< LOD	22	141	82
Feyxoə torpaq	913	< LOD	< LOD	59	< LOD	37	69	65
Kivi torpaq	1807	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	297	88
Maqnoliya torp.	47659	< LOD	< LOD	72	< LOD	67	476	101
Limon torpaq	56607	< LOD	< LOD	52	< LOD	63	523	87
Portağal torpaq	47455	373	< LOD	199	< LOD	79	445	139
Kivi torpaq	38774	< LOD	< LOD	181	< LOD	68	384	108
Feyxoə torpaq	51033	< LOD	< LOD	95	20	64	584	83

Radionuklid tərkibinin təyin edilməsi isə göstərdi ki, bitki və torpaq nümunələrində ^{40}K izotopu daha böyük üstünlüyə malikdir. Element analizi göstərdi ki, bütün yarpaqlarda Ca və K elementlərinin miqdarı üstünlük təşkil edir. Bu qanunauyğunluq torpaq nümunələri üçün də səciyyəvi olmuşdur.

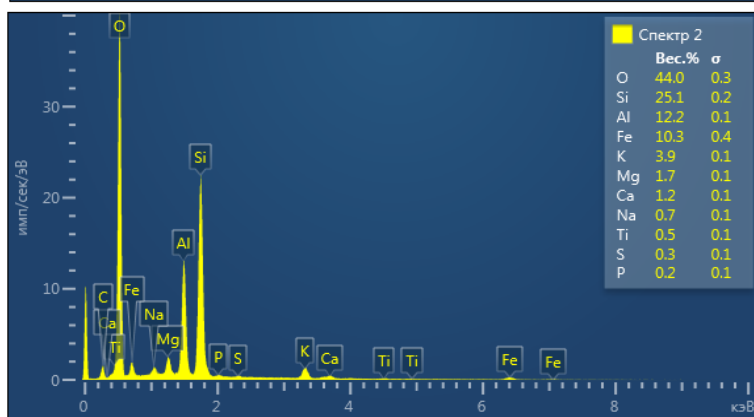
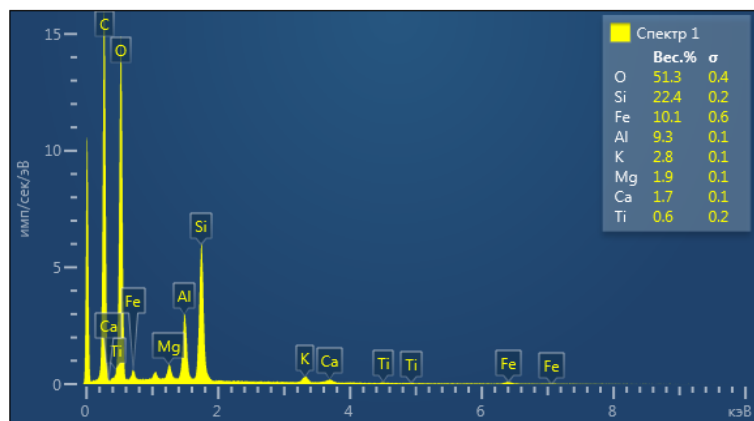
Lənkəran ərazisindən toplanmış çay yarpağı nümunələrinin eyni zamanda SEM metodu ilə təsvirləri alınmışdır. Aşağıdakı şəkillərdə maqnoliya yarpaqlarının (şəkil

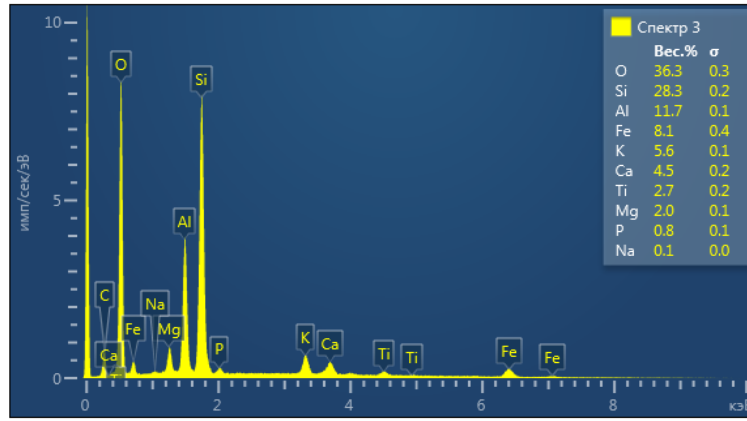
3.9.9), maqholiya ağacının bitdiyi yerdən götürülmüş torpaq nümunələrinin (şəkil 3.9.10) və çay yarpaqlarının (şəkil 3.9.11), eləcə də çay ağacının bitdiyi yerdən götürülmüş torpaq nümunələrinin (şəkil 3.9.12) SEM təsvirləri və element tərkiblərini göstərən spektrləri verilmişdir.



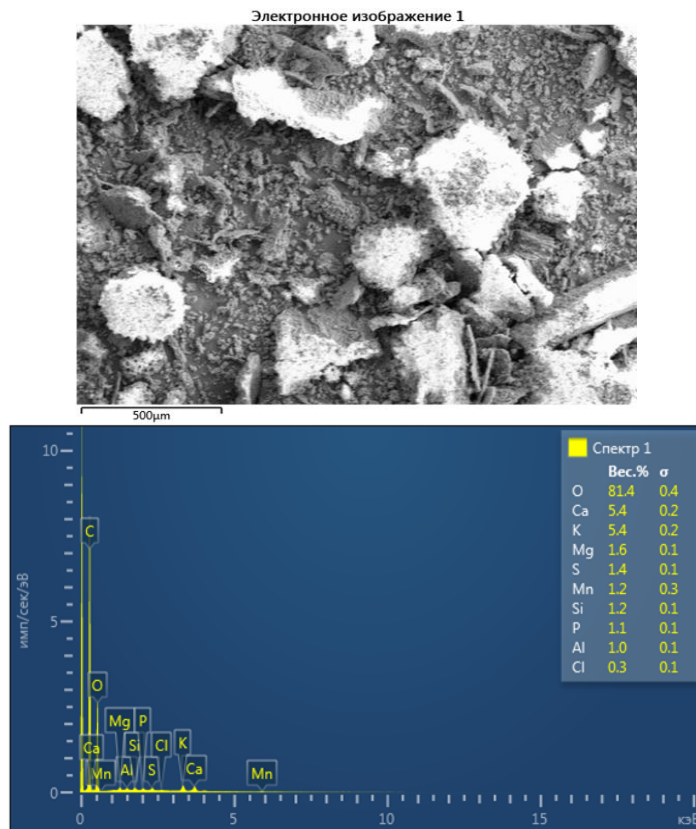


Şəkil 3.9.9. Maqnoliyanın yarpaq nümunələrinin SEM təsviri və spektrləri

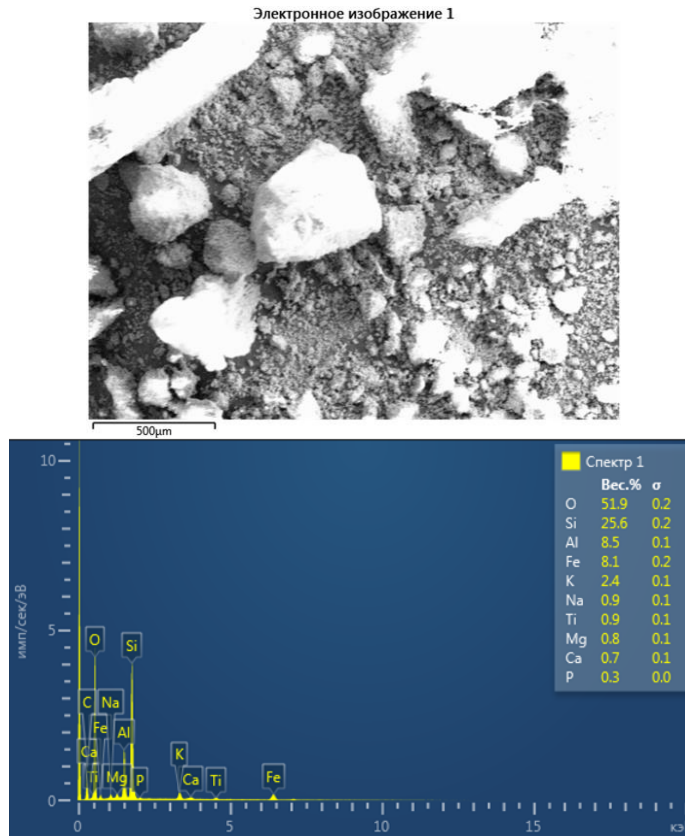




Şəkil 3.9.10. Maqnoliya ağacı bitən sahədə torpaq nümunələrinin SEM təsviri və spektrləri



Şəkil 3.9.11. Çay yarpaq nümunələrinin SEM təsviri və spektrləri



Şəkil 3.9.12. Çay bitkisi bitən sahədə torpaq nümunələrinin SEM təsviri və spektrləri

3.10. Ardıc (*Juniperus communis L.*) bitkisinin toxumlarının EPR spektrlərinin temperaturdan, bucaq variasiyasından və mikrodalğa gücündən asılılığı

Abşeron yarımadası üçün xarakterik bəzi bitki sistemlərində, eləcə də Lənkəran ərazisində bitən müxtəlif növ bitkilərdə stres amillərinin təsiri zamanı maqnit xassələrinin yarandığını müəyyən etdik. Növbəti araşdırmalarda isə aldığımız nəticələrin ümumiliyini, bütövlükdə bütün bitki sistemlərinə aid olduğunu sübut etmək üçün artıq respublikamızdan kənar sahələrdə bitən bitkilərə müraciət edilmişdir. Bu məqsədlə dərman bitkilərindən sayılan, Ukraynanın Karpatı dağları ətəyində geniş yayılmış ardıc (*Juniperus communis L.*) giləmeyvələri tədqiq edilmişdir [139, s.161]. Qeyd etmək lazımdır ki, bu bitki respublikamızın bir çox rayonlarında da geniş yayılmışdır və çox qiymətli dərman bitkisidir (şəkil 3.10.1).

Məlumdur ki, təbiət insanlarda immunitet sistemi yaratmaqla, başqa sözlə desək orqanizmi müxtəlif infeksiyalar, viruslar, bakteriyalar, toksiki maddələr, tullantılar və s. ilə mübarizə üçün nəzərdə tutulan müdafiə sistemi ilə təmin etməklə onlarda özünübərpa mexanizminin qayğısına qalmışdır.



Şəkil 3.10.1. Dərman bitkisi olan ardıc yarpağı və giləmeyvələri

İnsanın mühüm vəzifəsi belə müdafiəni həyata keçirməkdir ki, bu da yalnız təbiətin gücü və imkanları ilə həmrəy olduqda mümkün ola bilər. Tədqiq etdiyimiz dərman bitkisi olan ardıc (*Juniperus communis* L.) giləmeyvələri tədqiqat obyektii olaraq təsadüfən seçilməyib. İnsanın immun sisteminin güclənməsi, insan sağlamlığına təhlükəli təsir effektləri ola biləcək müxtəlif mənfi təsirlərdən müdafiə olunması prosesi Nefrovil fitokompozisiyası ilə çox gözəl reallaşa bilər. Tədqiq etdiyimiz dərman bitkisi olan *Juniperus communis* L. giləmeyvələri də Nefrovilin tərkibinə daxildir. Bununla əlaqədar olaraq da tədqiqat obyektii kimi ardıc bitkisinin araşdırılması xüsusi maraq doğurur.

Ümumiyyətlə, qeyd edə bilərik ki, dərman bitkiləri müalicə və müəyyən profilaktik məqsədlərlə tətbiq olunurlar. Dərman bitkilərinin tərkibi bir sıra mikroelementlər, flavonoidlər, alkaloidlər, efir yağları və s. ilə zəngin olduğundan, onlar insan sağlamlığı üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edən müalicəvi xüsusiyyətlərə malikdirlər.

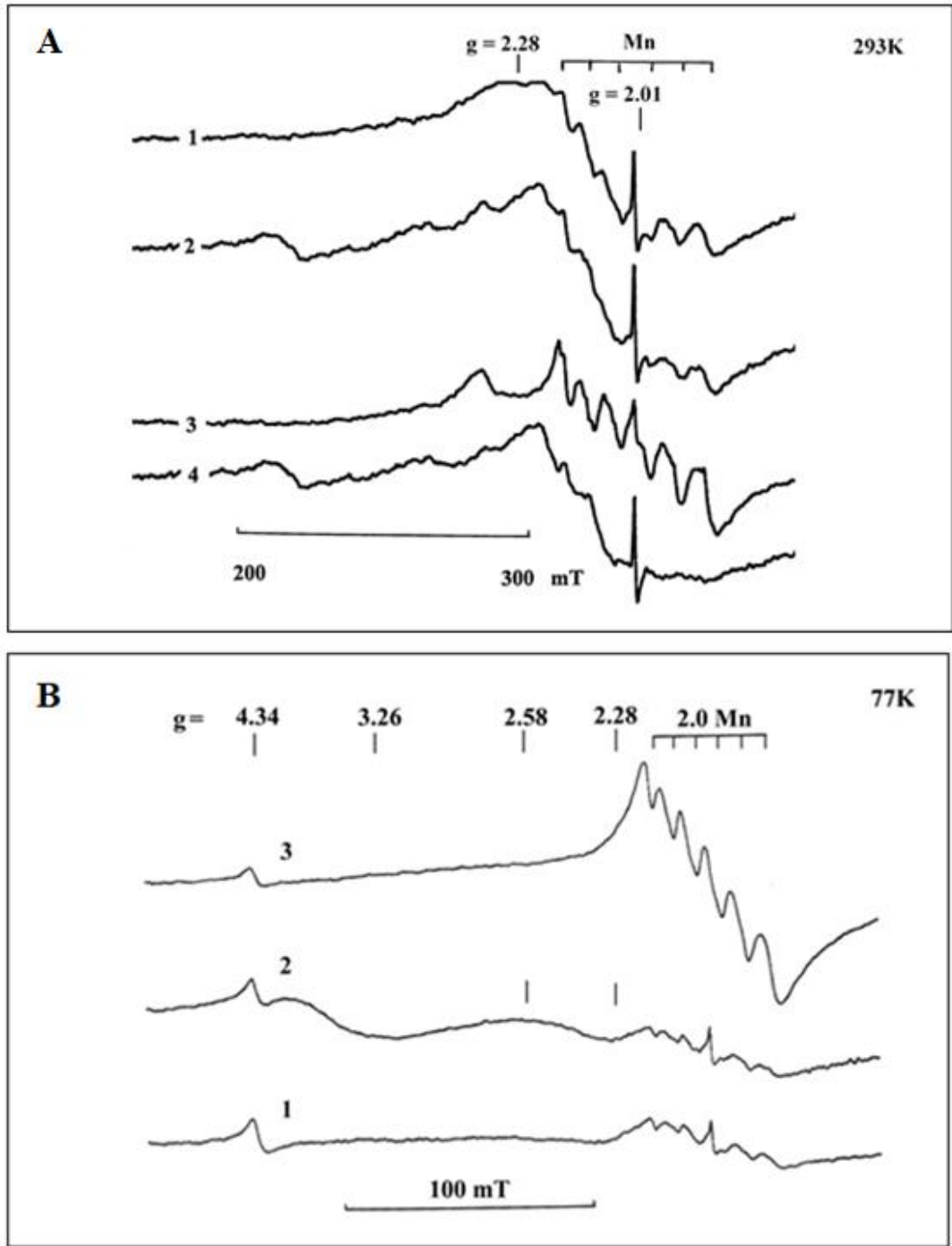
Əvvəlki paraqraflarda əncir və nar bitkiləri ilə aparılan tədqiqat işləri barədə məlumatlar verilmişdir ki, bu bitkilər də müxtəlif xəstəliklərin, o cümlədən sinir sistemi, qara ciyər, mədə-bağırsaq və s. müalicəsində mühüm əhəmiyyət kəsb edirlər.

Manqan (Mn), mis (Cu), sink (Zn), dəmir (Fe), nikel (Ni) tərkibli ardıc (*Juniperus communis* L.) bitkisinə katalaza, SOD kimi antioksidant fermentlərin olması model obyekt qismində bu bitkidən istifadə etməyə əsas verir ki, bu da biotibbi tətbiqlər üçün çox əhəmiyyətli ola bilər. Təsadüfi deyil ki, ardıc tərkibli “Nefrovil” və “İmmunostan” kimi dərman preparatları insan orqanizminin uyğun olaraq antioksidant aktivliyinin yüksəlməsi və immun sisteminin yaxşılaşması üçün hazırlanıblar [139, s.167], həmçinin model obyekt kimi tətbiq oluna bilərlər.

Ardıc bitkisinin araşdırmalarında EPR metodundan istifadə edilmişdir və ardıcın qurudulmuş və təzə meyvələrində paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir. EPR spektrlərinə temperaturun və mikrodalğa gücünün təsiri tədqiq edilmişdir.

Bütövlükdə qurudulmuş ardıc toxumlarının və ayrı-ayrılıqda onun toxumunun (qabıqsız) və toxum qabığına EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Eyni zamanda fərq siqnalı da detektə olunmuşdur (şəkil 3.10.2). Alınan spektrlərdə iki müxtəlif siqnallar qeydə alınmışdır. Onlardan biri $g=2,01$ olan manqanın paramaqnit mərkəzlərinə aid yüksək incə quruluşa malik olan altıkomponentli siqnaldır. Qeyd etmək lazımdır ki, bu siqnal *Juniperus communis* bitkisinin yalnız toxum nümunələrində qeydə alınmışdır (şəkil 3.10.2). Bu siqnallar ilə yanaşı spektrdə digər bir siqnal, $g=2,28$ olan nanoölçülü maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalın da yaranması müşahidə edilmişdir. Bu siqnalın yaranması *Juniperus communis* bitkisinin toxumlarının qabıqlarında izlənilmişdir. Bunun səbəbi toxum qabıqlarının stres amillərinin təsirinə daha çox məruz qalması ilə izah oluna bilər [140, s.319-320].

Beləliklə, deyə bilərik ki, tədqiq etdiyimiz bitki nümunəsində aşkar etdiyimiz dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri əsasən biotibbi tətbiqlər üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edirlər. *Juniperus communis* bitkisinə təsir edən stres amilləri EPR spektrometrində detektə olunan maqnit nanohissəciklərinin yaranmasına səbəb olurlar.



Şəkil 3.10.2. *Juniperus communis L.* bitkisinin qurudulmuş toxumlarının EPR spektrləri. a) 293 K, b) 77 K. (1- qabıq və toxum birlikdə, 2- qabıq, 3- toxum, 4 – fərq siqnalı)

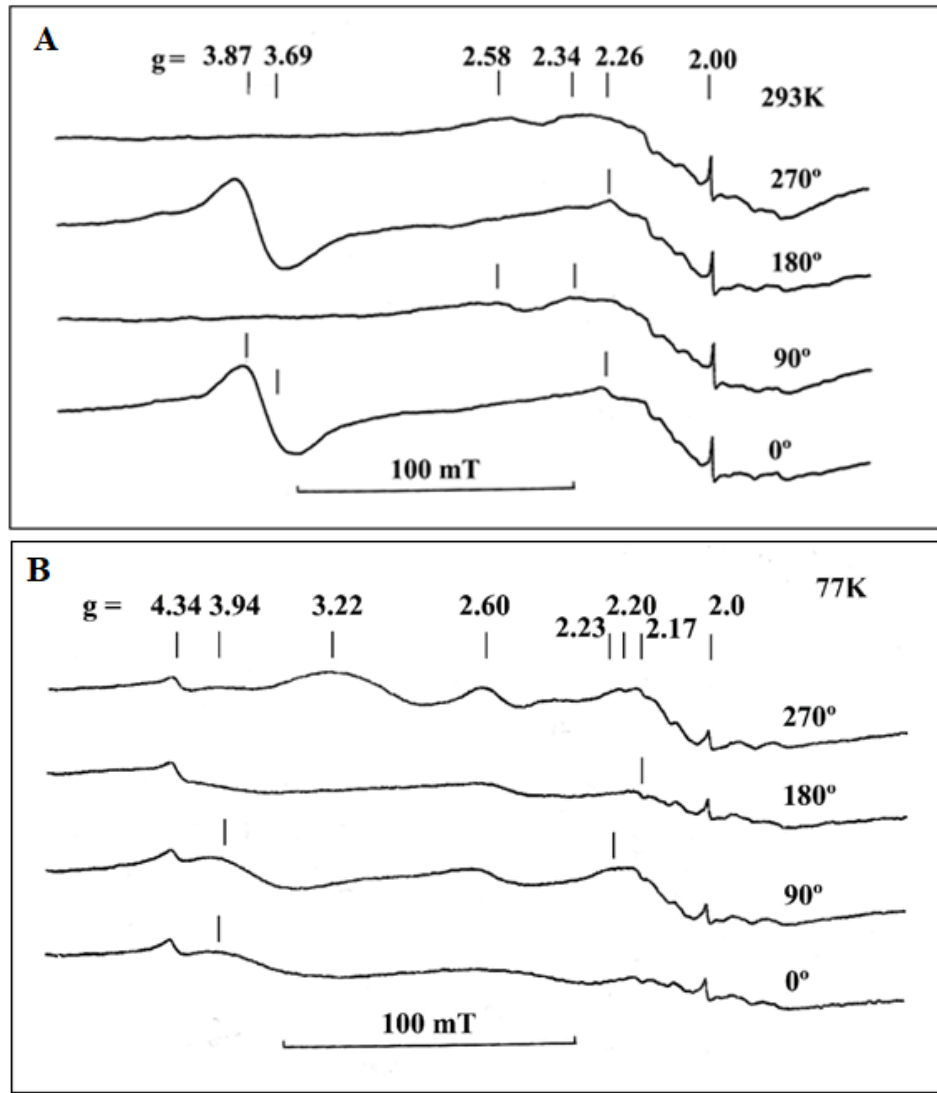
Antioksidant aktivliyin göstəricisi olan Mn adətən ardıc bitkisinin toxumlarında identifikasiya olunmuşdur (şəkil 3.10.2 A). Bundan başqa aşağı temperaturda (77 K) ardıc bitkisinin toxum və qabığının ayrı-ayrılıqda, eyni zamanda toxum və qabığının birlikdə EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 3.10.2 B).

Gözləndiyi kimi 77 K temperaturda ardıc meyvəsinin qabıqlarında qeydə alınan dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin siqnalının ($g=2,28$) intensivliyi otaq temperaturunda qeydə alınan siqnalların intensivliyi ilə müqayisədə azalmışdır. Əvvəlki paraqraflarda da müəyyən edilmişdir ki, toxumların qabığına qeydə alınan geniş EPR siqnalının intensivliyi aşağı temperaturda azalır [140, s.320-321].

Paraqraf 3.1 - də Abşeron yarımadasının bəzi bitkilərinin, onların toxum və toxum qabıqlarının EPR spektrlərinin tədqiqi zamanı göstərmişik ki, bu nümunələrdə geniş EPR siqnalı detektə olunur, lakin aşağı temperaturda (80 K) bu siqnalın intensivliyi azalır [140, s.317-318]. Göründüyü kimi bu təcrübələrdə də aşağı temperaturda (77 K) qabıqda $g=2,28$ və $g=3,26$ olduqda alınan EPR siqnallarının davranışı çox oxşardır, hər iki siqnal dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri ilə bağlıdır. Bundan başqa 77 K temperaturda ardıc nümunələrində $g=4,34$ olduqda dəmir ionlarının zəif siqnalları da müşahidə edilmişdir (şəkil 3.10.2. B). Geniş EPR siqnalı $g=2,58$ olduqda da, həmçinin dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə məxsusdur, belə ki, bu siqnal daha çox polimer matrisdə sintez olunmuş maqnit nanohissəciklərinin (maqnetit – Fe_3O_4) nümunələrinin siqnallarına yaxındır.

Araşdırmaların davamı olaraq, otaq temperaturunda (293 K) və maye azot temperaturunda (77 K) ardıc (*Juniperus communis*) bitkisinin toxum qabıqlarının EPR spektrləri müxtəlif bucaq variyasiyalarında (0° , 90° , 180° və 270°) tədqiq edilmişlər və onların oriyentasiyadan asılılığı müəyyən edilmişdir (şək.3.10.3).

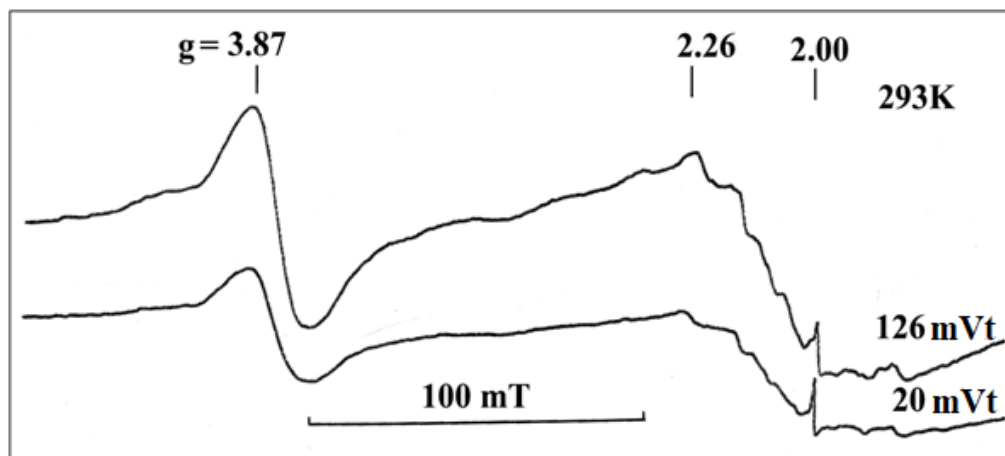
Şəkil 3.10.3-dən aydın görünür ki, hər iki temperatur şəraitində dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri və dəmir aqreqatlarından alınan EPR spektrlərinin intensivlikləri (temperatur 293 K olduqda $g = 2.26; 2.34; 2.58; 3.69; 3.87$ və temperatur 77 K olduqda $g = 2.17; 2.20; 2.23; 2.60; 3.22; 3.94; 4,34$) nümunənin bucaq variyasiyasından asılıdırlar. Müəyyən edilmişdir ki, dəmir ionlarının zəif EPR siqnalının intensivliyi $g=4,34$ olduqda 77 K temperaturda nümunənin bucaq variyasiyasından asılı deyil.



Şəkil 3.10.3. Ardıc qabığının maqnit sahəsinə nəzərən müxtəlif bucaq variyasiyalarında (0°, 90°, 180° və 270°) EPR spektrləri.

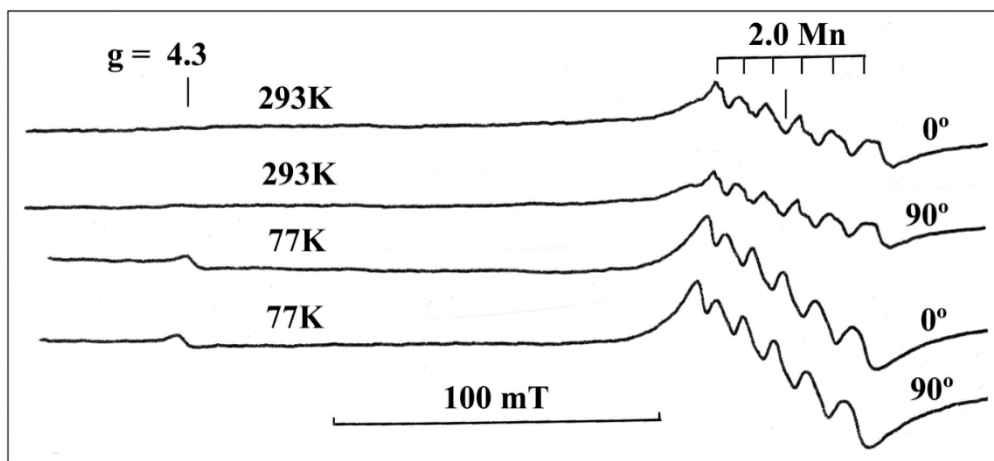
A) 293 K və B) 77 K temperaturlarda

Daha sonra ardıc bitkisi ilə aparılan təcrübələrdə mikrodalğanın gücündən asılı olaraq EPR spektrləri araşdırılmışdır. Otaq temperaturunda 20 mVt və 126 mVt mikrodalğa güclərindən asılı olaraq ardıc bitkisinin toxumlarının qabıq hissələrinin EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 3.10.4). Aşkar edilmişdir ki, istər dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə ($g=2,26$), istərsə də dəmir aqreqlərinə ($g=3,87$) məxsus olan EPR siqnallarının intensivlikləri ifrat yüksək tezlik gücündən asılı olaraq dəyişirlər (şəkil 3.10.4). Lakin bu nümunələrdə - ardıc toxumlarının qabıqlarında sərbəst radikal siqnalları ($g=2,0023$) İYT gücündən asılı olmamışdır (şəkil 3.10.4).



Şəkil 3.10.4. *Juniperus communis* qabığının 293 K-də İYT gücündən (20 və 126 mVt) asılılıq spektrləri

Otaq temperaturu (293 K) və maye azot temperaturlarında (77 K) ardıc bitkisinin toxumlarının müxtəlif oriyentasiyalarda spektrləri detektə edilmişdir. Aşağı temperaturda (77 K) dəmir ionlarını xarakterizə edən zəif siqnalların ($g=4,3$) yarandığı müşahidə edilmişdir. Bu siqnalların və altıkomponentli manqan ionlarının siqnallarının bucaq variasiyasından asılı olmadıqları müəyyən edilmişdir. Həmçinin otaq temperaturunda (293 K) qeydə alınan manqan ionlarının siqnallarının ($g=2,01$) bucaq variasiyasından asılı olmadığı məlum olmuşdur (şəkil 3.10.5).



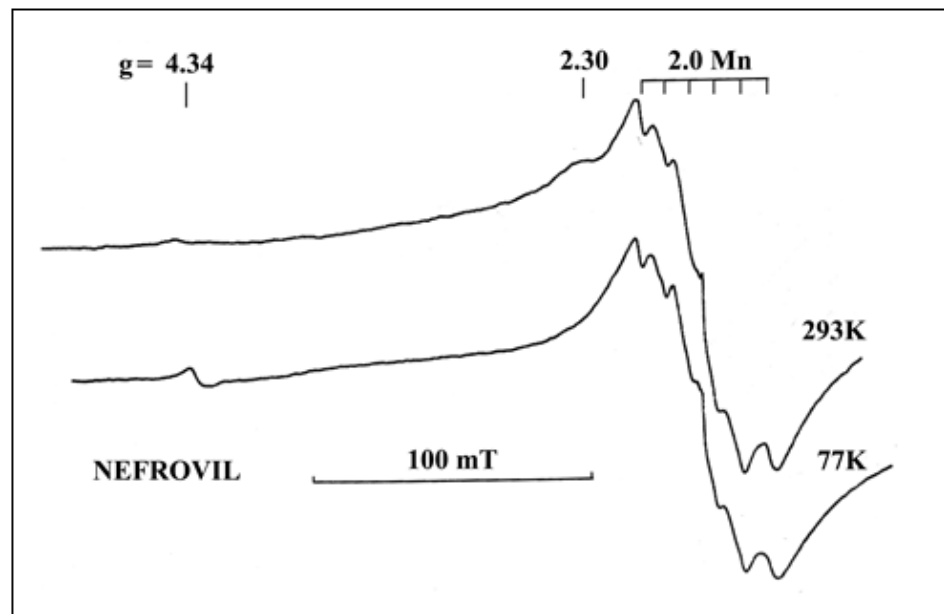
Şəkil 3.10.5. Maqnit sahəsinə nəzərən müxtəlif oriyentasiyalarda (0° və 90°) *Juniperus communis* toxumlarının EPR spektrləri. Temperatur 293K və 77K

Otaq temperaturunda qeydə alınan siqnallardan fərli olaraq, aşağı temperaturda, maye azot temperaturunda (77 K) dəmir ionlarını xarakterizə edən zəif siqnalların ($g=4,3$) yarandığı müşahidə edilmişdir. Bu siqnalların və altikomponentli manqan ionlarının siqnallarının bucaq variyasiyasından asılı olmadığı müəyyən edilmişdir. Həmçinin otaq temperaturunda da (293 K) qeydə alınan manqan ionlarının siqnallarının ($g=2,01$) bucaq variyasiyasından asılı olmadığı məlum olmuşdur (şəkil 3.10.5).

Ardıc bitkisinin toxum və toxum qabıqları ilə aparılan EPR təcrübələri ardıc əsaslı, ardıc tərkibli Nefrovil və İmmunostan kimi bioloji aktiv maddələr ilə də aparılmış, müqayisəli təhlillər verilmişdir. Bu zaman araşdırılan nümunələrin qeydə alınan spektrləri şəkil 3.10.6 – şəkil 3.10.11-də göstərilmişdir.

Nefrovil və İmmunostan uyğun olaraq antioksidant fəallığın və eyni zamanda insan orqanizmində immunitetin yüksəlməsi üçün hazırlanan dərman preparatlarıdır. Bu preparatlar ardıc (*Juniperus communis*) tərkibli olduqları üçün onlarda da paramaqnit mərkəzlərin öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edə bilər.

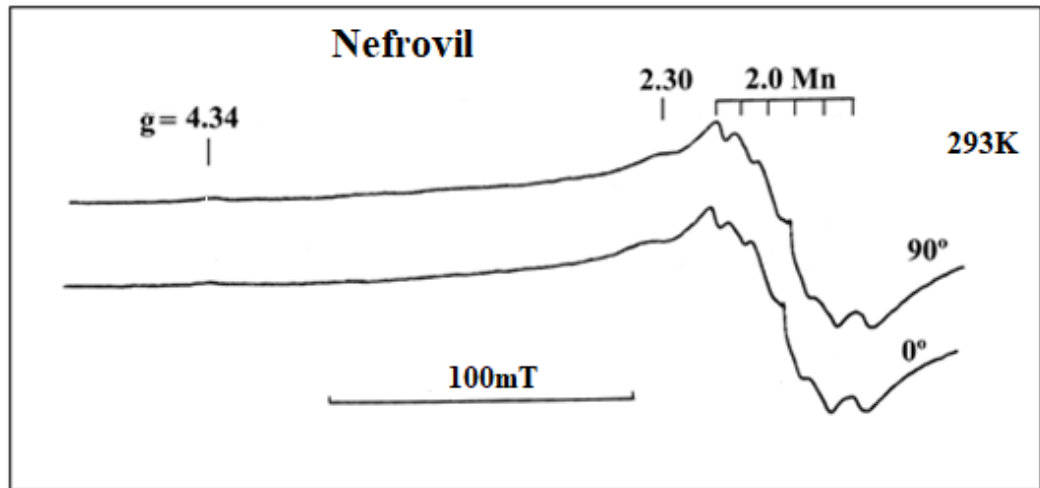
Şəkil 3.10.6 – da maqnit sahəsinin geniş intervalında Nefrovilin EPR spektrləri otaq temperaturunda (293 K) və maye azot temperaturunda (77 K) qeydə alınmışdır.



Şəkil 3.10.6. Nefrovilin 293 K və 77 K temperaturlarda EPR spektrləri

Göründüyü kimi qeydə alınan EPR spektrlərində nanoölçülü maqnit nanohissəciklərinin siqnalları ilə müqayisədə manqan ionlarının siqnallarının və antioksidant ferment olan SOD – u xarakterizə edən siqnalların intensivlikləri daha yüksəkdir. Nefrovil preparatlarından alınan EPR spektrlərində Mn – tərkibli birləşmələrin və nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin hər ikisinin mövcudluğu preparatın hazırlanmasında ardıc giləmeyvələrinin ayrı-ayrılıqda qabıq və toxumlarının (qabıqsız) istifadə olunması ilə şərtlənir.

Ardıc toxumlarının və toxum qabıqlarının spektrlərində olduğu kimi Nefrovil ilə də otaq temperaturunda aparılan EPR araşdırması göstərdi ki, Nefrovildə qeydə alınan manqan ionlarının EPR siqnallarının ($g=2,01$) intensivliyi nümunənin bucaq variyasiyasından asılı deyil (şəkil 3.10.7). Maqnit sahəsinin geniş intervalında qeydə alınan bu spektrlərdə dəmir ionlarının zəif siqnalları da ($g=4,3$) detektə edilmişdir.

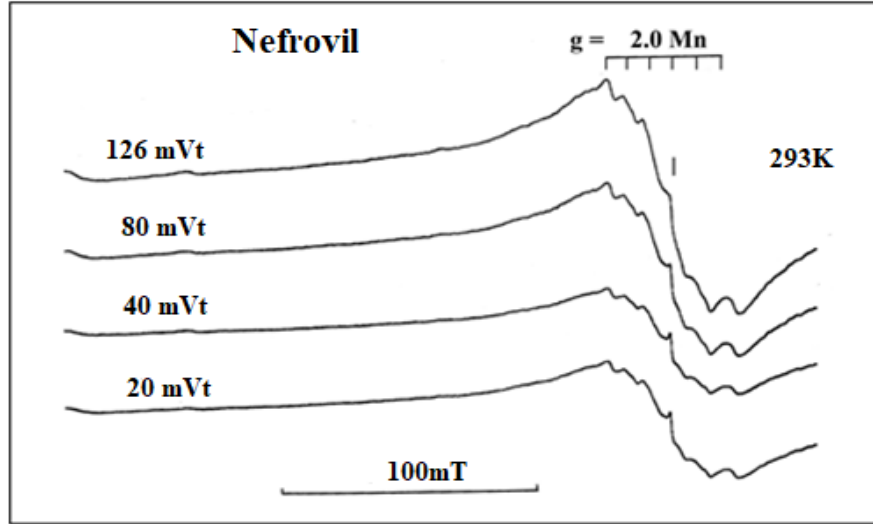


Şəkil 3.10.7. Müxtəlif bucaq variyasiyalarında (0° və 90°) Nefrovilin EPR spektrləri. Temperatur 293 K

Eyni zamanda otaq temperaturunda (293K) Nefrovilin ifrat yüksək tezlik gücündən (20 mVt, 40 mVt, 80 mVt, 126 mVt) asılılıq spektrləri qeydə alınmışdır. Məlum olmuşdur ki, detektə olunan siqnalların amplitudu mikrodalğa gücündən asılıdır (şəkil 3.10.8). Ardıc tərkibli Nefrovil preparatları EPR metodu ilə öyrənildikdən sonra İmmunostan preparatları da tədqiq edilmişlər. Onlarda yaranan

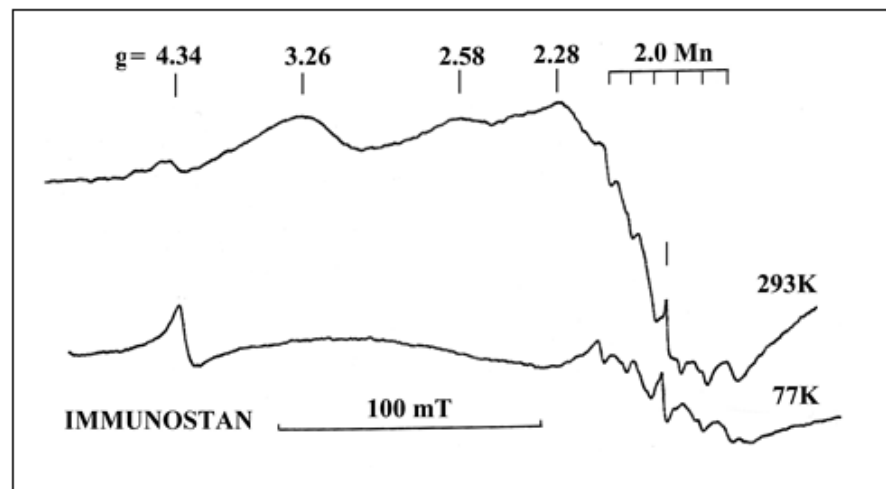
paramaqnit mərkəzlər otaq temperaturu (293 K) və maye azot temperaturunda (77 K) öyrənilmişlər [139, s. 170-172].

İmmunostanla aparılan təcrübələrdə bu preparatın insan orqanizminin immun sisteminin yaxşılaşması üçün onun bioloji fəal maddə olduğu sübut edilmişdir.

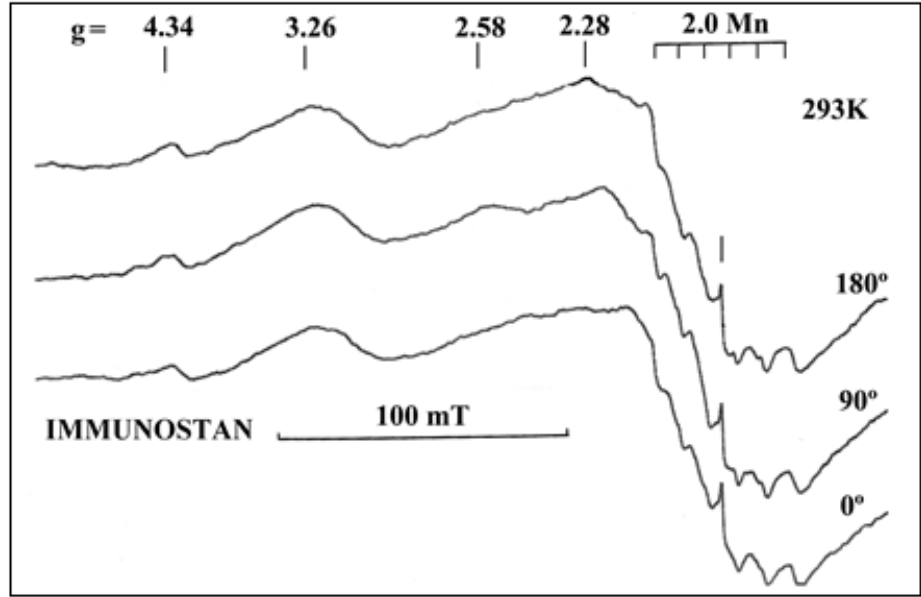


Şəkil 3.10.8. Nefrovilin İYT gücündən (20, 40, 80, 126 mVt) asılılıq spektrləri

Müəyyən edirik ki, dəmir aqreqlarının ($g=2,58$, $g=3,26$) və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin ($g=2,28$) siqnalları bu spektrdə manqan ionlarının siqnallarına ($g=2,01$) nəzərən daha böyük üstünlüyə malikdirlər. Eyni zamanda 293 K və 77 K temperaturlarda İmmunostan dərman preparatlarının EPR spektrləri öz davranışlarına görə ardıc bitkisindən alınan uyğun EPR spektrləri ilə korrelyasiya etmişdir (şəkil 3.10.9).



Şəkil 3.10.9. İmmunostanın 293K və 77K temperaturlarda EPR spektrləri

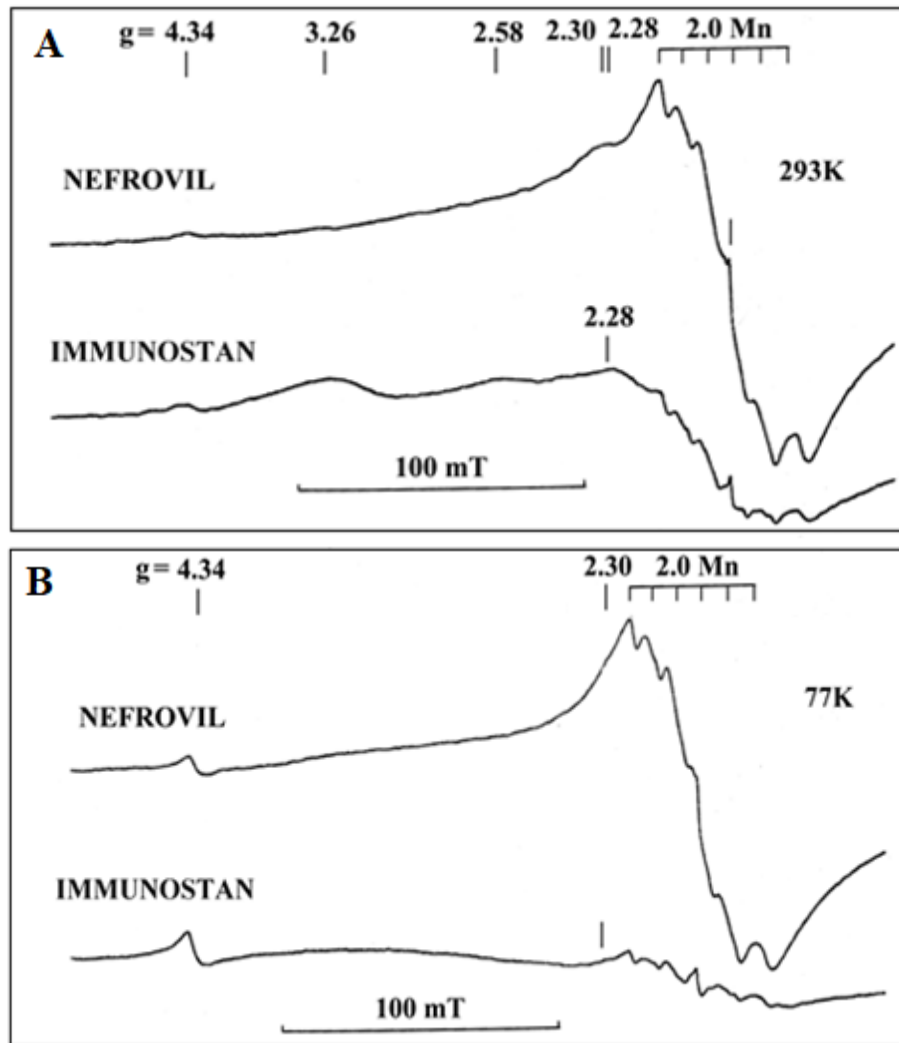


Şəkil 3.10.10. İmmunostanın 293 K temperaturda və müxtəlif oriyentasiyalarda (0°, 90° və 180°) EPR spektrləri

Lakin EPR araşdırmaları göstərdi ki, İmmunostan üçün nümunənin EPR siqnallarının bucaq variasiyasından asılılıq effekti ardıc toxumlarının qabıqları ilə müqayisədə daha az özünü göstərir (şəkil 3.10.10). Əsasən dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri ($g=2,28$) və dəmir aqreqləri ($g=2,58$) üçün bucaq variasiyası effekti daha nəzərəçarpan olmuşdur.

Bu dərman preparatlarının hər ikisinin EPR spektrlərinin davranışlarının otaq temperaturu və maye azot temperaturlarında müqayisəli təhlilləri verilmişdir (şəkil 3.10.11). Şəkil 3.10.11 – də Nefrovil və İmmunostan preparatlarının 293 K və 77 K temperaturlarda EPR spektrləri göstərilmişdir. Nefrovil dərman preparatı üçün manqan ionlarının və İmmunostan dərman preparatı üçün nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin dominant rolu təsdiq edilmişdir.

Alınmış nəticələr bir daha biominerallaşma hadisəsinin dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranmasında effektini və rolunu sübut edir.



Şəkil 3.10.11. Nefrovil və İmmunostan preparatlarının 293 K və 77 K temperaturlarda EPR spektrləri

Belə ki, əvvəlki paraqraflarda tədqiq edilmiş bitki sistemlərində olduğu kimi tədqiq olunan biosistemlərdə də stres zamanı bağlı dəmirin sərbəst dəmir formasına keçməsi, fotosintezin ENZ – də müəyyən qırılmaların baş verməsi və nəticədə reduksiyaedici sistemin köməyi ilə üçvalentli dəmir ionlarının (Fe^{3+}) dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə çevrilməsi baş verir. Beləliklə, Fenton reaksiyasının qarşısı alınmış olur ki, bu da canlı sistem üçün özünümüdafiə rolunun yerinə yetirilməsi deməkdir.

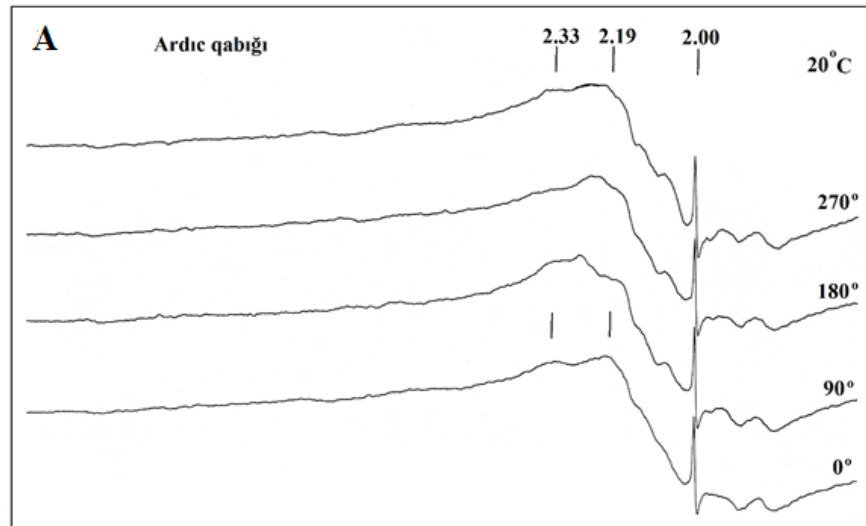
Deməli, *Juniperus communis* bitkisinin toxumlarının qabığında aşkar olunan nanofazalı dəmir əsaslı maqnit hissəcikləri və *Juniperus communis* bitkisinin toxumlarında yüksək incə quruluşa malik olan altıkomponentli maqnan ionları ilə

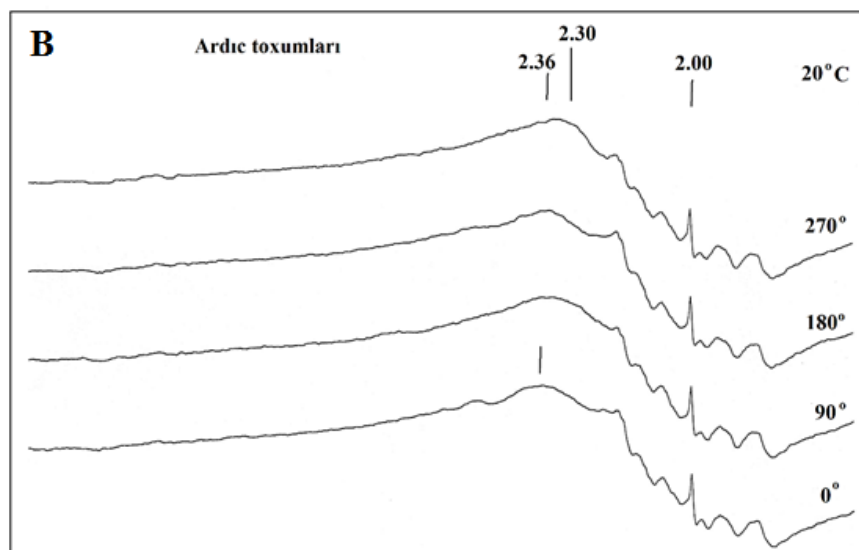
detektə olunan antioksidant aktivlik əczaçılıq və biotibbi məqsədlər üçün istifadə oluna bilər.

Müqayisə üçün ardıc bitkisinin təbii şəraitdə, otaq temperaturunda qurudulmuş giləmeyvələri ilə yanaşı təzə giləmeyvələrində də paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir (şəkil 3.10.12 – şəkil 3.10.14).

Otaq temperaturunda, təbii şəraitdə qurudulmuş təzə ardıc giləmeyvələrində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin və Mn tərkibli SOD-u xarakterizə edən siqnalların müqayisəli təhlili aparılmışdır. Bunun üçün otaq temperaturunda (20°C) və maye azot temperaturunda (77°K) təzə ardıc giləmeyvələrinin toxum və toxum qabıqlarının EPR spektrləri müxtəlif bucaq variyasiyalarında (0°, 90°, 180°, 270°) qeydə alınmış, onların bucaq variyasiyalarından asılılığı müəyyən edilmişdir (şəkil 3.10.12; şəkil 3.10.13).

Şəkil 3.10.12 A - dan görüldüyü kimi təzə ardıc bitkisinin toxumunun qabıqlarından alınan spektrlərdə sərbəst radikal siqnalları ($g=2.00$) ilə yanaşı hər iki siqnalı - dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini ($g=2.33$) və manqan tərkibli SOD – u ($g=2.19$) xarakterizə edən siqnallar müşahidə edilmişdir.





Şəkil 3.10.12. *Juniperus communis* bitkisinin təzə giləmeyvələrinin toxum və qabıq hissələrinin müxtəlif bucaq variyasiyalarında EPR spektrləri

EPR spektrometrinin rezonatorunda nümunələr yerləşən ampulanın müxtəlif bucaq variyasiyalarında öyrənilməsi, bucaq istiqamətlərinin dəyişdirilməsi spektrdə cüzi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur, bucaq variyasiyası spektrin quruluşuna nəzərəçarpan təsir etməmişdir. Şəkil 3.10.12 B-də ardıc bitkisinin toxumlarının 20°C temperaturda EPR spektrləri verilmişdir. Bucaq variyasiyasından asılı olaraq dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin EPR siqnallarının parametrlərində dəyişikliklər müşahidə edilmişdir. Ensiz sərbəst radikal siqnallarının ($g=2,0023$) və manqan ionlarının siqnallarının ($g=2,01$) davranışlarında və parametrlərində isə dəyişikliklər müşahidə edilməmişdir.

Beləliklə, ardıc giləmeyvələrinin toxumları və toxum qabıqlarından alınan EPR spektrlərinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, bu bitkilərdə giləmeyvələrin qabıqlarında sərbəst radikalların siqnallarının ($g=2,0023$) amplitudları onların toxumları ilə müqayisədə xeyli yüksəkdir. Yaranan belə vəziyyət bitkilərdə toxumların qabıqlarının müxtəlif stres amillərinin təsirlərinə, məsələn, UB-radiasiyaya, rütubətə, yüksək və aşağı temperatura, quraqlığa və s. daha çox məruz qalması ilə izah oluna bilər.

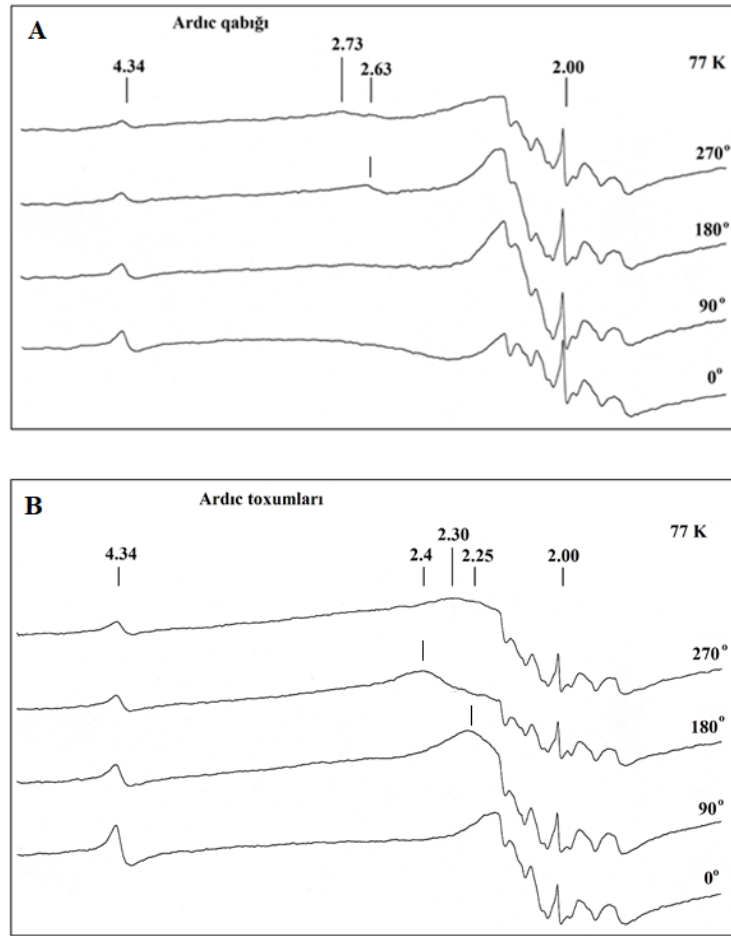
Həmçinin Mn-tərkibli SOD – u xarakterizə edən altıkomponentli siqnalların amplitudlarının ardıc giləmeyvələrinin toxum və toxum qabıqlarında fərqli olduğu müşahidə edilmişdir. Belə ki, toxumlarda qeydə alınan bu siqnalların intensivlikləri

qabıqlarda alınan siqnalların intensivliklərindən bir qədər intensiv olmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, kütlə vahidinə uyğun olaraq qabıq siqnallarının 40% böyük olması nəzərə alınmışdır.

Şəkil 3.10.13 - də isə uyğun olaraq təzə ardıc giləmeyvəsinin ayrı-ayrılıqda qabığının və meyvəsinin (toxum) EPR spektrləri maye azot temperaturunda (77 K) qeydə alınmışdır. Otaq temperaturunda qeydə alınan spektrlərdən fərqli olaraq burada ilk növbədə $g=4,34$ olan dəmir ionlarını xarakterizə edən zəif EPR siqnalının meydana çıxması nəzərə çarpmışdır. Ənənəvi olaraq bu siqnallar dəmirin üçvalentli formasının göstəricisidir. Bu siqnalın mənbəyi anizotropik quruluşa malikdir. Belə ki, müxtəlif bucaq variyasiyalarında onların amplitudunun dəyişməsi həm toxum qabıqları, həm də toxum (qabıqsız) nümunələrində müşahidə olunmuşdur. Otaq temperaturundan fərqli olaraq 77 K temperaturda müxtəlif bucaq variyasiyalarında qeydə alınan siqnalların quruluşlarının kifayət qədər dəyişməsi aşkar edilmişdir. Hesab etmək olar ki, bu siqnallara cavabdeh olan kompleks birləşmələr istiqamətlənmiş quruluşa malik olduqları üçün bucaq variyasiyası rezonatorunda udulan və dalğa uzunluğu 3 sm olan kvantların dissipasiyasında əhəmiyyətli dəyişikliklərə səbəb olur. Otaq temperaturundan (295 K) başqa maye azot temperaturunda da (77 K) bitkilərin giləmeyvələrinin qeydə alınan EPR spektrlərinə əsasən müəyyən edildi ki, sərbəst radikal siqnallarının amplitudları toxumların qabıqlarında toxumlara nəzərən təqribən iki dəfə yüksəkdir (şəkil 3.10.13). Bundan başqa dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin EPR siqnallarının temperaturdan asılılığının Mn - tərkibli SOD – u xarakterizə edən EPR siqnallarının temperaturdan asılılığından fərqli olduğu aşkar edilmişdir [139, s. 174-175].

Ardıc bitkisinin otaq temperaturunda qurudulmuş giləmeyvə nümunələrinin spektrlərində olduğu kimi, təzə giləmeyvələrində də EPR siqnallarının intensivliklərinin bucağın variyasiyasından asılı olduğu müəyyən edilmişdir. Qurudulmuş giləmeyvə nümunələrinin spektrləri ilə təzə giləmeyvələrin EPR spektrlərini müqayisə etdikdə aşkar olunmuşdur ki, təzə giləmeyvələrdə Mn - tərkibli SOD – u xarakterizə edən siqnalın intensivliyi daha yüksəkdir. Bu isə təzə ardıc

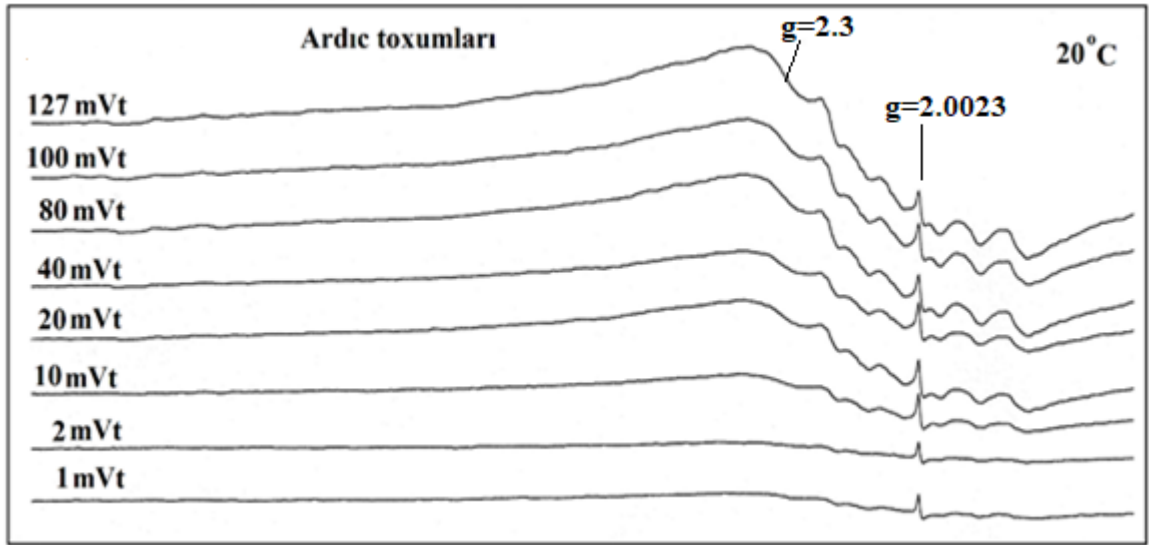
giləmeyvələrinin antioksidant aktivliyinin qurudulmuş ardıc giləmeyvələri ilə müqayisədə daha yüksək olduğunun göstəricisidir.



Şəkil 3.10.13. *Juniperus communis* bitkisinin təzə giləmeyvələrinin toxum və qabıq hissələrinin 77 K temperaturda, müxtəlif bucaq variasiyalarında EPR spektrləri

Eyni zamanda 20°C temperaturda ardıc bitkisinin təzə giləmeyvələrinin toxum və toxum qabığı hissələrinin EPR siqnallarının intensivliyinin mikrodalğa gücündən asılı olduğu da müəyyən edilmişdir (şəkil 3.10.14). Şəkil 3.10.14 – də otaq temperaturunda ardıc bitkisinin toxumunun EPR siqnallarının klistrondan rezonatora verilən kvantların miqdarından (gücündən) asılılığı verilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, 20 mVt gücündən sonra sərbəst radikal siqnalları ($g=2.0023$) artıq doyma halına gəlirlər. Dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalları ($g=2.3$) isə hətta 100 mVt gücündən sonra da doyma halına gəlmirlər. Bu ona dəlalət edir ki, udulan kvantlar nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəcikləri tərəfindən ətraf mühitə dissipasiya olunur. Yekun olaraq belə bir fikri vurğulamaq olar ki, ardıc bitkisinin yeni dərilmiş

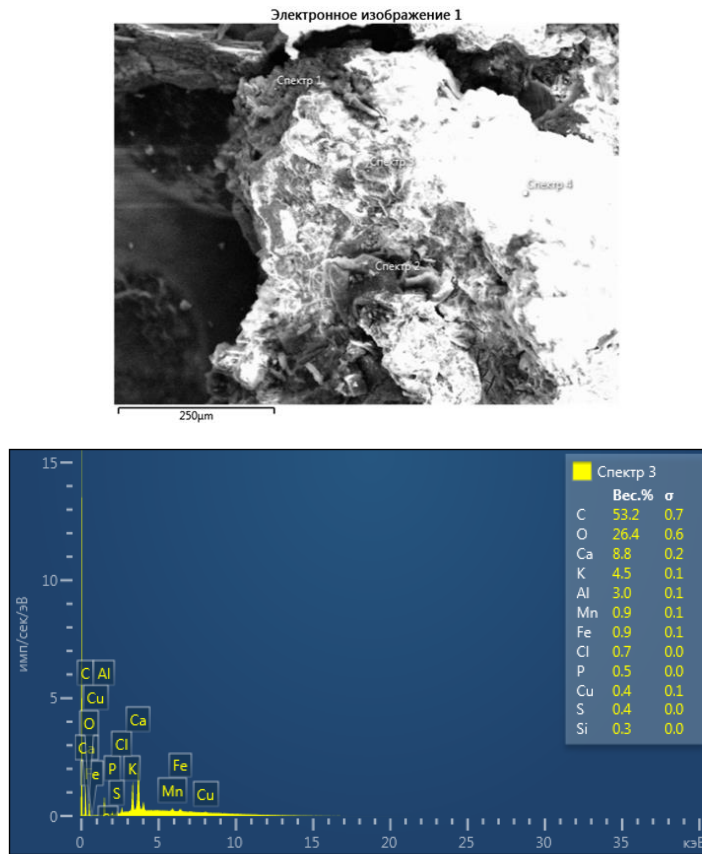
giləmeyvələri daha yüksək bioloji fəallığa malik olub formokologiyada, əczaçılıqda geniş istifadə edilə bilər.



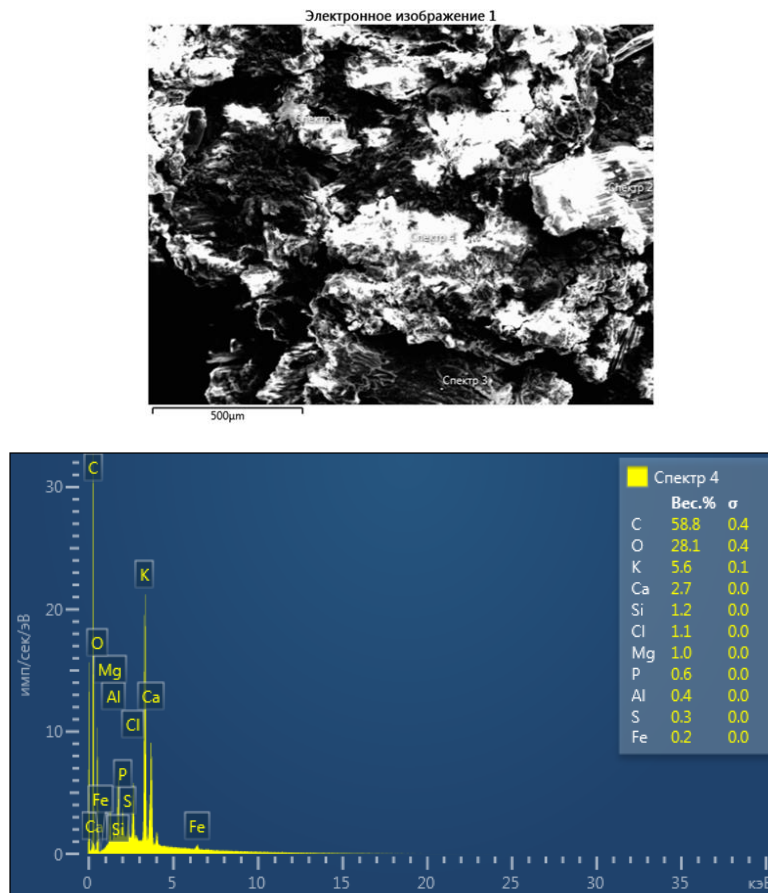
Şəkil 3.10.14. *Juniperus communis* bitkisinin təzə giləmeyvələrinin toxum və qabıq hissələrinin otaq temperaturunda müxtəlif İYT gücündə EPR spektrləri

Antioksidant fəallıq, immunitetin artırılması və başqa xüsusiyyətlər cavan giləmeyvələrdə daha qabarıq özünü göstərir. Məxsusi EPR siqnalları bu baxımdan çox qiymətli bioindikasiya parametrləri kimi biodiaqnostikada və biomonitorinqdə istifadə edilə bilər. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, Mn- tərkibli SOD – u xarakterizə edən siqnalları OFF – nın qarşısını alan sintez olunan fermentativ sistemlərin göstəricisi hesab etmək olar.

EPR metodu ilə alınan nəticələri ümumiləşdirmək üçün araşdırılan Nefrovil və İmmunostan dərman preparatlarının SEM vasitəsilə mikroskopik tədqiqi məqsədi ilə də təcrübələr aparılmışdır. Şəkil 3.10.15 və 3.10.16 - da uyğun olaraq Nefrovil və İmmunostanın SEM təsvirləri və onların element analizlərinin spektrləri verilmişdir. Nefrovil nümunələrində Mn və Fe komponentlərinə rast gəlinməyi halda, İmmunostan nümunələrində yalnız Fe atomları ilə bağlı komponentlər müşahidə olunmuşdur.



Şəkil 3.10.15. Nefrovil nümunələrinin SEM təsviri və element analizi



Şəkil 3.10.16. İmmunostan nümunələrinin SEM təsviri və element analizi

Beləliklə, ardıc (*Juniperus communis*) giləmeyvələrinin təzə və qurudulmuş toxum qabığı və toxum nümunələrində, eyni zamanda Nefrovil və İmmunostan nümunələrində aparılan EPR tədqiqatları, paramaqnit mərkəzlərin öyrənilməsi göstərdi ki, dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri toxumun qabıqlarında aşkar edildiyi halda, Mn tərkibli fermentlər giləmeyvənin toxumlarında daha çox müşahidə edilmişdir. Eyni əlamətlər Nefrovil (Mn – a malik olan) və İmmunostan (dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə malik olan) üçün də alınmışdır. Nefrovil preparatları antioksidant fəallığın güclənməsi üçün, İmmunostan preparatları isə insan orqanizminin immun sisteminin güclənməsi üçün istehsal olunurlar. Qeydə alınan EPR spektrlərinə əsasən məlum oldu ki, ardıc giləmeyvələrindən alınan siqnalların amplitudları temperaturun, mikrodalğa gücünün təsirinə və həmçinin maqnit sahəsinə nəzərən bucaq variyasiyasının dəyişməsinə həssasdır. Mn-nın EPR siqnalları isə yalnız temperaturun və mikrodalğa gücünün təsirinə qarşı həssasdırlar. Həmçinin əsasən 77K temperaturda detektə olunan dəmir ionlarının zəif EPR siqnalının ($g=4,34$) intensivliyinin nümunənin bucaq variyasiyasından asılı olduğu müşahidə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, immunostanda dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri və dəmir ionlarının EPR siqnalları tamamilə korrelyasiya olunurlar. Tədqiq edilən biomateriallar üçün stres zamanı biominerallaşma hadisəsinin baş verməsi təcrübi olaraq sübut edilmişdir. Alınmış nəticələr *Juniperus communis* əsaslı dərmanların əczaçılıq və biotibdə tətbiqi üçün onların inkişafına və funksionallaşmasına geniş imkanlar açır və perspektivlər yaradır.

3.11. Bəzi ali su bitkilərində stres zamanı maqnit nanohissəciklərinin hərəkətinin, maqnit xassələrinin, elektrik xüsusiyyətlərinin və paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi

3.11.1. Su limnofilası (*Limnophila aquatica*) bitkisinde dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin hərəkətinin EPR metodu ilə tədqiqi

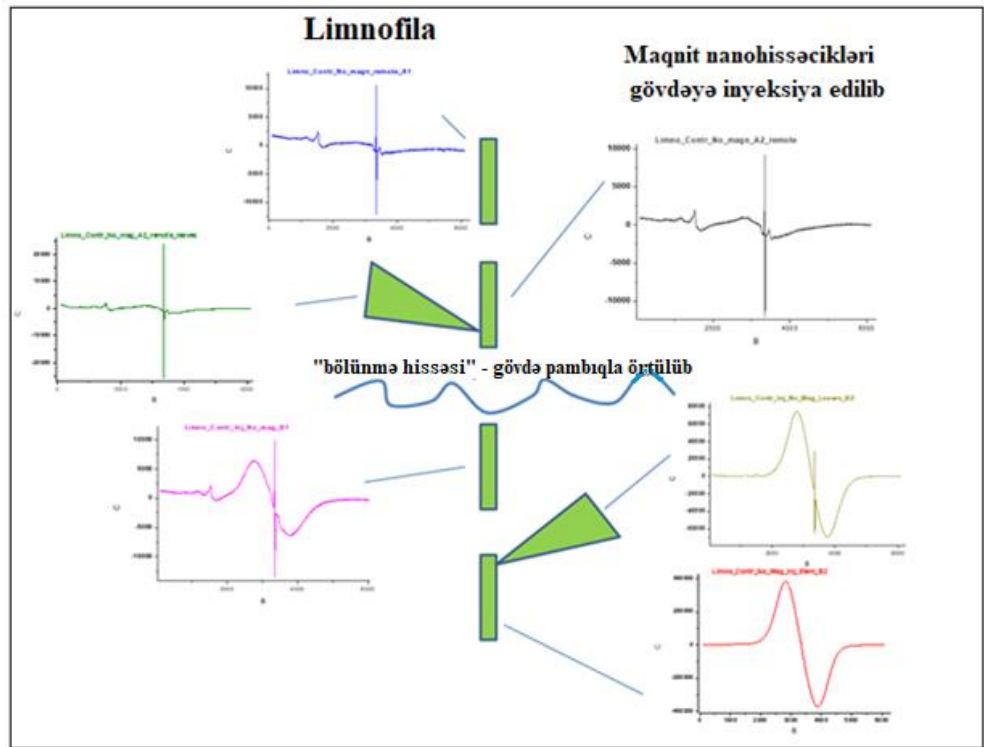
Abşeronun müxtəlif ərazilərində bitən ağac və kol bitkiləri, onların müxtəlif orqanları (yarpaq, gövdə, toxum və toxum qabıqları), eyni zamanda model sistem kimi

laboratoriya şəraitində yetişdirilən müxtəlif bitki toxumlarının cücərtilləri və xloroplastlar, ən nəhayət müqayisə məqsədi ilə Abşeron yarımadasına aid olmayan ərazilərdən toplanmış bitki nümunələrinin müxtəlif orqanlarında paramaqnit mərkəzləri EPR metodu ilə tədqiq olunarkən mühüm praktiki əhəmiyyətli nəticələr alınmışdır [188, s.5], [139, s.161]. Stres amillərinin təsiri zamanı onlarda biominerallaşma hadisəsi nəticəsində biogen nanofazalı dəmir oksidi hissəciklərinin və yeni maqnit xassələrinin yarandığı göstərilmişdir. Bu nəticələrin ümumiliyi və universallığı ali su bitkilərindən su limnofilası (*Limnophila aquatica*) və elodea (*Elodea canadensis*) ilə aparılan təcrübələrdə bir daha təsdiq edilmişdir.

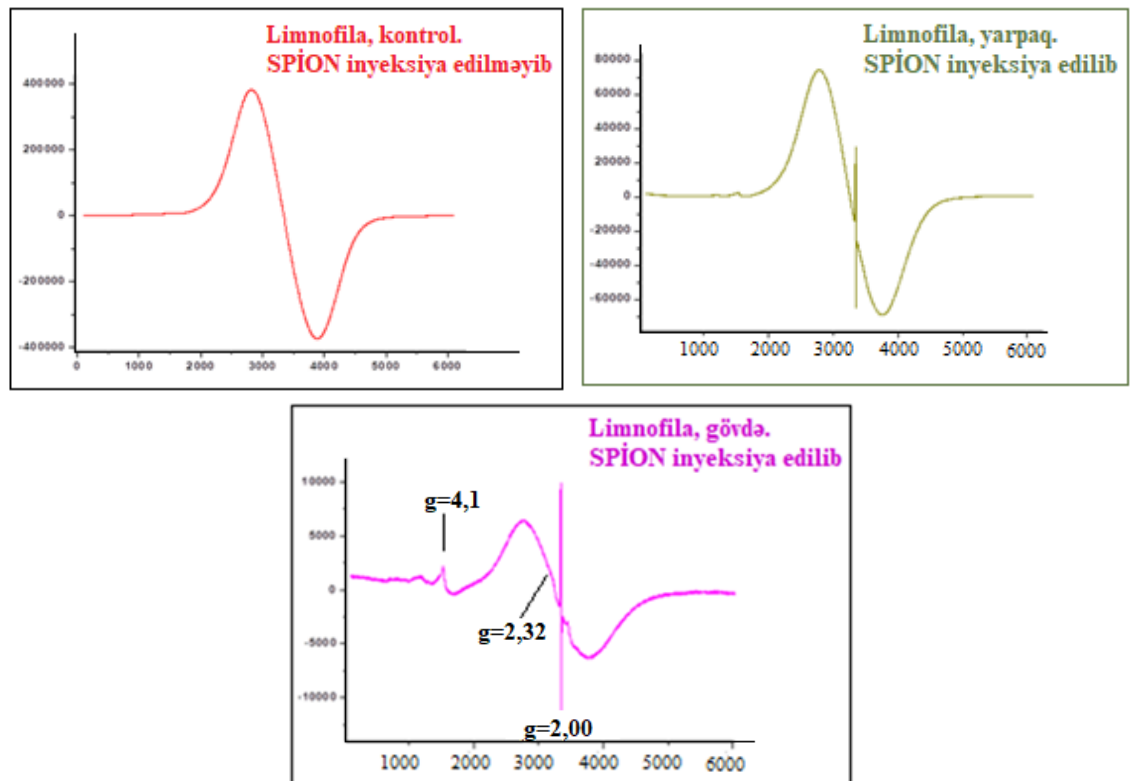
Bu təcrübələrin aparılmasında məqsəd maqnit nanohissəciklərinin bitkilərdə hərəkətinin öyrənilməsi və əgər bitkinin yetişdiyi mühitdə nanohissəciklər mövcuddursa, onların bitkinin müxtəlif orqanlarına daşınması, miqراسiyası ehtimalının müəyyən edilməsi olmuşdur.

Su limnofilası (*Limnophila aquatica*) ilə aparılan təcrübələrin sxematik təsviri şəkil 3.11.1 – də göstərilmişdir. Təcrübə zamanı *Limnophila aquatica* bitkisi daxilində pambıqla örtülmüş arakəsməsi olan və içərisində su mühiti olan xüsusi qaba gövdəsi pambıqla örtülərək qoyulmuşdur. Bitkinin kök hissəsi arakəsmənin bir tərəfində, yuxarı hissəsi isə digər tərəfində yerləşdirilmişdir. Sonra bitkinin aşağı hissəsindən gövdəsinə inyeksiya vasitəsilə kimyəvi yol ilə sintez olunmuş dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri (SPION) yeridilmişdir.

Qeyd olunduğu kimi bu təcrübələri aparmaqda məqsəd bitkinin gövdəsinin aşağı hissəsinə yeridilən dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin bitkinin digər orqanlarına, gövdənin yuxarı hissəsinə hərəkət edib-etmədiyini müəyyən etməkdən ibarət olmuşdur. Su limnofilası gövdəsinin aşağı hissəsinə (kök hissəsinə yaxın) inyeksiya vasitəsilə dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri yeridildikdən sonra arakəsmədən əvvəl və arakəsmədən sonra bitkinin gövdə və yarpaqlarının EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, arakəsməyə qədər gövdə və yarpaqlarda maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalları yaranır (şəkil 3.11.2).

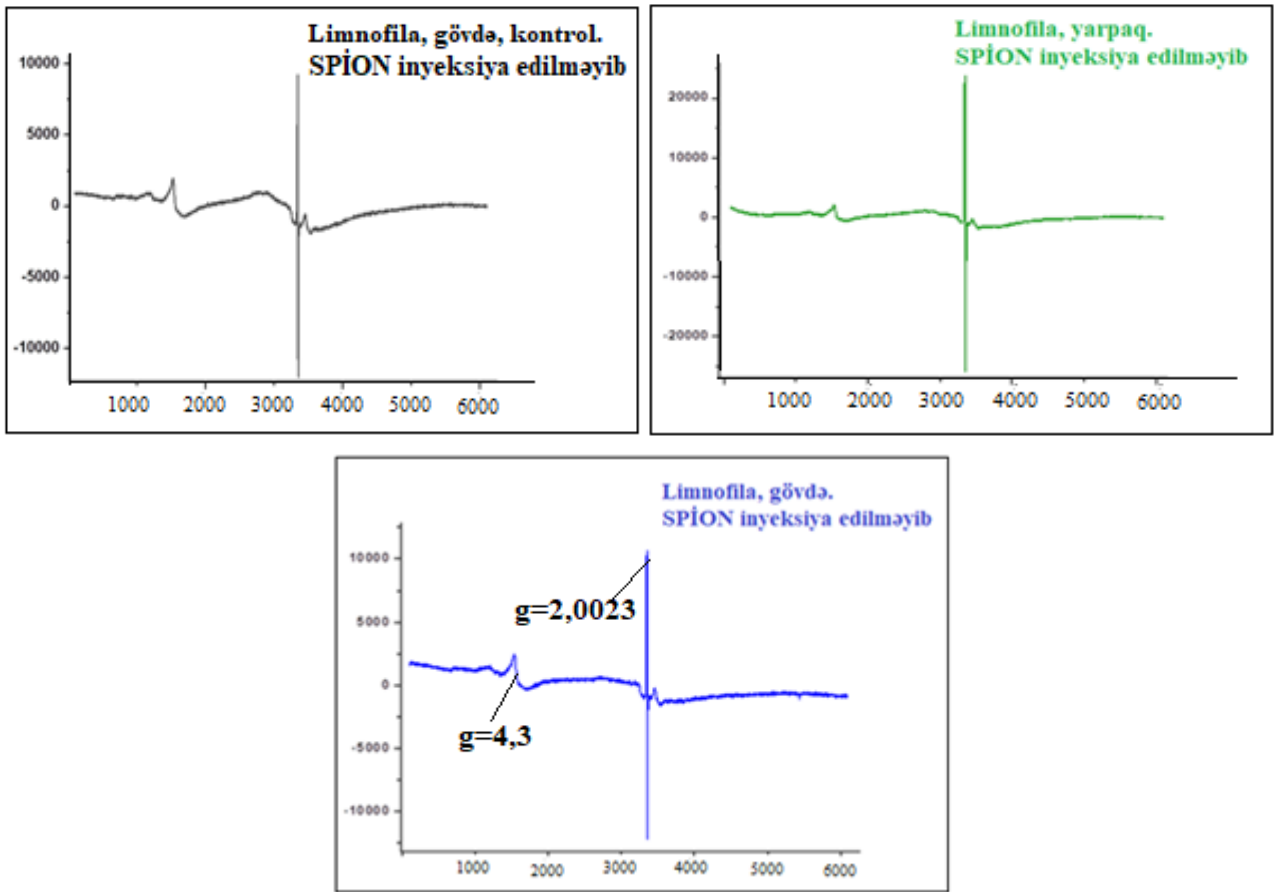


Şəkil 3.11.1. Gövdəsinə inyeksiya şəklində dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri yeridilən *Limnophila aquatica* bitkisinin nanohissəciklərin hərəkətinin sxematik təsviri



Şəkil 3.11.2. Arakəsməyə qədər olan hissədə *Limnophila aquatica* bitkisinin yarpaq və gövdə hissələrinin EPR spektrləri

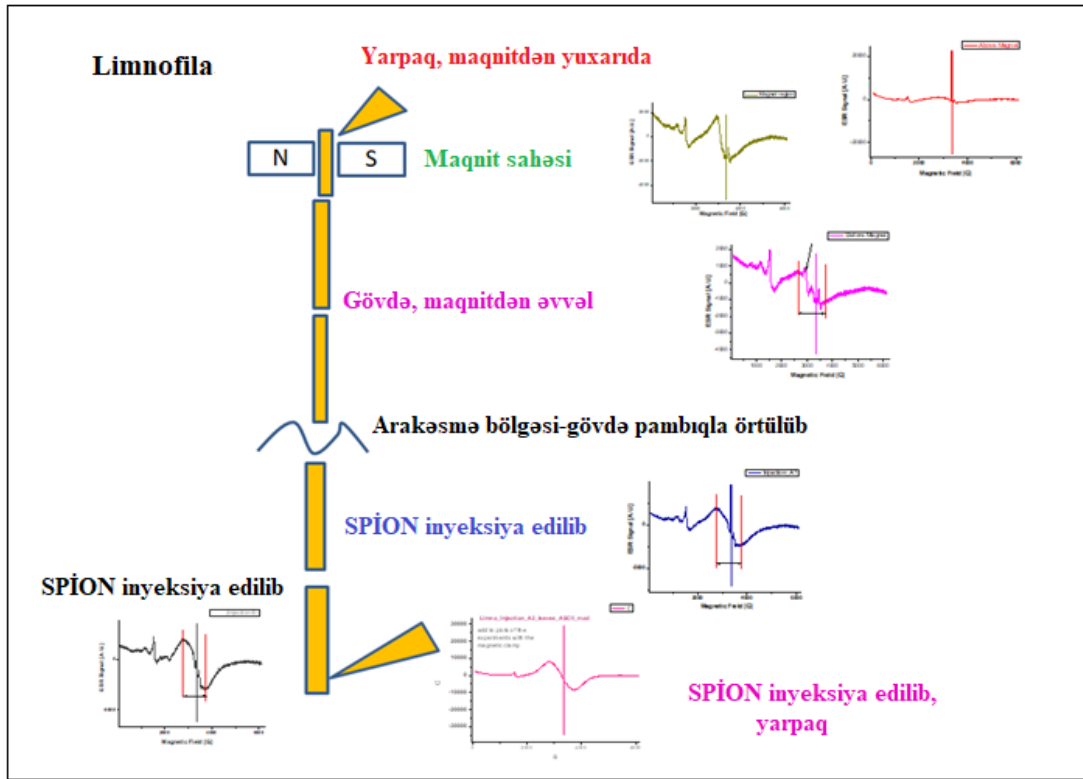
Şəkil 3.11.2- dən görüldüyü kimi nanoölçülü maqnit hissəciklərdən hazırlanmış suspenziya ilə təsir etdikdən sonra limnofila yarpaqlarından alınan spektrlərdə ensiz sərbəst radikal signalı ($g=2,0023$) və yüksək intensivlikli maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar ($g=2,32$) yaranır. Bitkinin gövdəsində bu siqnallar ilə yanaşı dəmir ionlarının da siqnalı ($g=4,1$) qeydə alınmışdır (şəkil 3.11.2). Lakin arakəsmədən yuxarı hissədə demək olar ki, maqnit nanohissəciklərinin siqnalları müşahidə edilmir (şəkil 3.11.3). Bu da bitkinin gövdə və yarpaq orqanlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin hərəkətinin zəif olmasına dəlalət edir. Şəkil 3.11.3 - dən görüldüyü kimi arakəsmədən yuxarıda olan hissədə yalnız yüksək amplituda malik olan sərbəst radikal siqnalları ($g=2,0023$) və dəmir ionlarının siqnalları ($g=4,3$) qeydə alınmışdır.



Şəkil 3.11.3. Arakəsmədən sonra olan hissədə *Limnophila aquatica* bitkisinin yarpaq və gövdə hissələrinin EPR spektrləri

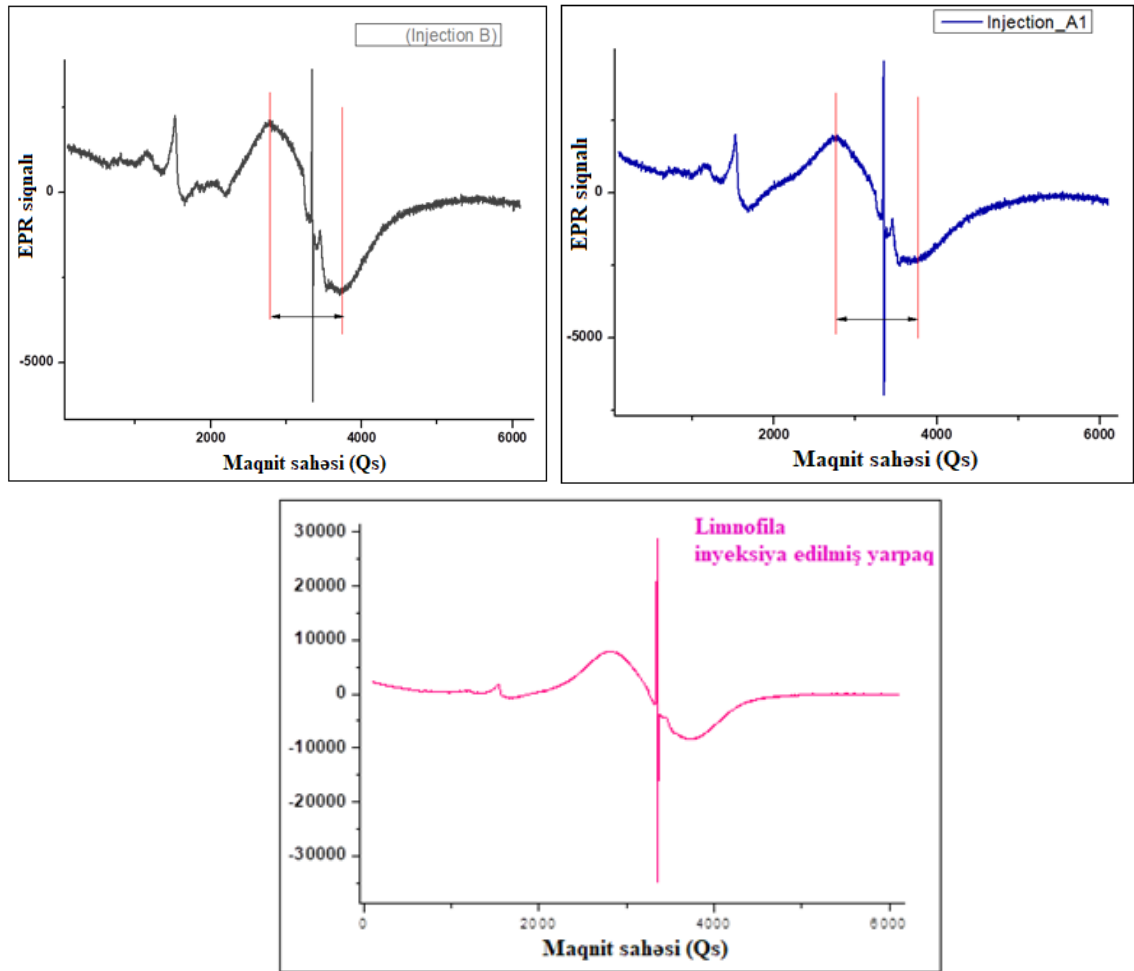
Növbəti təcrübədə bu prosesə, yəni maqnit nanohissəciklərdən hazırlanmış suspenziyanı bitkinin kökə yaxın hissəsinə yeritdikdən sonra nanohissəciklərin bitkinin

digər orqanlarına və gövdənin yuxarı hissəsinə hərəkət edib-etməməsinə maqnit sahəsinin təsiri öyrənilmişdir. Təcrübə sxematik olaraq şəkil 3.11.4-də göstərilmişdir.

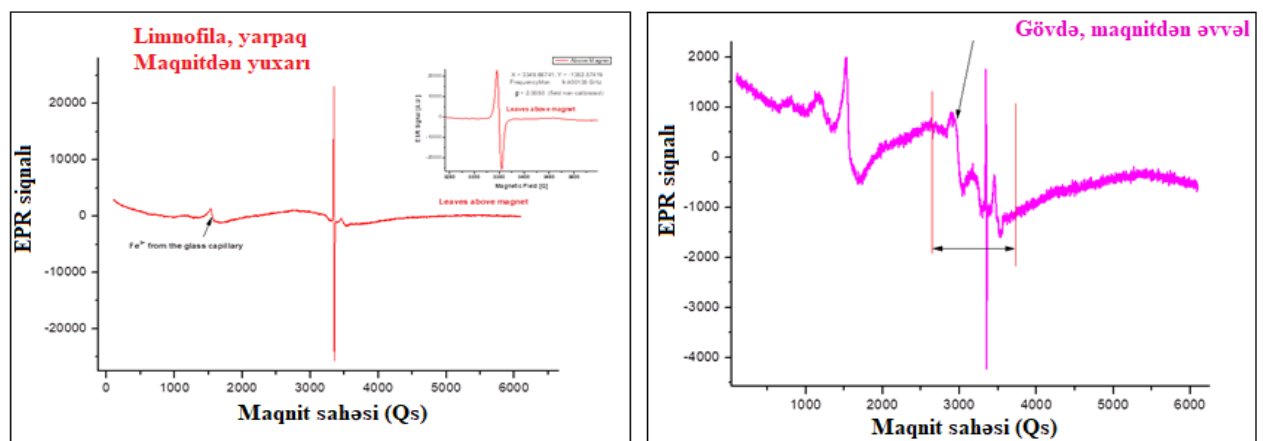


Şəkil 3.11.4. Gövdəsinə dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri inyeksiya olunan *Limnophila aquatica* bitkisinə nanohissəciklərin hərəkətinə maqnit sahəsinin təsirinin sxematik təsviri

Bunun üçün limnofilanın gövdəsinə (arakəsmədən aşağıda) dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri inyeksiya şəklində yeridilmiş və gövdənin yuxarı hissəsində (arakəsmədən sonra) maqnit sahəsi yaradılmışdır (şəkil 3.11.4). Sonra isə ardıcıl olaraq arakəsmənin aşağı və yuxarı hissələrində limnofila bitkisinin müxtəlif orqanlarında (yarpaq və gövdə) yaranan paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmişdir. Arakəsmədən aşağı hissədə limnofila bitkisinin yarpaq və gövdə orqanlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin geniş siqnalları qeydə alınmışdır (şəkil 3.11.5). Arakəsmənin yuxarı hissəsində isə yarpaq və gövdə orqanlarında yalnız sərbəst radikal siqnallarının yarandığı detektə edilmişdir (şəkil 3.11.6).



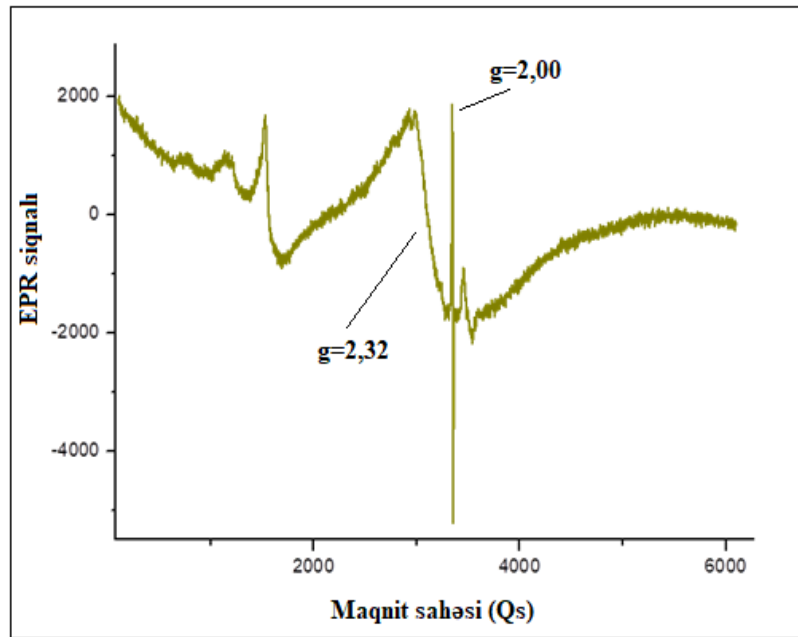
Şəkil 3.11.5. Arakəsməyə qədər *Limnophila aquatica* bitkisinin yarpaq və gövdə hissələrinin EPR spektrləri



Şəkil 3.11.6. Arakəsmədən sonra *Limnophila aquatica* bitkisinin gövdə və yarpaq hissələrinin EPR spektrləri

Qeyd etmək lazımdır ki, arakəsmədən yuxarıda - maqnit sahəsi yaradılan hissədə maqnit nanohissəciklərinin signalı qeydə alınmışdır (şəkil 3.11.7). Aparılan təcrübədən belə nəticəyə gəlmək olur ki, arakəsmədən yuxarı hissədə yaradılan maqnit sahəsi maqnit nanohissəciklərinin bitkinin gövdəsi boyunca hərəkətinə, daşınmasına heç bir təsir etmir. Çünki arakəsmədən sonra və maqnit sahəsindən əvvəl olan hissədə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən signal çox zəif olmuşdur və yaxud heç yaranmamışdır (şəkil 3.11.4).

Maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən signal arakəsmədən sonra məhz maqnit sahəsi yaradılan hissədə qeydə alınmışdır. Maqnit sahəsindən əvvəl və sonra isə bu signal müşahidə edilməmişdir. Bitkinin gövdəsində maqnit sahəsi yaradılan hissədə nanoölçülü maqnit hissəciklərinin signalının yaranması məhz stres amili olaraq yaranan maqnit sahəsi ilə əlaqədar ola bilər. Başqa sözlə, güclü maqnit sahəsi stres faktor kimi qamma radiasiya, UB-şüalanma, ekoloji çirklənmə, temperatur, quraqlıq, müxtəlif xəstəliklər və s. kimi stres amillərinə adekvat ola bilər.



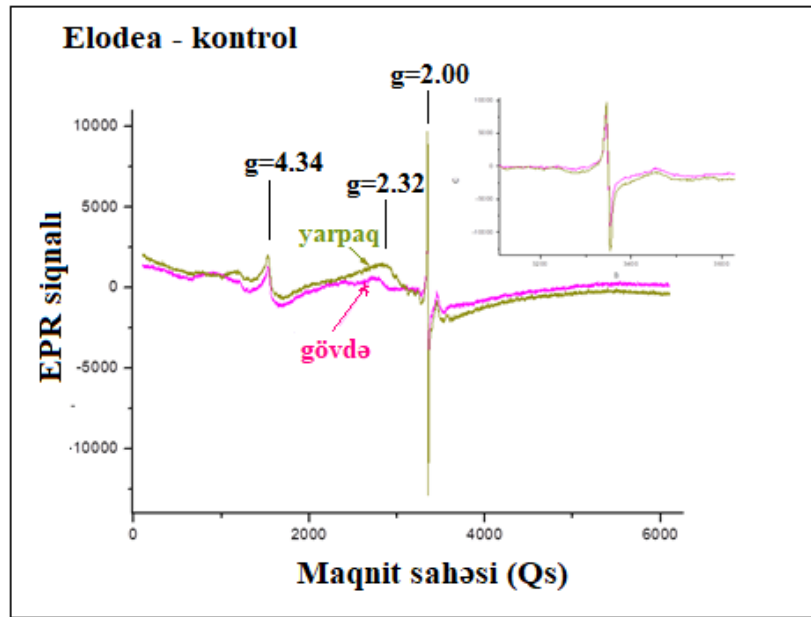
Şəkil 3.11.7. Arakəsmədən sonra maqnit yerləşdirilən hissədə *Limnophila aquatica* bitkisinin gövdəsindən alınan EPR spektri

Su bitkilərindən *Limnophila aquatica* ilə aparılan təcrübələrdə müəyyən edirik ki, əgər mühitdə nanohissəcik olarsa, onlar bir qayda olaraq bitkinin müxtəlif orqanlarına toplanmır və yaxud çox cüzi miqdarda toplanır. Bitkilərdə aşkar etdiyimiz

nanohissəciklər isə əsasən stres amilinin təsiri nəticəsində bitkinin özündə biominerallaşma nəticəsində əmələ gəlirlər.

3.11.2. *Elodea (Elodéa canadensis)* su bitkisinin paramaqnit mərkəzlərinə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin təsiri

Su bitkiləri ilə aparılan təcrübələrin davamı olaraq, *Elodea (Elodéa canadensis)* bitkisinə stres amili kimi dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin təsiri EPR metodu ilə öyrənilmiş, onlarda yaranan paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmişdir. Əvvəlcə heç bir təsirə məruz qalmayan (kontrol) *Elodéa canadensis* bitkisinin ayrı-ayrılıqda yarpaq və gövdə orqanlarının maqnit sahəsinin geniş intervalında (0-6000 Qs) EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 3.11.8).

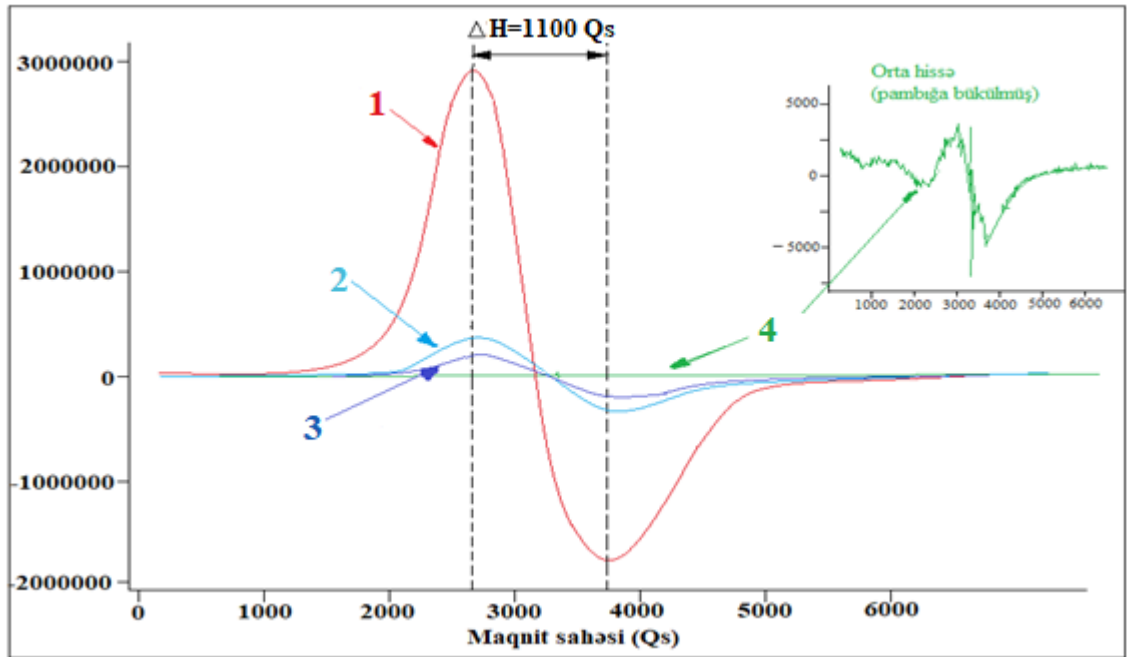


Şəkil 3.11.8. *Elodea canadensis* bitkisinin yarpaq və gövdələrinin EPR spektrləri

Şəkildən görüldüyü kimi *Elodea canadensis* bitkisinin kontrol nümunəsinin gövdə və yarpaq orqanlarının EPR spektrlərində maqnit sahəsinin çox geniş diapazonunda (0-6000 Qs) üç müxtəlif signal müşahidə edilmişdir. Yarpaq və gövdə nümunələrində $g=2,0023$ olan sərbəst radikal signalı, $g=4,34$ olan kiçik amplitudlu dəmir ionlarının signalı və $g=2,32$ olan dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə məxsus zəif intensivlikli siqnalların generasiya olunduğu detektə edilmişdir. Müəyyən

olunmuşdur ki, hər üç EPR signalının intensivliyi yarpaqlarda gövdəyə nisbətən daha yüksəkdir (şəkil 3.11.8).

Sonrakı təcrübələrdə beş gün dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərindən hazırlanmış suspenziyada saxlanan elodea bitkisinin yarpaqları EPR metodu ilə tədqiq edilmişdir. Suspenziyada saxlanan elodea bitkisinin orta hissəsi pambıqla örtülmüşdür. Beş gün sonra onların yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir (şəkil 3.11.9).

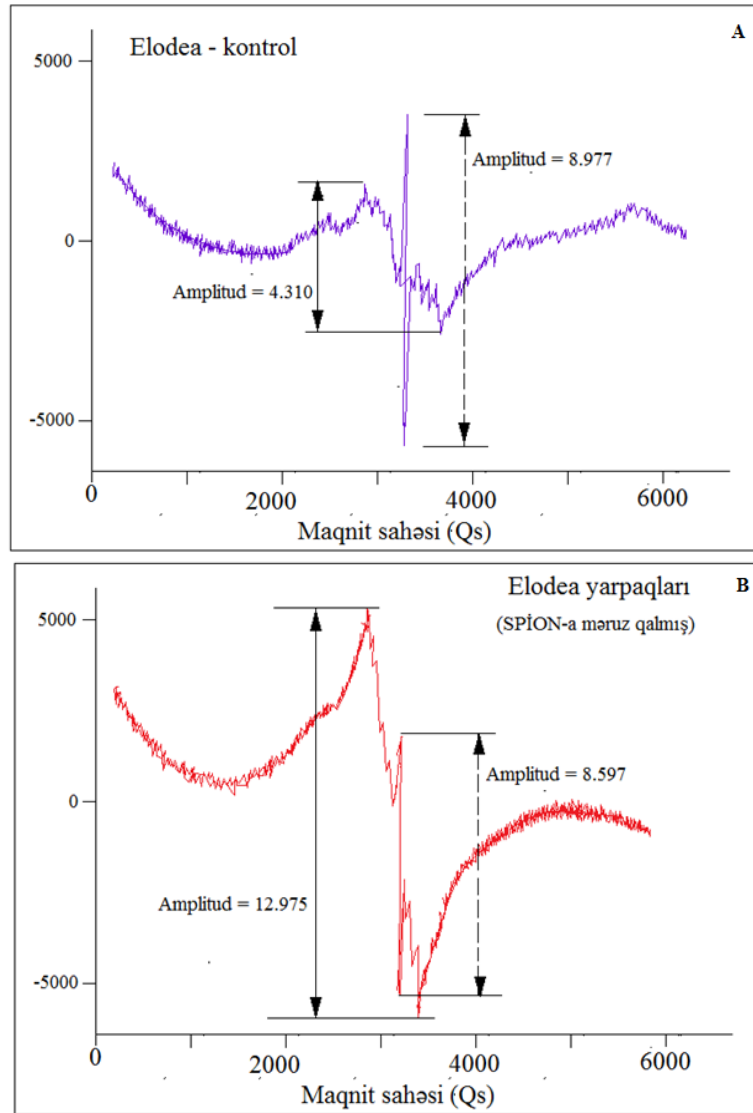


Şəkil 3.11.9. *Elodea canadensis* bitkisinin 5 gün 2 ml qabda maqnit nanohissəciklərinə məruz qalmış yarpaqlarının EPR spektrləri.

1-yuyulmamış yarpaq, 2-maye, 3-yuyulmuş yarpaq, 4-orta hissədən yarpaq

Beş gün sonra yuyulmuş və yuyulmamış *Elodea* yarpaqlarının EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Yuyulmamış yarpaq nümunələrində çox yüksək amplituda və geniş enə malik olan dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin EPR signalının əmələ gəldiyi müşahidə edilmişdir. Bu signalın eni təqribən 1160 Qs olmuşdur. Yuyulmuş yarpaq nümunələrində isə alınan signalın intensivliyi təqribən 4,5-5,00 dəfə aşağı düşmüşdür. Bitkinin orta hissəsindən, pambıqla bükülmüş hissəsindən götürülən yarpaqlarda manqan tərkibli SOD – u xarakterizə edən signalın alındığı müşahidə edilmişdir (şəkil

3.11.9). Yarpaq nümunələrində maqnit nanohissəciklərinin siqnalının intensivliyinin nəzərəçarpan azalması ehtimal etməyə imkan verir ki, bu nanohissəciklər bitki yarpaqlarının daxilinə keçməmişlər. Maqnit nanohissəcikləri yarpaqların səthində toplanmışlar ki, bunu da biz yuyulmamış yarpaqların EPR spektrlərində müşahidə edə bilirik. Digər təcrübədə elodeanın kökə yaxın hissəsi yeddi gün ərzində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərindən hazırlanmış suspenziyada saxlanılmışdır. Yeddi gün sonra kökə yaxın hissəsi suspenziyada saxlanan *Elodea canadensis* bitkisinin yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlər müqayisəli şəkildə öyrənilmişdir və onların kontrol bitkilərin yarpaq nümunələri ilə müqayisəli analizi aparılmışdır (şəkil 3.11.10).



Şəkil 3.11.10. Kontrol (A) və 7 gün ərzində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə məruz qalmış (B) *Elodea canadensis* yarpaqlarının EPR spektrləri

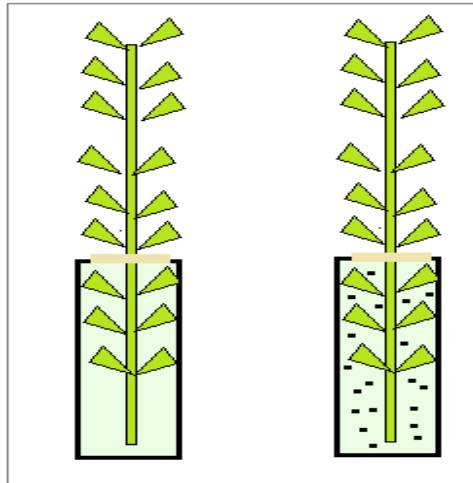
Elodea canadensis yarpaqlarının dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri ilə qarşılıqlı təsiri zamanı bitki yarpaqlarında Mn^{2+} ionlarını xarakterizə edən yüksək incə quruluşa malik olan altı komponentli EPR siqnalı müşahidə edilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi *Elodea canadensis* bitkisinin kökləri dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərindən hazırlanmış məhlulda yeddi gün ərzində qaldıqda bitkinin kökdən uzaqda yerləşən yarpaqlarında manqan ionlarını xarakterizə edən altıkomponentli EPR siqnalının intensivliyi kontrola nəzərən xeyli dərəcədə artır (şəkil 3.11.10 B). Kontrol variantda qeydə alınan EPR siqnalları kökləri adi su məhlulunda yerləşən *Elodea canadensis* bitkisinin yarpaqlarından alınmışdır. Yarpaqlar qurulandıqdan sonra onlarda paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir.

EPR spektrlərinin müqayisəli analizi ona dəlalət edir ki, kontrol və dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri əlavə edilmiş nümunələrdə məxsusi siqnalların formaları dəyişməsə də intensivliklərində nəzərəçarpan fərqlər müşahidə edilmişdir. Sərbəst radikal siqnalının ($g=2,0023$) amplitudunun manqan ionunun EPR siqnalına nisbəti uyğun olaraq təqribən 2-dən 0,6-ya qədər dəyişmişdir. Bu onu göstərir ki, təcrübə variantında hüceyrədaxili proseslərdə dəyişiklik baş verir. Şəkil 3.11.10 – da təsvir olunan EPR siqnalları çox ehtimal ki, manqan tərkibli SOD – u xarakterizə edən paramaqnit mərkəzlərdən alınmışdır. Hüceyrə sistemlərində bu ferment əsasən OFF - superoksid anion radikal (O_2^-) yaranan zaman sintez olunur. Mn-SOD fermentinin əsas funksiyası OFF-dan biri olan superoksid anion radikalı (O_2^-) başqa bir formaya, yəni hidrogen peroksidə (H_2O_2) çevirməkdir.

Şəkil 3.11.10 – da kontrol və təcrübə nümunələrindən alınan siqnalların müqayisəsi onu göstərir ki, manqan tərkibli SOD – u xarakterizə edən EPR siqnalının amplitudunun intensivliyi xeyli artır. Bu onu göstərir ki, dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin molekullarının *Elodea canadensis* bitkisinin köklərində yaratdığı stres genomun nəzarəti altında olan siqnal zülallarının kökdən uzaqda yerləşən yarpaqlarda SOD – un siqnalının yaranmasına səbəb olur. Yarpaqlarda yaranan stressə cavab reaksiyası olaraq SOD-u xarakterizə edən siqnal müşahidə olunur. Mn – SOD molekullarının miqdarı xarakteristikası kimi müşahidə etdiyimiz xarakterik geniş EPR siqnalının intensivliyini götürə bilərik. Şəkil 3.11.10-dan görüldüyü kimi kontrol və təcrübə nümunələrində Mn –

SOD –u xarakterizə edən EPR siqnallarının fonunda sərbəst radikalı göstərən EPR siqnalı vardır. Bu siqnalların intensivliyi hər iki halda bir-birinə yaxındır. Bu onu göstərir ki, *Elodea canadensis* bitkisinin köklərinin nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin məhlulunda 7 günlük inkubasiyası bilavasitə inkubasiyada iştirak etməyən yarpaqlarda “oksidləşdirici stres” yaratsa da orada sərbəst radikalların miqdarı artmır. Yarpaq hüceyrələri stres vəziyyətində olsalar da dağıdıcı təsirə məruz qalmırlar. Oksidləşdirici stresin mənbəyi olan OFF-nı (1O_2 , O_2^- , $^{\cdot}OH$, H_2O_2 və s.) aradan qaldırmaq üçün hüceyrədə mövcud olan müdafiə sistemləri işə düşür. Onlardan biri də superoksid anion radikalı (O_2^-) neytrallaşdırın maqnit tərkibli SOD fermentativ sistemidir.

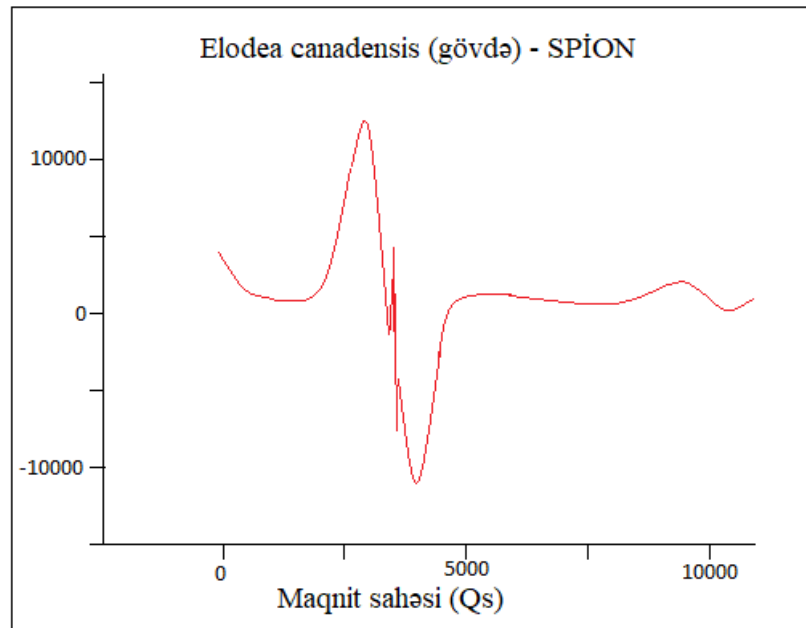
Növbəti təcrübələr aşağıdakı ardıcılıqla aparılmışdır: elodea bitkisinin kök hissəyə yaxın hissəsi yeddi gün müddətində Fe_3O_4 nanohissəciklərindən hazırlanmış suspenziyada saxlanmışdır. Yeddi gün sonra bitkinin müxtəlif hissələrindən (yuxarı və aşağı yaruslardan) yarpaq və gövdə nümunələrinin EPR spektrləri çəkilmiş və onlarda paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir. Təcrübənin aparılması şəraiti sxematik olaraq şəkil 3.11.11- də verilmişdir.



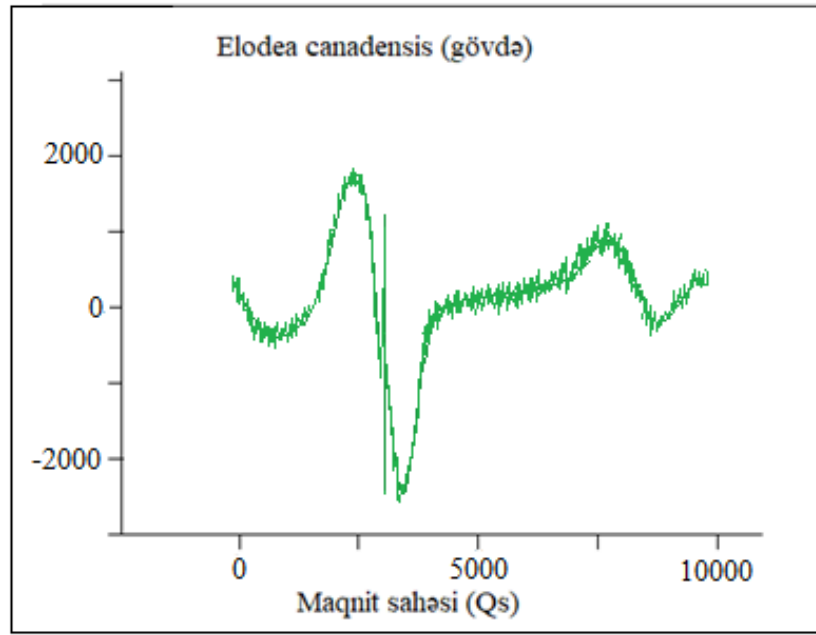
Şəkil 3.11.11. Kontrol və dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri əlavə edilmiş məhlulda 7 gün saxlanan *Elodea canadensis* bitkisi ilə aparılan təcrübənin sxematik təsviri

Elodea canadensis bitkisinin maqnit nanohissəciklərindən hazırlanmış suspenziyada saxlanan və kənarında qalan hissələrində yarpaq və onlara uyğun gövdə hissələrinin EPR spektrləri çəkilmişdir (şəkil 3.11.13; şəkil 3.11.14). Dəmir oksidi

maqnit nanohissəciyinin molekulunun adi suda hazırlanmış məhlulu xüsusi şüşə boru vasitəsi ilə şaquli şəkildə Elodea bitkisinin kəsilmiş gövdəsinə 7 gün ərzində yeridilmişdir (şəkil 3.11.11). Hazırlanmış plastik arakəsmə dəmir oksidi maqnit nanohissəciyinin molekullarının Elodea bitkisinin uzun şüşə fincanda yerləşdiyi su mühitini çirklənmədən qorumuşdur. Yeddi gündən sonra Elodea bitkisinin gövdəsinin müxtəlif hissələri kəsilmiş və ona uyğun yarpaqlar ayrılmış, qurulanmış və onların EPR spektrlərinə baxılmışdır. Şəkil 3.11.12, 3.11.13 və 3.11.14 – də bu nümunələrdən alınmış EPR spektrləri göstərilmişdir. Dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin xarakterik geniş EPR siqnalı şəkil 3.11.12 - də göstərilmişdir.

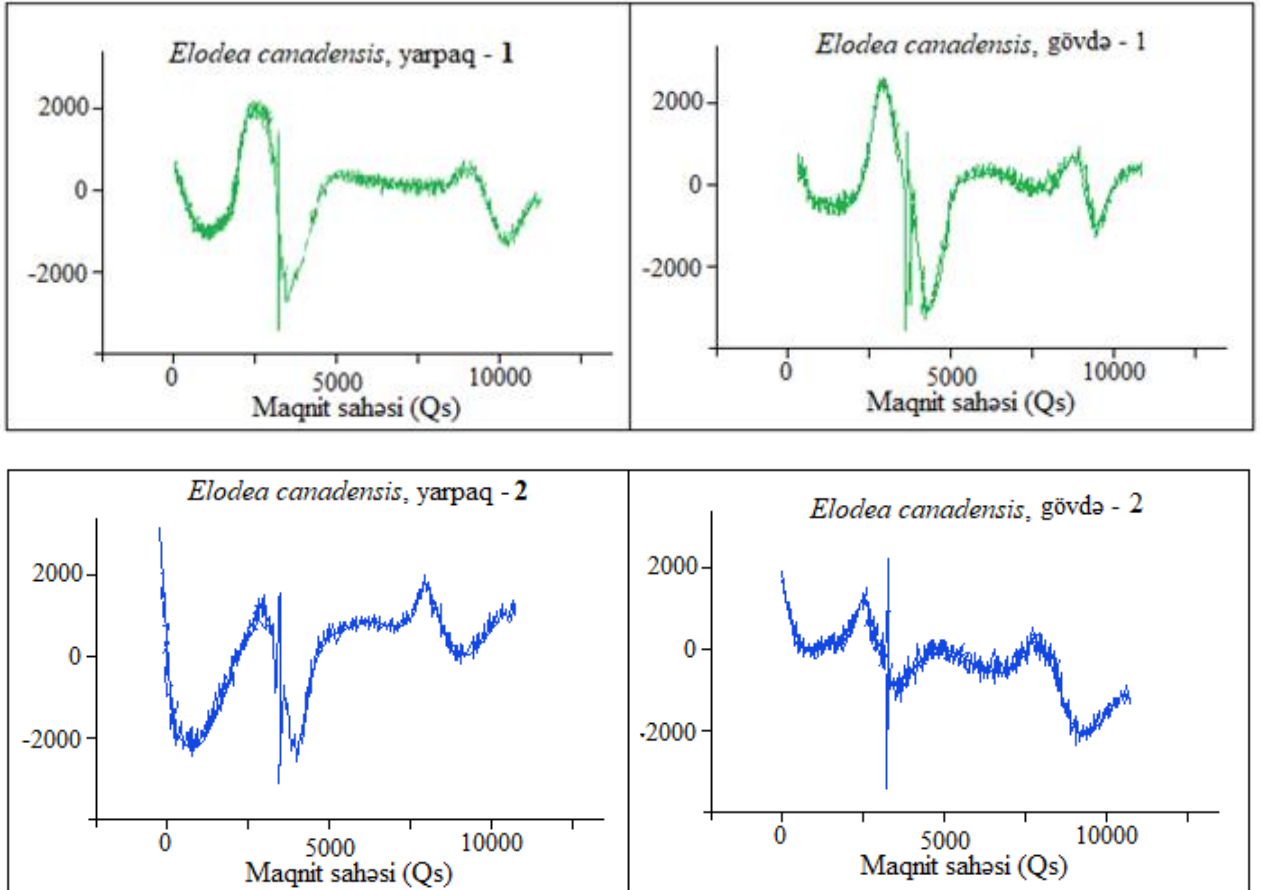


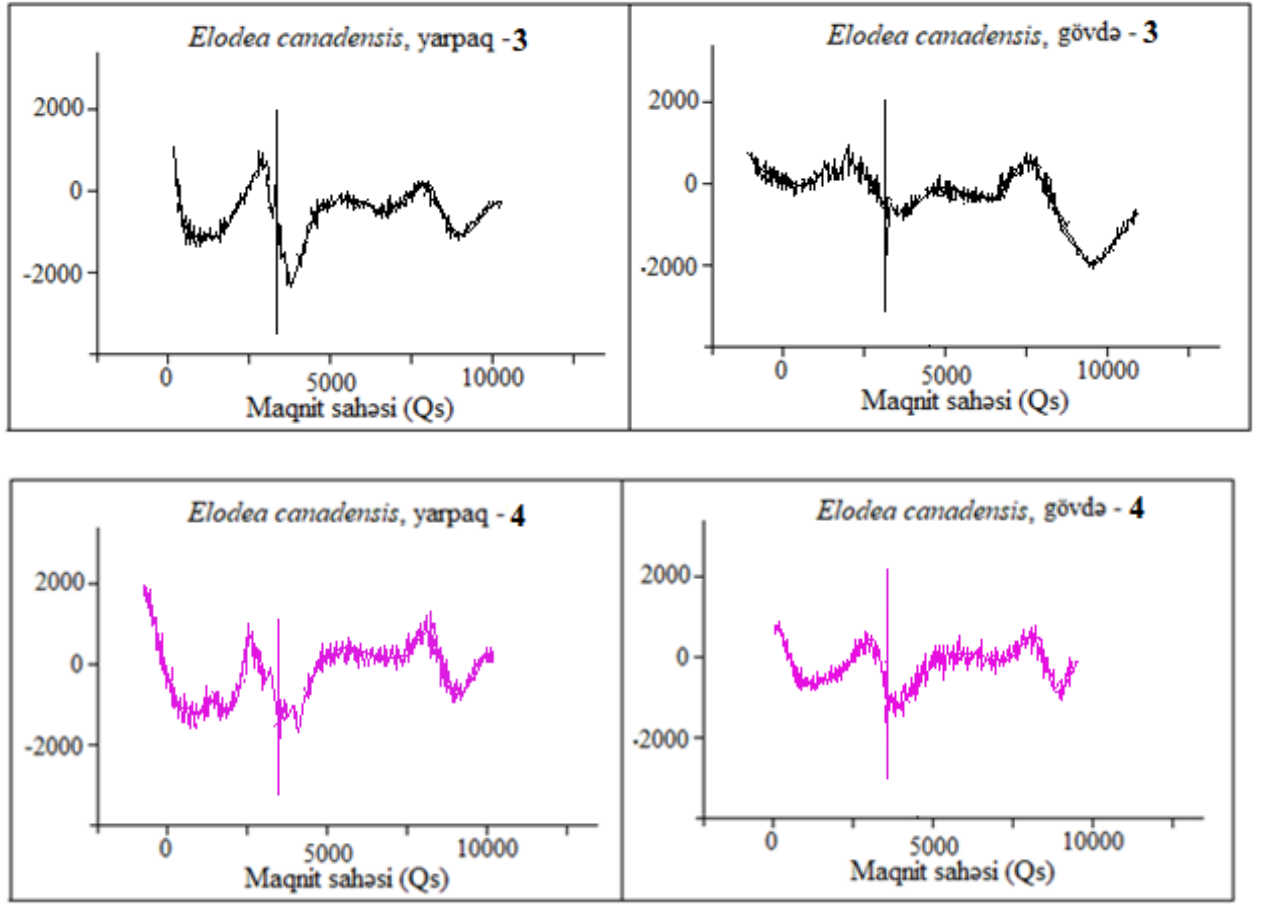
Şəkil 3.11.12. Dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin xarakterik siqnalı



Şəkil 3.11.13. Arakəsmədən aşağıda bitkinin gövdə hissəsində EPR siqnalı

Arakəsmədən aşağıda bitkinin gövdə hissəsində ilkin siqnalın 20 - 30% - ni təşkil edən başqa dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin siqnalı alınır (şəkil 3.11.13).





Şəkil 3.11.14. Gövdə və uyğun yarpaqlarda alınan spektrlər

Maraq doğuran cəhət ondan ibarətdir ki, gövdə hissəyə birləşən yarpaqların siqnalında dəyişiklik baş verir (şəkil 3.11.14). Bu onu göstərir ki, yarpaqlarda qeydə alınan geniş EPR siqnalı əsasən iki siqnalın superpozisiyasından təşkil olunmuşdur (şəkil 3.11.14). Bunlar nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin siqnalı və manqan tərkibli SOD-u xarakterizə edən siqnallardır. Sonrakı hissələrdə (gövdə və uyğun yarpaqlarda) demək olar ki, maqnit nanohissəciklərinin siqnalları müşahidə olunmur. Gövdədən fərqli olaraq, onlara uyğun yarpaqlarda aşağı intensivlikli SOD – u xarakterizə edən EPR siqnalları yaranmışdır. Bu onu göstərir ki, dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaratdığı “oksidləşdirici stres” təsir yerindən uzaqda olan yarpaqlarda SOD molekullarını sintez edirlər. Bunu da biz yarpaq nümunələrindən alınan EPR siqnallarında müşahidə edə bilirik.

IV FƏSİL

RADİASIYA AMİLLƏRİNİN TƏSİRİ İLƏ MÜXTƏLİF NÖV HEYVAN ORQANİZMLƏRİNDƏ MAQNİT XASSƏLƏRİNİN YARANMASI

Müasir dövrdə canlı sistemlərdə biogen nanoölçülü maqnetit kristallarının mövcud olması məlumdur. Bitkilərlə yanaşı, bəzi ədəbiyyat məlumatlarına əsasən onlar insan və heyvan beyninin toxumalarında da mövcud ola bilərlər. Lakin bu günə qədər bu nanohissəciklərin mənbəyi haqqında heç bir məlumat verilməmişdir [147, s.1].

Belə nanohissəciklərin həm bir çox xassələrini aşkar etmək, həm də mənbəyini müəyyən etmək üçün EPR spektroskopiyası metodu böyük imkanlar verir ki, biz də tədqiqatlarımızda bu metoda daha böyük üstünlük vermişik. Ümumiyyətlə, canlı sistemlərin funksionallaşmasında maqnit nanohissəcikləri, xüsusilə də onların geniş yayılmış növlərindən olan nanoölçülü maqnetit (Fe_3O_4) və magemit ($\gamma-Fe_2O_3$) hissəcikləri mühüm rol oynayırlar [146, s.843]. Bu nanohissəciklər canlı sistemlərdə maqnit xassələrinin meydana gəlməsinə və geniş EPR signalının yaranmasına səbəb olurlar ki, biz də bunu araşdırma apardığımız tədqiqat obyektlərində detektə edirik.

Abşeron yarımadası üçün xarakterik bəzi bitkilərə müxtəlif stres amillərinin (ionlaşdırıcı qamma radiasiyaya, UB şüalanma, radioaktiv çirklənmə və s.) təsirləri tədqiq edilərkən ilk dəfə olaraq bu təsirlər zamanı bitkilərdə biominerallaşma hadisəsi nəticəsində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin formalaşması, onlarda yeni maqnit xassələrinin yaranması müəyyən edilmişdir.

Bitkilərdə aşkar etdiyimiz yeni hadisənin yalnız bitkilərə deyil, ümumilikdə bütün canlı sistemlərə aid olduğunu isbat etmək üçün növbəti təcrübələrdə tədqiqat obyekti olaraq müxtəlif növ heyvan orqanizmləri seçilmişdir. Təqdim edilən IV fəsil bu tədqiqat işlərini və alınan mühüm nəticələri özündə əks etdirir. Bu fəsil Abşeronun müxtəlif ərazilərindən (Akademiya bağı ərazisi, Hövsan bağları və Günəşli qəsəbəsi və s. ərazilər) yığılmış, müxtəlif stres amillərinin (qamma radiasiya və UB şüalanma) təsirinə məruz qalmış çanaqlı üzüm ilbizləri (*Helix pomatia*) ilə müxtəlif aspektlərdə aparılan araşdırmalara və stres amilinin (müxtəlif dozalı ionlaşdırıcı qamma radiasiya) təsirinə

məruz qalmış laboratoriya siçovullarının (*Wistar albino*) daxili orqanlarında paramaqnit mərkəzlərin tədqiqinə, alınan nəticələrin elmi təhlilinə və mexanizmlərinin verilməsinə həsr edilmişdir. Bu zaman EPR metodu ilə alınan fundamental nəticələr KEM metodu ilə vizual alınaraq bir daha təsdiq edilmişdir.

Model obyekt kimi seçilən çanaqlı üzüm ilbizləri çox böyük maraq doğuran tədqiqat obyektidirlər. Belə ki, onlar istənilən stres amillərinin təsirinə qarşı çox davamlıdırlar. Çanaqlı üzüm ilbizləri uzun müddət qidalanmadan yaşaya bilirlər. Soyuq qış fəslindən başqa onları ilin bütün aylarında tədqiqat təcrübələri üçün bağ ərazilərində tapmaq çətinlik yaratmır. Xüsusilə yağışdan sonra təbiətdə üzüm ilbizlərini asanlıqla əldə etmək mümkündür [84, s.303-304], [34, s.140-142].

Bundan başqa ilbizlərdə biominerallaşma nəticəsində yaranan çanaqların olması və onların tədqiqi də böyük maraq doğurur.

Biominerallaşma canlı orqanizmlərin minerallar istehsal etməsi prosesidir və çox zaman da toxumaların və minerallaşmış materialların bərkidilməsinə səbəb olur [185, s.196-197]. Bütün bu xüsusiyyətlərinə görə biz heyvan orqanizmlərində paramaqnit mərkəzləri, onlarda maqnit xassələrinin yaranmasını öyrənərkən tədqiqat obyektlərindən biri olaraq çanaqlı üzüm ilbizlərini (*Helix pomatia*) seçmişik.

Biogen mənşəli maqnit nanohissəcikləri, xüsusilə maqnetitlər (Fe_3O_4) unikal xassələrə malikdirlər: onlar kimyəvi xüsusiyyətləri baxımından təmizdirlər, toksiki deyillər, mükəmməl kristallik quruluşa malikdirlər. Bundan başqa bu nanohissəciklər yan-yana, ardıcıl düzülərək zəncirvari quruluşlar əmələ gətirirlər və həmçinin istiqamətlənmiş ox boyunca uzanan strukturlar yarada bilirlər [197, s.28], [99, s.1945].

4.1. Çanaqlı üzüm ilbizlərinin çanaq və bədənələrində qamma radiasiyanın təsiri zamanı paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi

Canlı sistemlərdə stres amillərinin təsiri zamanı biominerallaşma hadisəsi nəticəsində yaranan dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin tədqiqi bu nanohissəciklərin müasir dövrdə geniş tətbiq sahələrinin mövcudluğu baxımından çox əhəmiyyətlidir və böyük aktualıq kəsb edir [185, s.199]. Əvvəlki fəsildə müxtəlif növ bitki sistemləri ilə apardığımız tədqiqatlara əsasən göstərilmişdir ki, EPR

spektroskopiyası üsulu bitki sistemlərində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin formalaşmasının detektə olunması üçün çox əhəmiyyətli və önəmli bir üsuldur. Bu üsulun köməyi ilə maqnit sahəsinin geniş intervalında araşdırılan bitki nümunələrində qeydə alınan EPR spektrlərinin köməyi ilə ətraf mühitin çirklənmə dərəcələrinin qiymətləndirilməsində, biomonitorinqində yeni məlumatlar almaq imkanları yaranır. Bunları nəzərə alaraq, heyvan orqanizmləri (çanaqlı üzüm ilbizi) ilə aparılan araşdırmalarda da üstünlük əsasən EPR spektroskopiyası metoduna verilmişdir. Stres amillərinin təsirinə (qamma radiasiya, UB şüalanma və s.) məruz qalmış ilbizlərin çanaq və bədən hissələrinin EPR spektrləri araşdırılmışdır.



Şəkil 4.1.1. Kontrol və müxtəlif dozalarda şüalandırılmış və qablaşdırılmış çanaqlı üzüm ilbizləri

Abşeronun müxtəlif ərazilərindən (Akademiya bağı ərazisi, Hövsan və Günəşli qəsəbələri əraziləri və s.) toplanmış çanaqlı üzüm ilbizləri hər birində təqribən 18-20 fərd olmaqla xüsusi plastik qablara yığılmış və müxtəlif dozalarda (50 Qr, 100 Qr, 200 Qr, 350 Qr, 400 Qr, 500 Qr, 600 Qr, 700 Qr, 800 Qr) qamma radiasiya ilə şüalandırılmışlar (şəkil 4.1.1). Aparılan tədqiqatlarda nümunələrin şüalandırılması URİ (dozanın gücü 8,789-7,657 Rad/san) və MRX-qamma 25 (dozanın gücü 174,787-152,257 Rad/san) qurğularında aparılmışdır.

Apardığımız tədqiqat işlərində ionlaşdırıcı qamma şüalarının müxtəlif dozalarının təsirinə məruz qaldıqdan sonra bir müddət (10-12 gün) üzüm ilbizlərinin həyat fəaliyyətləri, davranışları, morfoloji xüsusiyyətləri izlənmiş və kontrol ilbizlərlə müqayisələri aparılmışdır. On gün müddətində şüalanmayan ilbizlərdə ölüm faizi demək olar ki, müşahidə edilməmişdir. Bu müddət ərzində onlar aktiv qidalanaraq, aktiv həyat tərzini sürmüşlər. Müşahidələr göstərmişdir ki, aşağı dozalarda şüalanmış ilbizlərdə az sayda ölənlər olmuş, dozanın yüksəlməsi ilə ölüm faizi də yuxarı qalxmışdır. Həmçinin şüalanmış ilbizlərdə az hərəkətilik və zəif qidalanma əlamətləri nəzərə çarpmışdır.

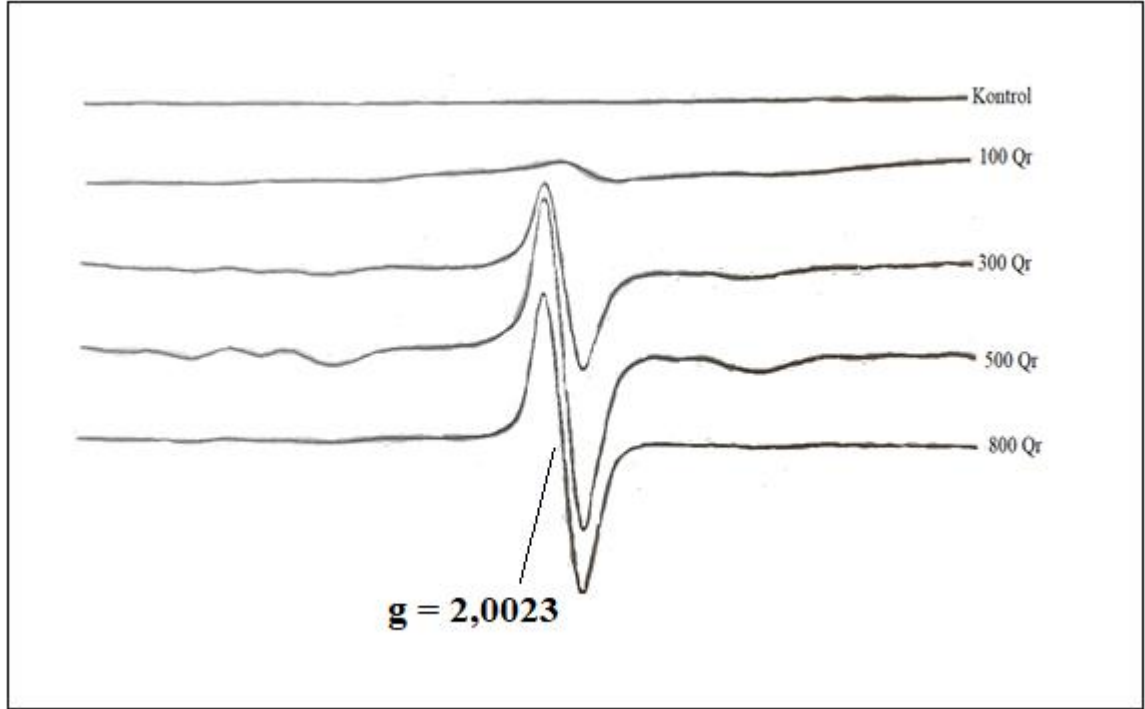
On günlük müşahidələrdən sonra ilbizlərin çanaq və bədən hissələri bir-birindən ayrılmış və otaq temperaturunda qurudulduqdan sonra qablaşdırılaraq EPR tədqiqatları üçün hazırlanmışlar (şəkil 4.1.2).



Şəkil 4.1.2. İlbizlərin qurudulan çanaq və bədən hissələri

Kontrol və müxtəlif dozalarda qamma radiasiya (100 Qr, 300 Qr, 500 Qr, 800 Qr) ilə şüalanmış nümunələrdə paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmişdir (şəkil 4.1.3-4.1.7). İlkin təcrübələrdə çanaqlı üzüm ilbizlərinin çanaq hissələrində yaranan sərbəst radikal siqnalları araşdırılmışdır (şəkil 4.1.3). Qeydə alınan spektrlərdən göründüyü kimi kontrol nümunənin sərbəst radikal siqnalı ilə müqayisədə şüalanma dozasının

artması sərbəst radikal siqnallarının ($g=2,0023$; $\Delta H=10$ Qs) intensivliklərinin nəzərəçarpan yüksəlməsinə səbəb olmuşdur. Şüalanma dozası ilə çanaq nümunələrində qeydə alınan sərbəst radikal siqnallarının intensivlikləri arasında belə qanunauyğun asılılıq çanaqlı üzüm ilbizlərindən ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinin öyrənilməsində və biomonitorinqində bioindikator kimi istifadə etməyə imkan verir [185, s.203-205].



Şəkil 4.1.3. Müxtəlif dozalarda şüalandırılmış ilbizin çanaq hissəsindən alınan EPR spektrləri

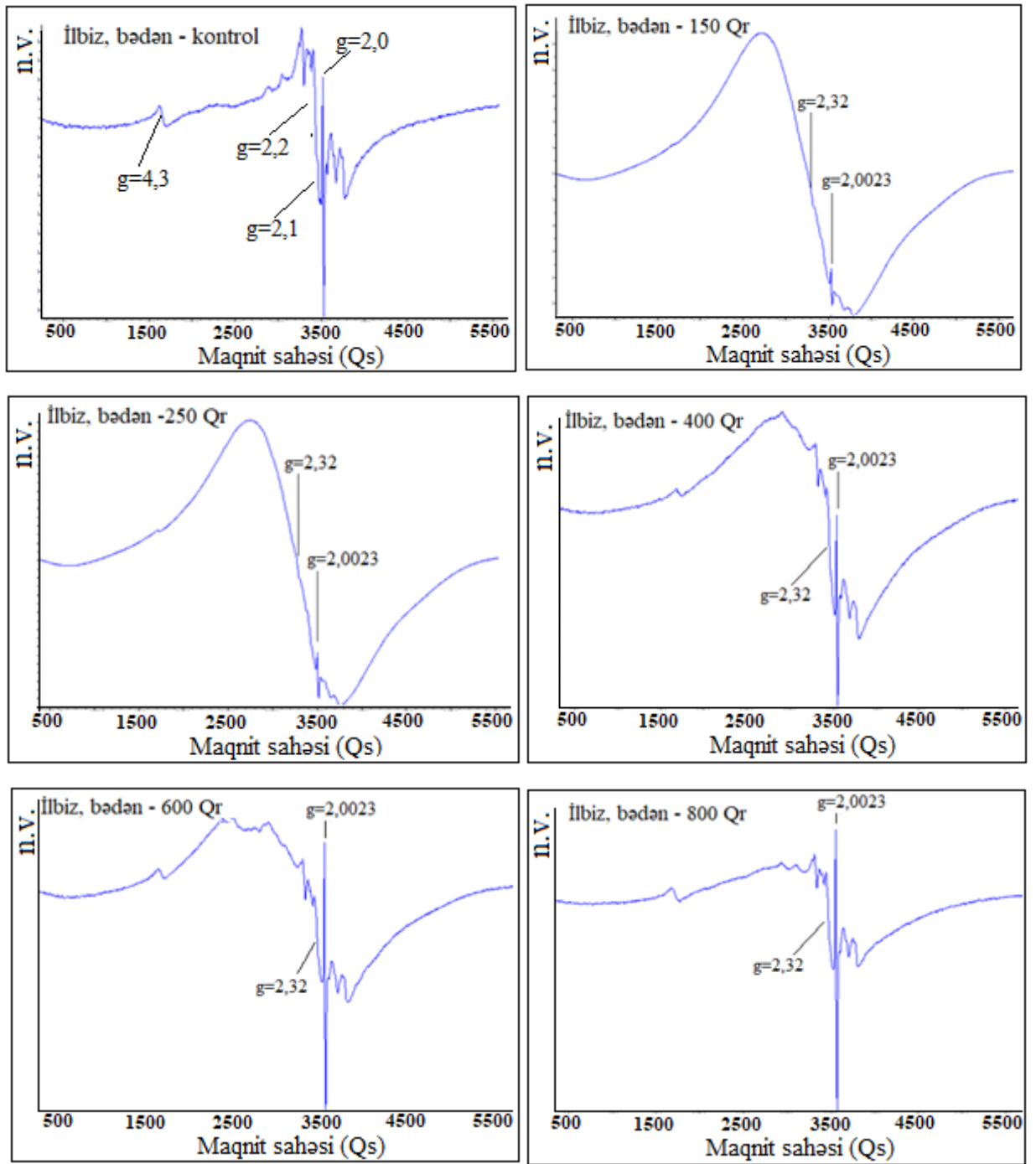
Çanaqlı üzüm ilbizləri ilə aparılan növbəti tədqiqatlarda Akademiya bağı ərazisindən toplanan cavan və nisbətən yaşlı çanaqlı üzüm ilbizlərində (ilbizlərin yaşı çanağın ölçüsünə, diametrinə görə müəyyən edilir) stres amillərinin təsiri zamanı yaranan paramaqnit mərkəzlər öyrənilmişdir. Çanaqlı üzüm ilbizlərinin yaşlı (şəkil 4.1.4; şəkil 4.1.5) və eyni zamanda cavan (şəkil 4.1.6; şəkil 4.1.7) fərdlərində paramaqnit mərkəzlər qeydə alınmış və müqayisəli təhlilləri verilmişdir.

Kontrol (şüalanmamış) və müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalandırılmış (150 Qr, 250 Qr, 400 Qr, 600 Qr, 800 Qr) yaşlı üzüm ilbizləri altmış gün ərzində laboratoriyada otaq temperaturunda xüsusi şəraitdə (16 saat işıq, 8 saat qaranlıq olmaqla) saxlanılmışlar. Bu müddət ərzində ilbizlər daim nəzarət altında olmuşlar. Altmış gündən sonra onların bədən və çanaq hissələri bir-birindən ayrılmış, otaq

temperaturunda qurudulmuş və hazırlanmış nümunələrin EPR spektrləri qeydə alınmışdır.

Əvvəlcə müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalandırılmış yaşlı çanaqlı üzüm ilbizlərinin bədən və çanaq hissələrinin maqnit sahəsinin geniş intervalında EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 4.1.4; şəkil 4.1.5). Məlum olmuşdur ki, qeydə alınan EPR spektrləri mürəkkəb təbiətə malik olub, metal komplekslərini xarakterizə edirlər. Həmin metal komplekslərinə mis, dəmir və manqan elementləri aiddir [185, s.198-200].

Maqnit sahəsinin geniş intervalında (500-1000 Qs) müşahidə olunan EPR spektrlərində dəmir ionlarının zəif siqnalları ($g=4,3$), sərbəst radikalı xarakterizə edən ensiz siqnallar ($g=2,0023$), dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən xarakterik geniş EPR siqnalları ($g=2,2\sim 2,4$) və yüksək incə quruluşa malik olan altıkomponentli manqan komponentlərini xarakterizə edən EPR siqnalları ($g=2,01$) qeydə alınmışdır. Eyni zamanda qeydə alınan EPR spektrləri ona dəlalət edir ki, onlarda mis birləşmələri daha yüksək qatılığa malikdirlər. Belə ki, mis ionlarını xarakterizə edən siqnalların da yarandığı müşahidə edilmişdir ($g=2,1$). Həqiqətən də üzüm ilbizlərinin qan sisteminin əsas komponenti hemosianindir [231, s.16; s.21]. Yaşlı üzüm ilbizlərinin bədən və çanaq hissələrindən alınan EPR spektrləri uyğun olaraq şəkil 4.1.4 və şəkil 4.1.5 – də göstərilmişdir. Şəkil 4.1.4-dən göründüyü kimi maqnit sahəsinin geniş intervalında ilbizlərin bədən hissələrində qeydə alınan spektrlərdə müxtəlif tipli siqnallar: ensiz sərbəst radikal siqnalları ($g=2,0023$), maqnit nanohissəcikləri üçün xarakterik geniş EPR siqnalları ($g=2,32$), dəmir ionlarını xarakterizə edən zəif intensivlikli siqnallar ($g=4,3$) detektə olunmuşdur.



Şəkil 4.1.4. Kontrol və müxtəlif dozalarda şüalandırılmış yaşlı ilbiz fərdlərinin bədən hissələrinin EPR spektrləri

Kontrol və müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalanmış ilbizlərin bədən hissələrindən alınan EPR spektrləri təhlil və təfsir edilmişdir. Şəkil 4.1.4-dən görüldüyü kimi kontrol nümunənin spektri ilə müqayisədə stres amili olan 150 Qr dozada qamma radiasiya ilə şüalanmış nümunələrdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yüksək intensivlikli siqnalının ($g=2,32$) yaranması müşahidə

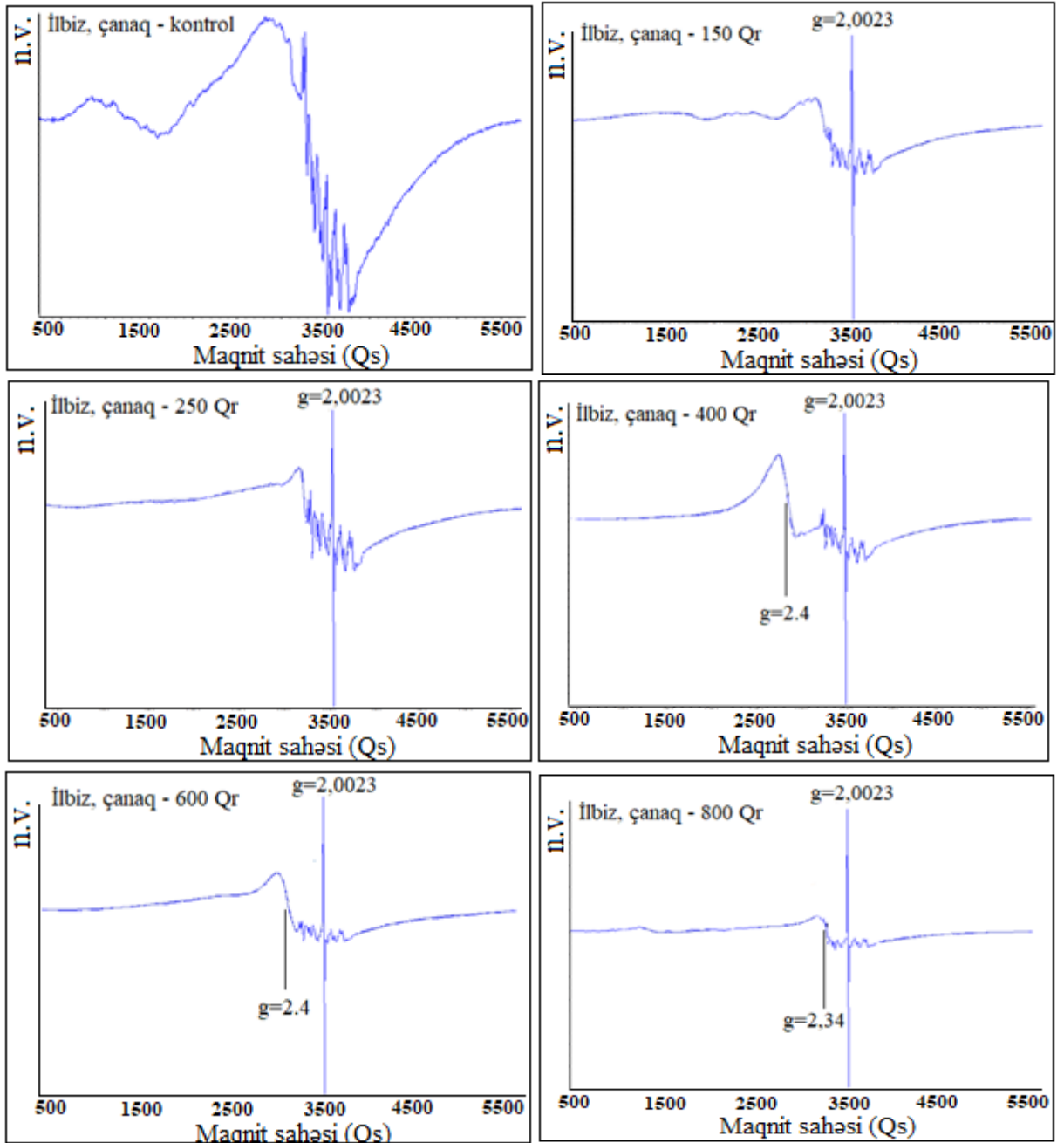
olunur. Şüalanma dozasını bir qədər artıraraq ilbizləri 250 Qr dozada qamma radiasiya ilə şüalandırırdıqda isə müşahidə edirik ki, nümunədə qeydə alınan dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri üçün səciyyəvi siqnalın intensivliyi bir qədər də yüksəlir. Lakin spektrlərdən görüldüyü kimi artıq qamma radiasiyanın dozasının 400 Qr-dən 800 Qr-ə qədər artması ilə nanolüçülü dəmir oksidi maqnit hissəciklərini xarakterizə edən siqnalların amplitudunun tədricən kiçilməsi müşahidə olunur.

Stres amilinin təsirindən asılı olaraq siqnalların parametrlərinin belə dəyişməsinin əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, çanaqlı üzüm ilbizlərinə müxtəlif stres amillərinin müəyyən dozaya qədər təsiri nəticəsində onların orqanizmində bağlı dəmir sərbəst dəmir formasına keçir və orqanizmdə dəmir ionlarının çoxalması baş verir. Eyni zamanda stres faktorunun təsiri nəticəsində ilbizlərin orqanizmində mitoxondrilərin bütövlüyünün, intaktlığının pozulması baş verir. Nəticədə ENZ-də yaranan destruktiv proseslər nəticəsində mühitə elektronlar ayrılmış olur. Beləliklə də reduksiyaedici sistemin köməyi və təsiri ilə dəmir ionlarının nanoölçülü dəmir oksidi hissəciklərinə çevrilməsi baş verir.

Nəticə etibarilə stres amilinin təsiri canlı orqanizmdə nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin yaranmasına səbəb olur. Şəkil 4.1.4-dən görüldüyü kimi radiasiyanın dozasının 400 Qr-dən yuxarı qalxması artıq bu siqnalların amplitudlarının tədricən kiçilməsinə gətirir. Bu isə ona görə baş verir ki, radiasiyanın dozasının artması ilə ilbizlərin orqanizmlərində sərbəst dəmir ionlarının çoxalmasına baxmayaraq, reduksiyaedici sistemin tədricən zəifləməsi, sıradan çıxması orada maqnit nanohissəciklərinin əmələ gəlməsinin miqdarı baxımdan azalmasına səbəb olur. 800 Qr dozada qamma radiasiyanın təsirinə məruz qalmış ilbiz nümunələrində nanohissəciklər generasiya olunmamışdır. Bu isə artıq yüksək dozada qamma radiasiyanın təsiri zamanı reduksiyaedici sistemin tamamilə sıradan çıxması ilə əlaqələndirilir. Reduksiyaedici sistemin destruksiyası canlı sistemdə sərbəst radikalların və OFF-nın yaranmasına səbəb olur [185, s. 200-202].

Şəkil 4.1.5 - də isə yaşlı çanaqlı üzüm ilbizlərinin çanaq hissələrindən alınan EPR spektrləri göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi ilbizlərin çanaq hissələrində sərbəst radikal siqnalları ($g=2,0023$), dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin siqnalları

($g=2,4$), manqan ionlarının siqnalları ($g=2,01$) və mis ionlarının siqnalları ($g=2,1$) müşahidə olunur. Çanaqlarda qeydə alınan maqnit nanohissəciklərinin geniş EPR siqnallarının bədən hissələrindən alınan EPR siqnalları ilə müqayisəsi göstərdi ki, radiasiyanın dozasından asılı olaraq siqnalların parametrlərinin dəyişmə xüsusiyyətləri və davranışları ilbizlərin bədən hissələrindən alınan siqnallar ilə korrelyasiya edir.



Şəkil 4.1.5. Kontrol və müxtəlif dozalarda şüalandırılmış yaşlı ilbiz fərdlərinin çanaq hissələrinin EPR spektrləri

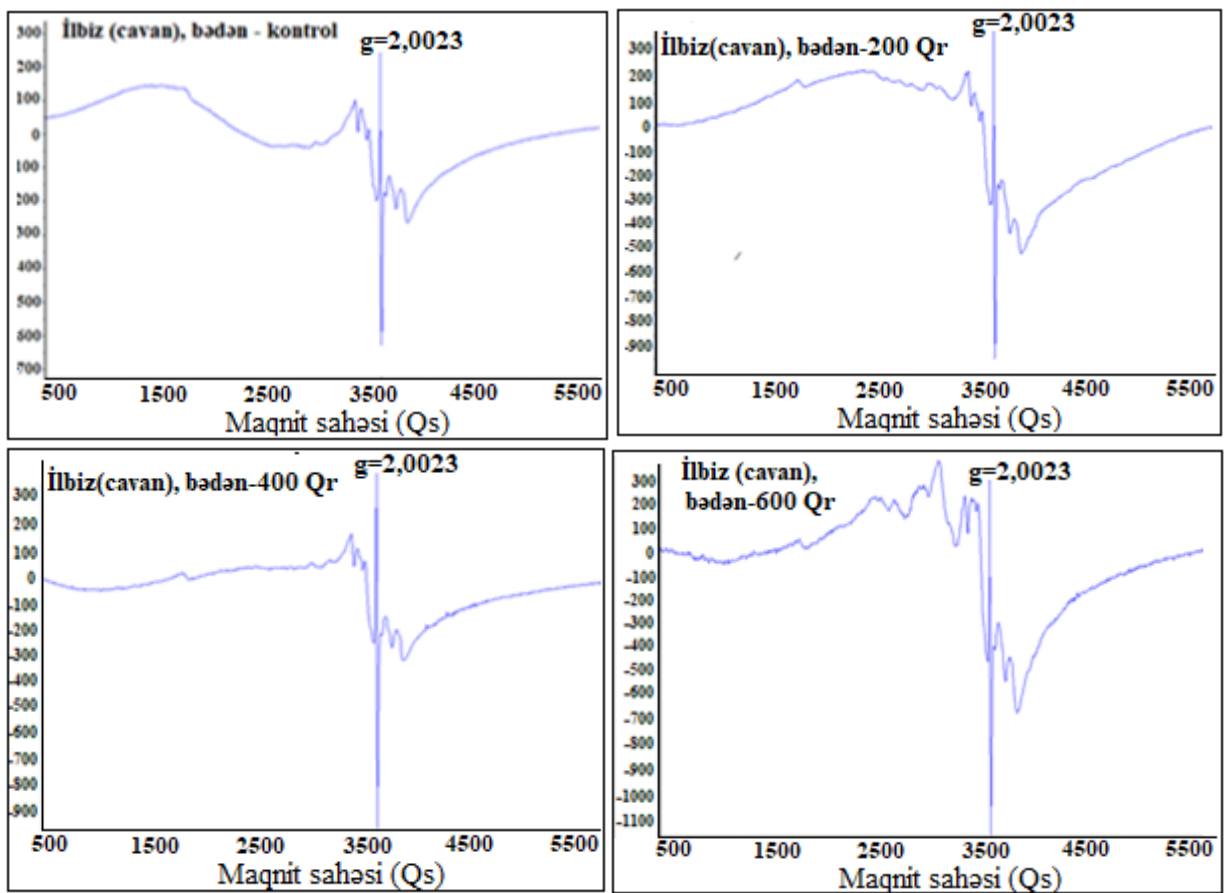
Qeydə alınan maqnit nanohissəciklərinin siqnallarının intensivliyi öz maksimum qiymətini şüalanma dozasının 400 Qr qiymətində almışdır. 600 Qr dozada şüalanma bu siqnalın amplitudunun bir qədər kiçilməsinə, 800 Qr dozada şüalanma isə siqnalın intensivliyinin təqribən iki dəfə azalmasına səbəb olmuşdur. Lakin çanaqlarda yaranan dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin siqnallarının intensivlikləri bədən hissədə qeydə alınan siqnallar ilə müqayisədə xeyli kiçik olmuşdur. Bu da təbiidir, belə ki, məlumdur ki, çanaqlarda reduksiyaedici sistem mövcud deyil. Lakin onlarda da dəmir əsaslı maqnit nanohissəciklərinin yaranması baş verir. Bu isə çanağın bilavasitə bədən ilə təmasda olması, onun vasitəsi ilə “qidalanması” sayəsində ola bilər. Çanağın strukturunun əmələ gəlməsində, tərkibinin formalaşmasında bədənin rolu və təsiri böyükdür.

Analoji təcrübələr cavan çanaqlı üzüm ilbizləri ilə də aparılmışdır. Bu təcrübələri aparmaqda məqsəd stres amillərinin təsiri zamanı dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranması hadisəsinin canlı orqanizmin yaşından asılılığını öyrənmək olmuşdur.

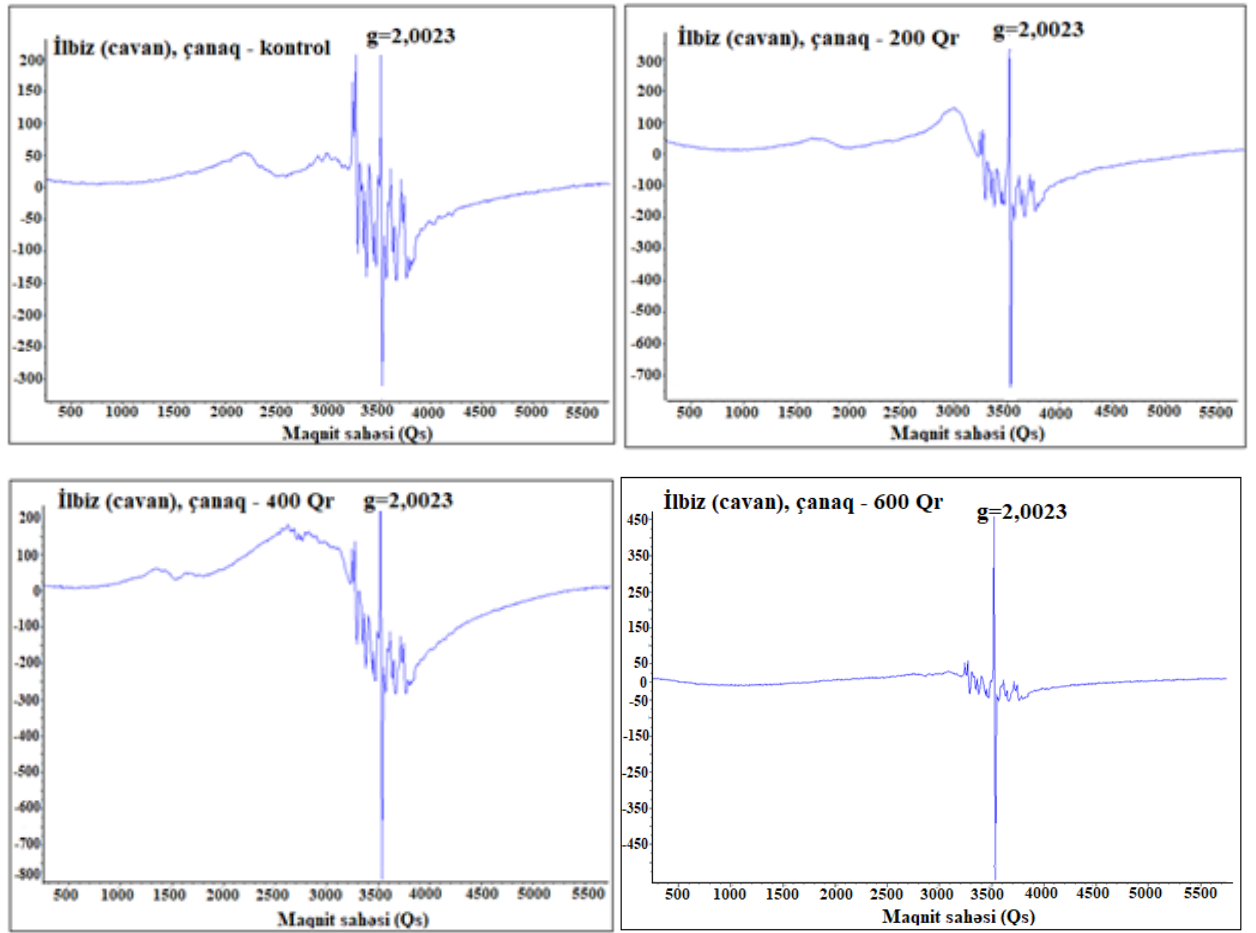
İlbizlər hər birində 18-20 fərd olmaqla qarşılaşdırılmış və müxtəlif dozalarda ionlaşdırıcı qamma radiasiya ilə URİ qurğusunda (dozanın gücü 8,789-7,657 Rad/san) müxtəlif dozalarda (200 Qr, 400 Qr, 600 Qr) şüalandırılmışlar. Şüalandırıldıqdan sonra altmış gün ərzində üzüm ilbizləri laboratoriyada xüsusi şəraitdə, otaq temperaturunda (23-25°C) saxlanılmış, bu müddət ərzində onların davranışları, həyat fəaliyyətləri, qidalanmaları nəzarət altında olmuşdur. Şüalanmadan altmış gün sonra cavan çanaqlı üzüm ilbizlərinin çanaq və bədən hissələri bir-birindən ayrılaraq otaq temperaturunda qurudulmuş və nümunələr EPR spektroskopiyasında qeydə alınması üçün hazırlanmışdır. Daha sonra kontrol və şüalanmış üzüm ilbizlərinin bədən və çanaq hissələrinin EPR spektrləri maqnit sahəsinin geniş intrevalında qeydə alınmışdır (şəkil 4.1.6; şəkil 4.1.7).

Müəyyən olunmuşdur ki, kontrol və şüalanmış yaşlı ilbizlərin çanaq və bədən hissələrində qeydə alınan EPR spektrlərinin parametrlərində və davranışlarında müşahidə etdiyimiz qanunauyğun dəyişikliklər kontrol və şüalanmış cavan ilbizlərin EPR spektrlərinin parametrləri ilə korrelyasiya edir (şəkil 4.1.6; şəkil 4.1.7). Belə ki,

qamma radiasiyanın dozasının müəyyən qədər artması cavan ilbiz fərdlərinin orqanizmlərində də maqnit nanohissəciklərinin yaranmasına səbəb olmuşdur. Qamma radiasiyanın dozasının 400 Qr-dən yuxarı qalxması isə bu signalın intensivliyinin tədricən kiçilməsinə gətirmişdir ki, bu da yaşlı ilbizlərdə olduğu kimi radiasiya dozasının yüksək qiymətlərində reduksiyaedici sistemin zəifləməsi və tədricən sıradan çıxması ilə əlaqədardır. Spektrlərin müqayisəli araşdırılması göstərdi ki, yaşlı ilbizlərdə qamma radiasiyanın dozasından asılı olaraq, canaq və bədən hissələrindən alınan sərbəst radikal siqnallarının ($g=2,0023$) və nanoölçülü maqnit hissəciklərinin EPR siqnallarının ($g=2,32$) parametrlərinin dəyişmə dinamikası cavan ilbizlərin uyğun siqnallarının parametrlərinin dəyişmə dinamikasından daha intensiv olmuşdur. Bu isə yaşlı ilbizlərin təbiətdə müxtəlif stres amillərinin təsirinə daha uzun müddət məruz qalmaları ilə izah oluna bilər.

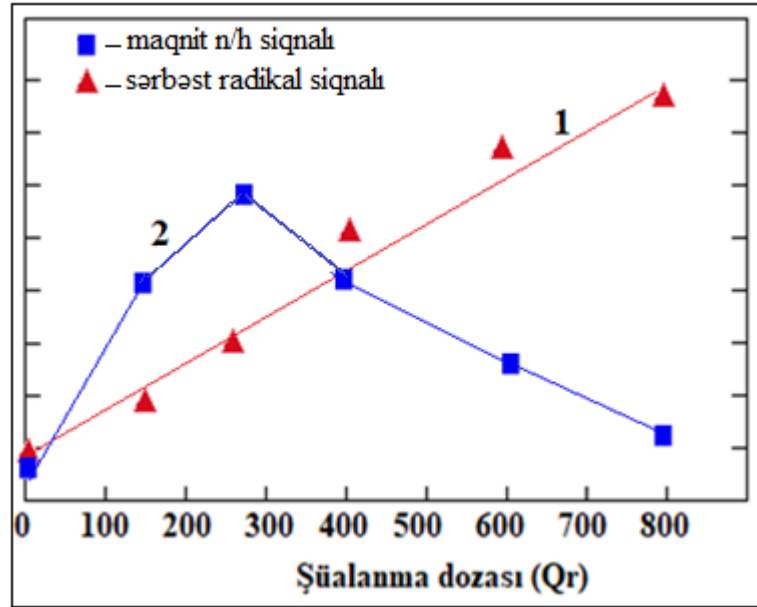


Şəkil 4.1.6. Kontrol və müxtəlif dozalarda şüalandırılmış cavan ilbiz fərdlərinin bədən hissələrinin EPR spektrləri

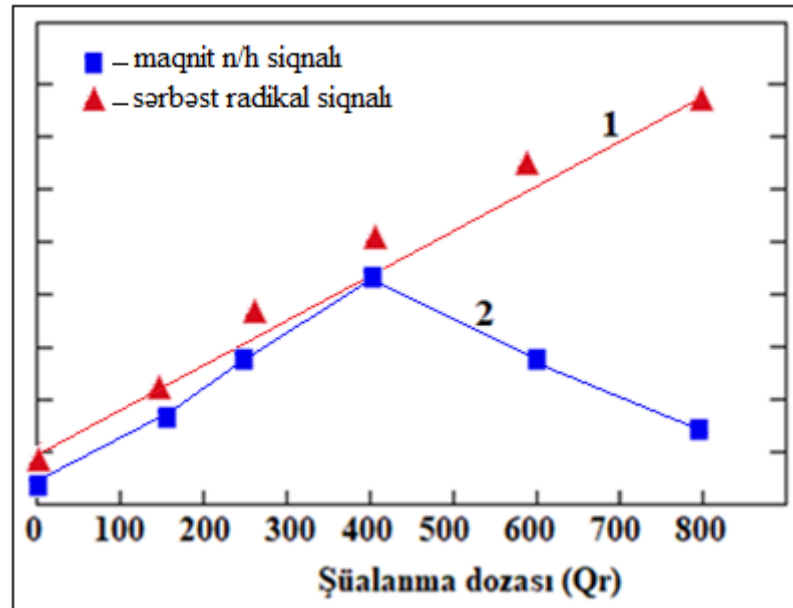


Şəkil 4.1.7. Kontrol və müxtəlif dozalarda şüalandırılmış cavan ilbiz fərdlərinin çanaq hissələrinin EPR spektrləri

Qeydə alınan spektrlərə əsasən qamma radiasiya ilə şüalanmanın dozasından asılı olaraq, ensiz sərbəst radikal siqnallarının ($g=2,0023$) və maqnit nanohissəciklərinin geniş EPR siqnallarının ($g=2,3$) amplitudlarının dəyişməsi qrafik olaraq göstərilmişdir (şəkil 4.1.8; şəkil 4.1.9). Alınan nəticə ətraf mühitin çirklənmə dərəcəsinin, ekoloji durumunun öyrənilməsində istifadə üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, kontrol və şüalanmış ilbiz nümunələrindən alınan sərbəst radikal siqnallarının interpretasiyası göstərdi ki, ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsində üzüm ilbizlərindən bioindikator kimi istifadə etmək olar [185, s. 204-205].



Şəkil 4.1.8. İlbizin bədən hissələrindən alınan sərbəst radikal siqnallarının (1) və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnallarının (2) intensivliklərinin şüalanma dozasından asılılığı



Şəkil 4.1.9. İlbizin çanaq hissələrindən alınan sərbəst radikal siqnallarının (1) və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnallarının (2) intensivliklərinin şüalanma dozasından asılılığı

Beləliklə, stres amillərinin canlı sistemlərə təsirini öyrənərkən müəyyən edirik ki, stres amilləri bitki sistemlərində olduğu kimi, heyvan orqanizmlərində də (çanaqlı

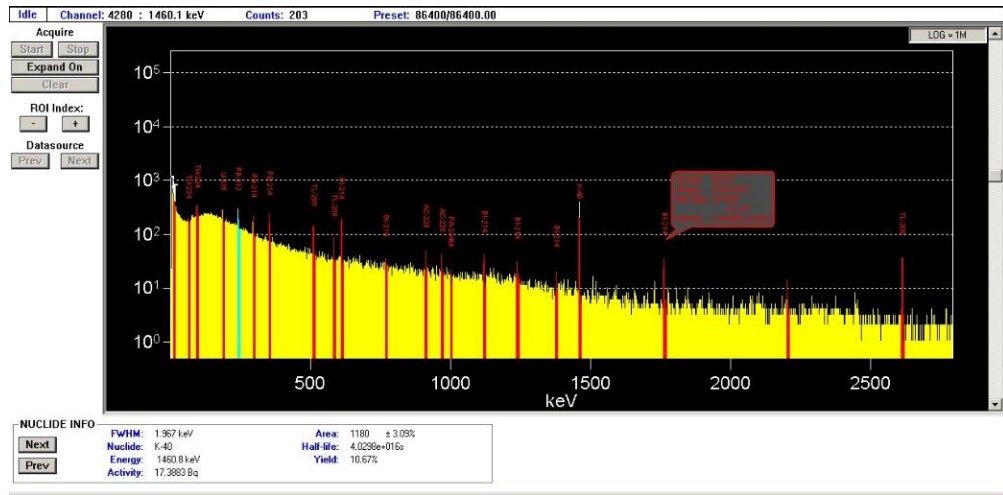
üzüm ilbizləri) yeni paramaqnit mərkəzlərin əmələ gəlməsinə və onlarda yeni maqnit xassələrinin yaranmasına səbəb olurlar. Bu nəticə istər ekoloji qiymətləndirmə, istərsə də biotibbi tətbiq baxımından çox perspektivli və aktualdır.

Bundan başqa Hövsan qəsəbəsi və Akademiya bağı ərazisindən yığılan ilbizlərin çanaq hissələrinin radionuklid tərkibləri, onların xüsusi aktivlikləri müəyyən edilmişdir (cədvəl 4.1.1). Heç bir stres amilinin təsirinə məruz qalmayan ilbizlərin çanaqlarında çoxlu miqdarda radionuklidlər aşkar edilmişdir. Hər iki ərazidən toplanan ilbizlərin çanaqlarında xüsusi aktivlikləri yüksək olan ^{40}K , ^{210}Pb , ^{212}Pb , ^{214}Pb , ^7Be radionuklidləri aşkar edilmişdir. SEM-də onların spektrləri də çəkilmişdir (şəkil 4.1.10).

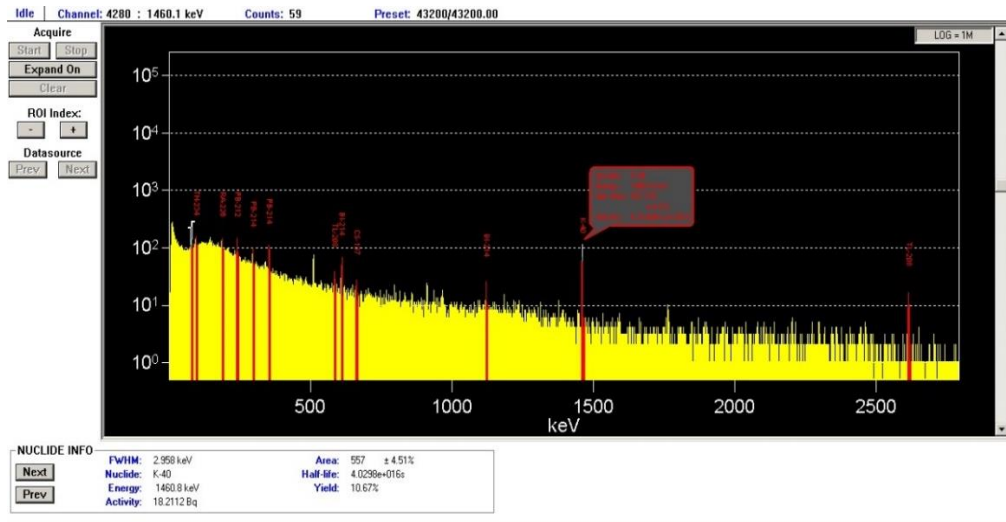
Cədvəl 4.1.1

Hövsan qəsəbəsi və Akademiya bağı ərazisindən yığılan ilbizlərin çanaq hissələrinin radionuklid tərkibləri və onların xüsusi aktivlikləri

Radionuklidlər		
Bq/kg	İlbiz (Hövsan ərazisi)	İlbiz (Akademiya bağı)
Be7	<5.67	<8.15
K40	32,22	30,57
Co60	<0.74	<1.09
Cs134	<0.83	<1.25
Cs137	<0.82	0,83
Tl208	<0.87	<1.20
Bi210	<0.96	<1.39
Pb210	<176.4	<256.52
Bi212	ND	ND
Pb212	1,91	1,55
Bi214	2,85	<2.72
Pb214	3,79	3,82
Ra226	ND	ND
Ac228	ND	ND
Pa234	ND	ND
Pa234M	45,86	ND
Th234	<21.47	<29.66
U235	<0.83	<1.21



A



B

Şəkil 4.1.10. Hövsan qəsəbəsi və AMEA bağı ərazisindən yığılan ilbizlərin çanaq hissəsinin SEM-də qeydə alınan spektrləri. A - İlbiz (Hövsan qəsəbəsi ərazisi); B - İlbiz (Akademiya bağı ərazisi)

Cədvəl 4.1.2-də isə çanaqlı üzüm ilbizlərinin bədən və çanaq hissələrinin radionuklid tərkibi və onların xüsusi aktivlikləri verilmişdir. Məlum olmuşdur ki, çanaqda daha çox radionuklidlər (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{137}Cs , ^{235}U , ^{238}U) toplanır. Buna səbəb çanağın stres amilinə daha çox məruz qalması ola bilər. Eyni zamanda onlarda ^{40}K , ^{228}Ra , ^{238}U , ^{238}Th və ^{137}Cs radionuklidlərinin xüsusi aktivliklərinin daha yüksək olması aşkar edilmişdir.

Üzüm ilbizlərinin çanaq və bədən hissələrinin radionuklid tərkibləri və onların xüsusi aktivlikləri

Radionuklidlər	Ölçü vahidi	Çanaqlı üzüm ilbizlər, çanaq	Çanaqlı üzüm ilbizlər, bədən
⁴⁰ K	Bq/kq	26.1 ±3.1	6.7 ±1.5
²³² Th	Bq/kq	6.2 ± 0.3	MDA=0.32
²²⁶ Ra	Bq/kq	3.1 ±0.5	MDA=0.63
²²⁸ Ra	Bq/kq	4.3 ±0.4	MDA=0.55
¹³⁷ Cs	Bq/kq	1.39 ±0.12	0.91 ±0.14
²³⁵ U	Bq/kq	0.08 ±0.03	MDA=0.03
²³⁸ U	Bq/kq	1.65 ±0.31	MDA=0.65

Tədqiqatlarda mis və dəmir əsaslı paramaqnit mərkəzlərin generasiyası və bu hadisəyə stres amillərinin təsiri öyrənilmişdir. Alınan nəticələr bir daha deməyə imkan verir ki, stres amilləri canlı sistemlərdə yeni paramaqnit mərkəzlərin yaranmasında stimullaşdırıcı təsir rolunu oynayırlar.

Çanaqlı üzüm ilbizlərində EPR üsulu ilə paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi və alınan nəticələr göstərdi ki, bu üsul heyvan orqanizmlərində paramaqnit mərkəzlərin generasiyasının detektə olunmasında tamamilə yeni biofiziki, ekoloji məlumatlar əldə etmək üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Alınan nəticələr canlı sistemlərdə (bitki orqanizmləri, xloroplastlar, heyvan orqanizmləri) biogen paramaqnit mərkəzlərin yaranmasında stres amillərinin rolunun mühümlüyünü bir daha təsdiq edir.

4.2. Çanaqlı üzüm ilbizlərində yaranan paramaqnit mərkəzlərə qamma radiasiyanın və dəmir nanohissəciklərinin birgə təsiri

Çanaqlı üzüm ilbizlərinə ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın təsiri zamanı yaranan paramaqnit mərkəzlərdə nanohissəciklərin rolunu öyrənən zaman təcrübələr yaz, yay

və payız fəsillərində topladığımız ilbizlər ilə aparılmışdır. İlbizlər müxtəlif dozalarda (100 Qr, 200 Qr, 400 Qr, 600 Qr, 750 Qr, 1000 Qr) şüalandırılmışlar (şəkil 4.2.1).



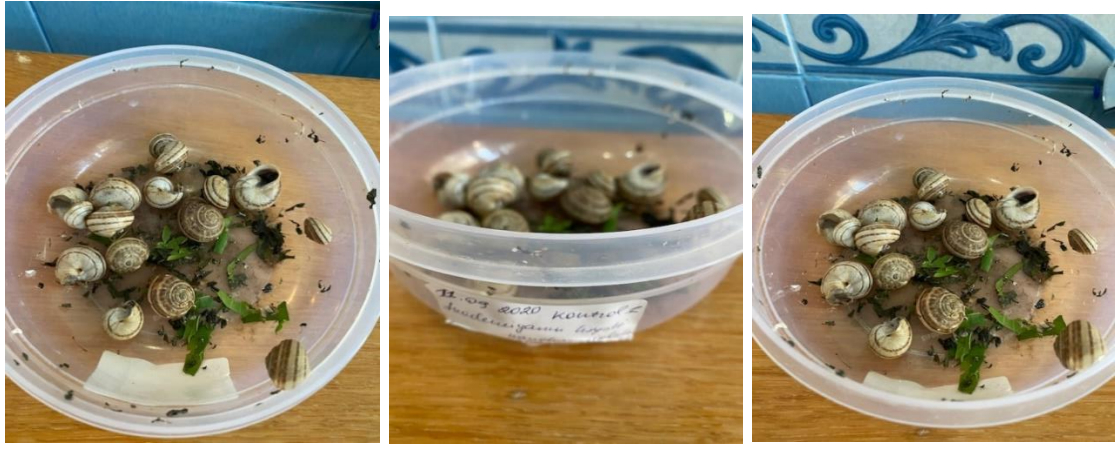
Şəkil 4.2.1. Müxtəlif dozalarda şüalandırılmış çanaqlı üzüm ilbizləri



Şəkil 4.2.2. Kontrol (A), şüalanmış (B) ilbizlər və şüalanmış ilbizlərin özlərini qorumaq məqsədi ilə çanaqlarını bağladıkları epifraqma pərdələr (C)

Qeyd etmək lazımdır ki, təcrübələr zamanı şüalanmadan bir müddət (5-10 gün) sonra şüalanmış ilbizlərin öz çanaqlarını xüsusi nazik pərdə - epifraqma ilə bağladıkları müşahidə edilmişdir (şəkil 4.2.2 B). Ədəbiyyatdan məlumdur ki, adətən ilbizlər təhlükə hiss etdikdə və qış yuxusuna gedəndə qorunmaq məqsədi ilə belə nazik epifraqma təbəqəsi ilə öz çanaqlarını bağlayaraq, özlərini müdafiə etməyə çalışırlar [44, s.174].

Kontrol (şüalanmayan) və müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalanmış ilbizlər altmış gün ərzində laboratoriya şəraitində dəmir nanohissəcikləri ilə işlənmiş qida (dəmir nanohissəciklərindən hazırlanmış məhlul və bu məhlulda 24 saat işlənmiş təzə yarpaqlar) ilə qidalandırılmışlar (şəkil 4.2.3).



Şəkil 4.2.3. Laboratoriya şəraitində dəmir nanohissəcikləri ilə işlənmiş yem və su ilə qidalanan şüalanmış çanaqlı üzüm ilbizləri

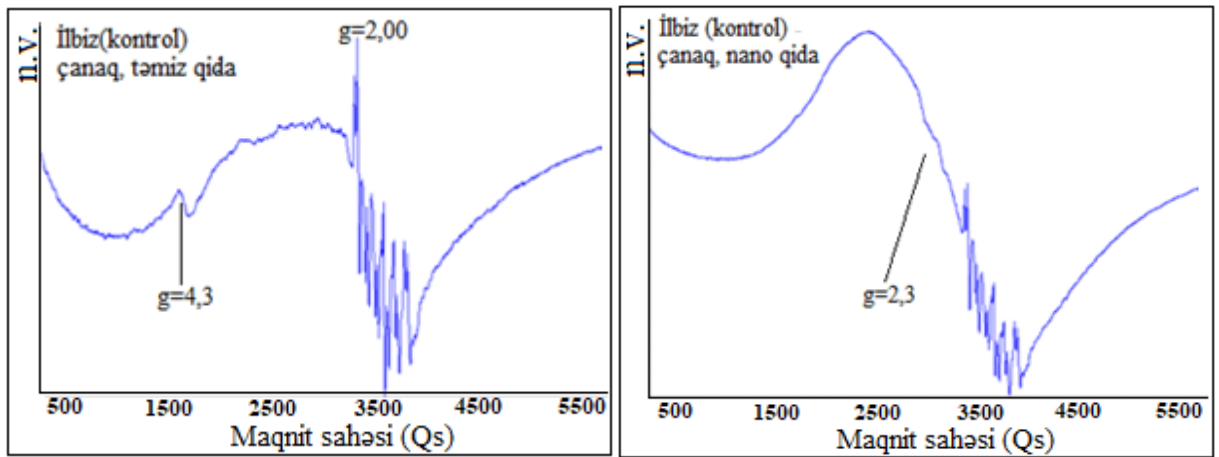


Şəkil 4.2.4. Otaq temperaturunda ilbizlərin çanaq və bədən hissələrinin qurudulması

Altmış gün sonra onların çanaq və bədən hissələri bir-birindən ayrılaraq EPR spektrlərinin qeydə alınması üçün otaq temperaturunda qurudulmuş və üyüdülərək toz halına salınmışlar (şəkil 4.2.4). Hazırlanmış nümunələrin EPR spektrləri maqnit sahəsinin geniş intervalında çəkilmişdir.

Kontrol ilbizlər iki variantda saxlanılmışdır: 1) şüalanmayan ilbizlər təmiz su və yarpaqlar ilə qidalandırılıb; 2) şüalanmayan ilbizlər dəmir nanohissəcikləri ilə işlənmiş su və yarpaqlar ilə qidalandırılıb. Bu ilbizlərin çanaqlarından alınan EPR spektrləri şəkil 4.2.5 - də göstərilmişdir.

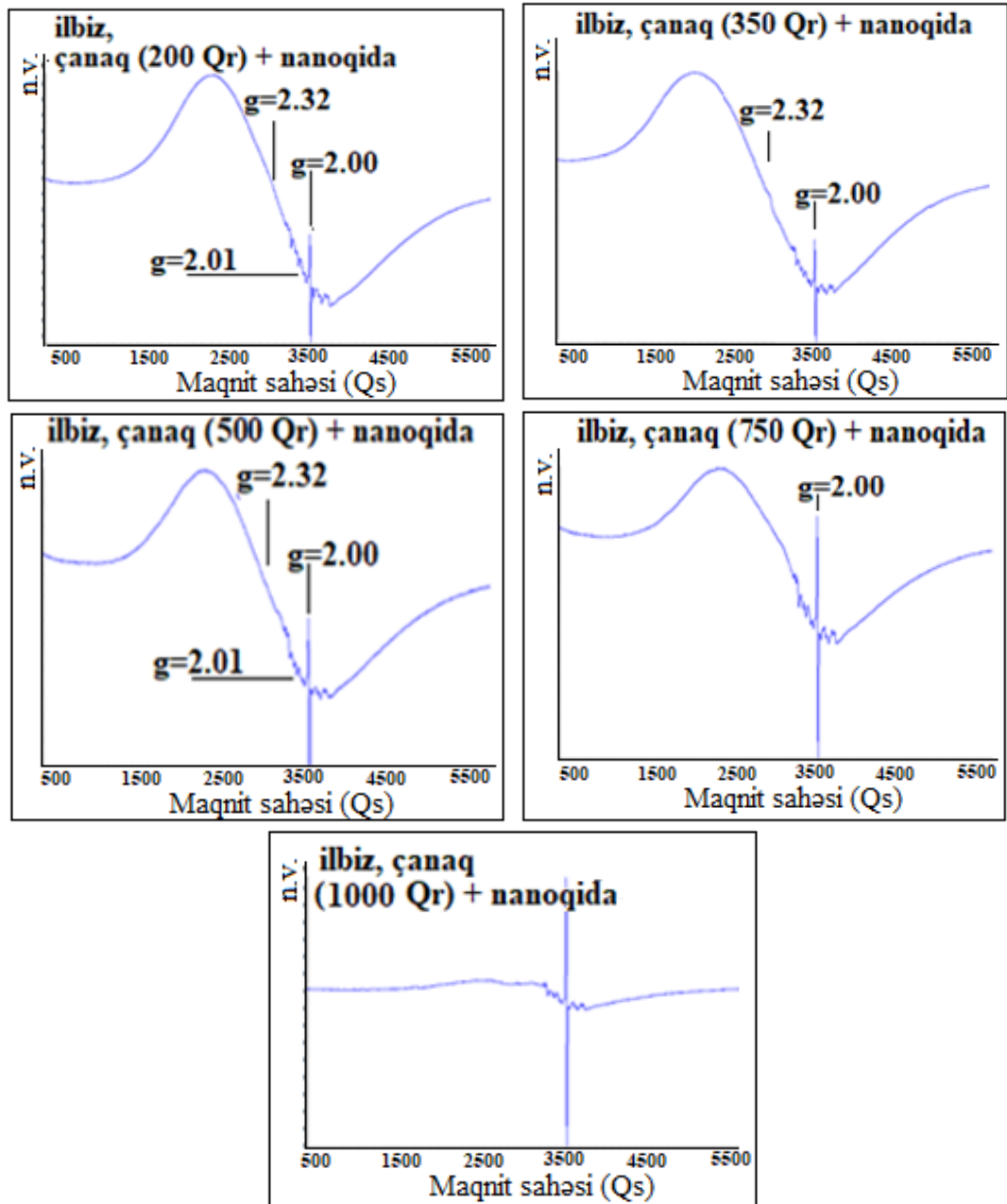
Spektrlərin müqayisəsi göstərdi ki, dəmir nanohissəcikləri ilə qidalanan ilbizlərin çanaqlarından alınan EPR spektrlərində dəmir oksidi nanohissəciklərinin, həmçinin Mn və Cu ionları üçün səciyyəvi EPR siqnalları müşahidə olunur. Təmiz qida ilə qidalanan ilbizlərdə isə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin spektrləri qeydə alınmamışdır. Onlarda dəmir ionlarını xarakterizə edən siqnallar ($g=4,3$) yaranmışdır.



Şəkil 4.2.5. Kontrol ilbizlərin (solda adi qida ilə, sağda dəmir nanohissəcikləri ilə qidalanan) çanaq hissələrinin EPR spektrləri

Bundan başqa müxtəlif dozalarda (200 Qr, 350 Qr, 750 Qr, 1000 Qr) qamma radiasiya ilə şüalanmış və dəmir nanohissəcikləri ilə qidalanmış ilbizlərin çanaq hissələrinin EPR spektrləri qeydə alınmış, onlarda paramaqnit mərkəzlər araşdırılmışdır. Bu spektrlər maqnit sahəsinin geniş diapazonunda (500-5500 Qs) çəkilmiş və şəkil 4.2.6 – da göstərilmişdir.

Qeydə alınan bütün EPR spektrlərinin təhlili göstərdi ki, şüalanma dozasının artması ilbizlərin çanaq hissələrindən alınan sərbəst radikal ($g=2,0023$) siqnallarının intensivliklərinin nəzərəcarpacaq dərəcədə xətti olaraq böyüməsinə səbəb olmuşdur.



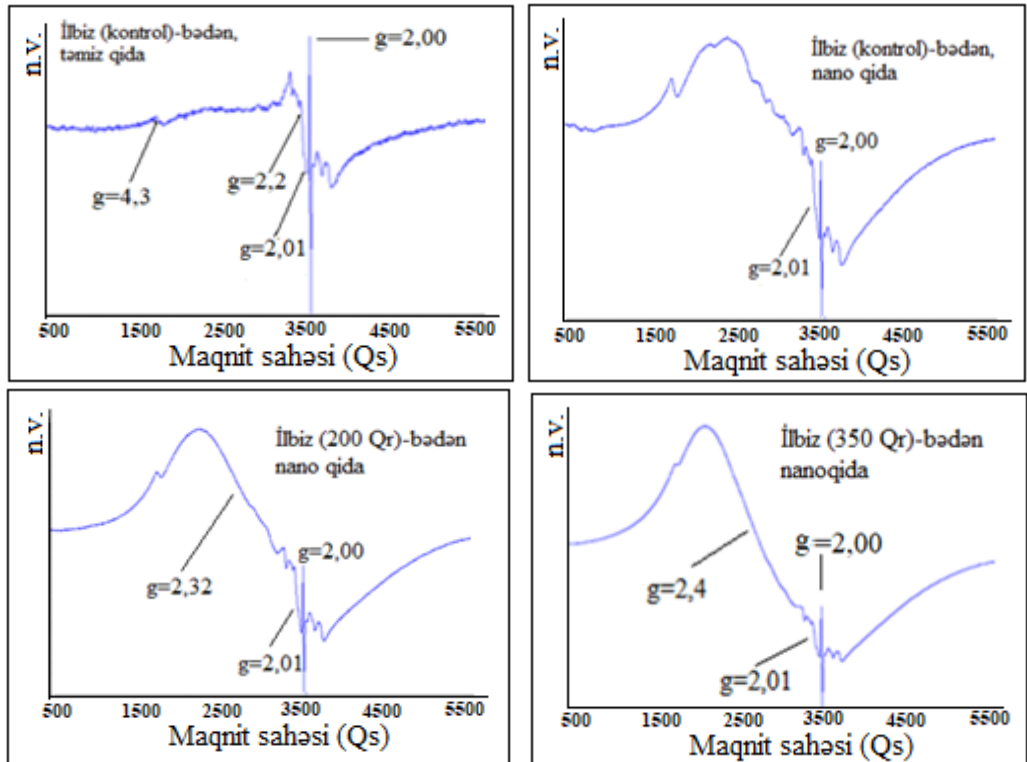
Şəkil 4.2.6. Müxtəlif dozalarda şüalandırılmış və dəmir nanohissəcikləri ilə qidalandırılmış ilbizlərin qurudulmuş çanaq hissələrinin EPR spektrləri

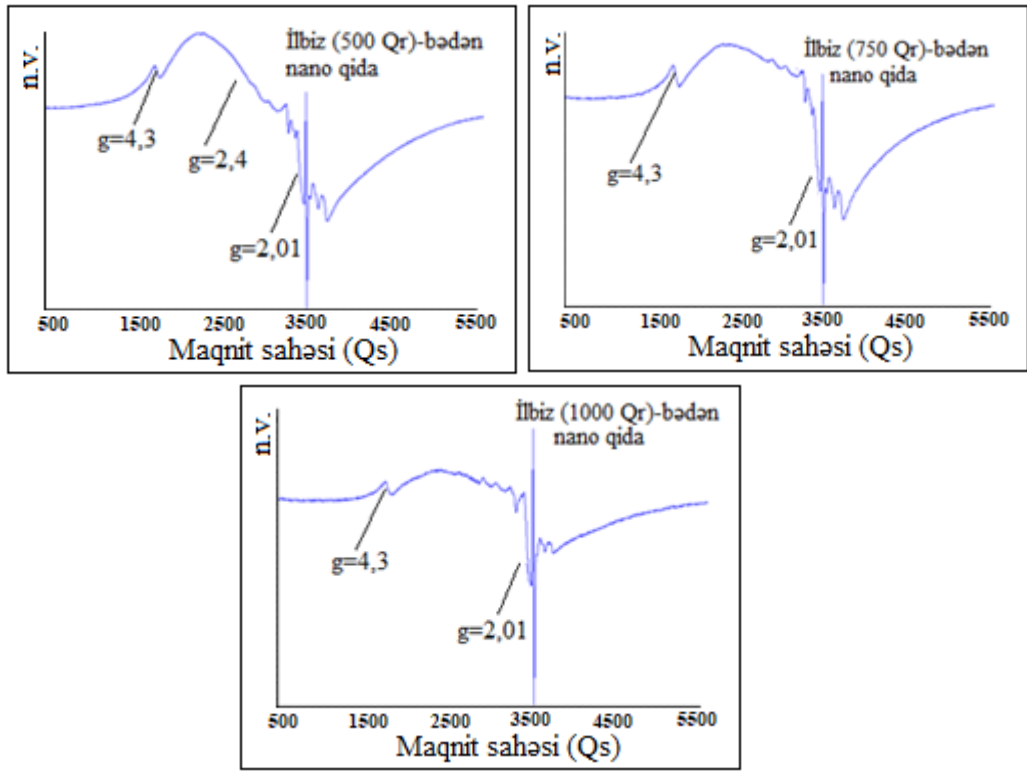
Qeyd etmək lazımdır ki, şüalanma dozasının artması ilə sərbəst radikal siqnallarının intensivliyinin xətti artması əvvəlki fəsilə bitki nümunələri ilə aparılan tədqiqat işlərinin nəticələrində də müşahidə edilmişdir [140, s. 319].

Eyni zamanda şəkil 4.2.6 - dan güründüyü kimi şüalanma dozasının müəyyən dozaya qədər tədricən artması çanaq nümunələrində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalların yaranmasına səbəb olmuşdur. Kontrol nümunələrin siqnalları ilə müqayisədə 350 Qr dozada şüalanmış ilbizlərin çanaq

hissələrində çox yüksək intensivlikli nanofazalı kristallik dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin signalı müşahidə edilmişdir. Şüalanma dozasının sonrakı artması zamanı (500 Qr, 750 Qr) çanaqlarda maqnit nanohissəciklərinin formalaşmasının eksponensial şəkildə, tədricən azalması aşkar edilmişdir. 1000 Qr dozada qamma radiasiyanın təsiri zamanı bu signal ümumiyyətlə müşahidə edilməmişdir. Bu isə onunla əlaqədardır ki, qamma radiasiyanın çox yüksək dozasının təsiri nəticəsində ilbizlərin orqanizmlərində reduksiyaedici sistem tamamilə destruksiyaya uğramış olur. Reduksiyaedici mühitin olmaması dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiya edilməsi prosesini dayandırır və beləliklə, məşhur Fenton reaksiyasına görə canlı sistemdə dəmir ionlarının çoxalmasına səbəb olur. Bu isə orqanizm üçün təhlükəlidir: OFF-nın, o cümlədən sərbəst radikalların yaranmasına, canlı sistemin destruksiyasına gətirir.

Müxtəlif dozalarda şüalandırılmış və laboratoriya şəraitində altmış gün ərzində dəmir nanohissəcikləri ilə qidalandırılmış çanaqlı üzüm ilbizlərinin bədən hissələrində paramaqnit mərkəzlər öyrənilmiş, maqnit sahəsinin geniş intervalında onların EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 4.2.7).





Şəkil 4.2.7. Kontrol və müxtəlif dozalarda şüalandırılmış və dəmir nanohissəcikləri ilə qidalanan ilbizlərin bədən hissələrindən alınan EPR spektrləri

Qeydə alınan spektrlərdə maqnit sahəsinin geniş intervalında müxtəlif EPR siqnalları müşahidə edilmişdir: sərbəst radikal siqnalları ($g = 2.0023$), dəmir ionlarının zəif siqnalları ($g=4,3$), nanofazalı maqnit hissəciklərinin siqnalları ($g=2,34$), mis ionlarının siqnalları ($g=2,1$) və manqan ionlarının siqnalları ($g=2,01$). Müəyyən edilmişdir ki, dəmir nanohissəcikləri ilə qidalanan ilbiz fərdlərinin bədən hissələrində dəmir komponentlərini xarakterizə edən zəif intensivlikli siqnallar ($g=4,3$) qeydə alınır. Qamma radiasiya ilə şüalanmanın dozasından asılı olaraq xarakterik maqnit nanohissəciklərinin siqnallarının bəzi parametrlərinin dəyişməsi araşdırılmışdır. Nəticədə müəyyən edilmişdir ki,

- 1) şüalanmayan, lakin nanohissəciklərlə qidalanan kontrol ilbizlərdə zəif intensivlikli maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar qeydə alınır.
- 2) 200 Qr dozada şüalanma dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri üçün xarakterik geniş EPR siqnalının yaranmasına səbəb olur.
- 3) 350 Qr dozada şüalanma bu siqnalın intensivliyinin 4 dəfə artmasına gətirir.

- 4) 500 Qr və 750 Qr dozalarda şüalanma zamanı bu siqnalın intensivliyi tədricən azalır.
- 5) Ən nəhayət 1000 Qr dozada qamma radiasiya ilə şüalanma isə artıq bu siqnalın demək olar ki, tamamilə yoxa çıxmasına səbəb olur.

Stres amili olaraq qamma radiasiyanın müəyyən dozalarda (200 Qr və 350 Qr) təsiri nəticəsində ilbizlərin orqanizmində sərbəst dəmir ionlarının çoxalması və mühitdə mitoxondrilərdə ENZ – nin intaktlığının pozulması nəticəsində reduksiyaedici sistemin yaranması onlarda nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin generasiyasına səbəb olur. Şüalanma dozasının artması (500 Qr və 750 Qr) zamanı ilbizlərin orqanizmində sərbəst dəmir ionlarının çoxalmasına baxmayaraq, reduksiyaedici sistem tədricən zəifləyir və beləliklə də maqnit nanohissəciklərinin generasiyası azalır. Ən yüksək - 1000 Qr dozada şüalanma isə reduksiyaedici sistemin tamamilə deqradasiyaya uğramasına səbəb olduğu üçün nanohissəciklərin yaranması baş vermir. Belə vəziyyət isə canlı sistemin məhvinə gətirir ki, biz də bu dozanın təsiri ilə ilbizlərdə ölüm hallarını müşahidə edirik [185, s.202-205].

Çanaqlarda dəmir əsaslı maqnit nanohissəciklərinin yaranması isə çanağın bədən ilə bilavasitə əlaqəli olması, onun vasitəsilə “qidalanması” – na dəlalət edir.

Aldığımız nəticə III fəsildə tədqiq olunan bitki nümunələri, onların müxtəlif orqanları ilə aparılan təcrübələrin nəticələri ilə identik olmuşdur. Belə ki, bitki sistemləri ilə aparılan laboratoriya təcrübələri zamanı şüalanma dozasının artması ilə dənli bitki cücərtilərində daha çox maqnit nanohissəciklərinin generasiya olunması, şüalanma dozasının letal doza həddini keçdikdə isə maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalın yoxa çıxması müşahidə edilmişdir. Bundan başqa sahə təcrübələri zamanı ekoloji cəhətdən daha çox çirklənmiş ərazidən yığılan bitki nümunələrində ekoloji təmiz ərazidə bitən eyni növ bitki ilə müqayisədə daha çox dəmir əsaslı maqnit nanohissəciklərinin formalaşması, stres zamanı bitki sistemlərində yeni maqnit xassələrinin yaranması aşkar edilmişdir.

Belə qanunauyğunluq tədqiq etdiyimiz bütün bitki sistemlərində müşahidə edilmişdir. EPR üsulu ilə stres amillərinin təsiri nəticəsində bitki nümunələrində biogen mənşəli kristallik nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəcikləri aşkar edilmişdir.

Canlı sistem olan heyvan orqanizminə - çanaqlı üzüm ilbizlərinə (*Helix pomatia*) də stres amillərinin təsirini öyrənərkən onların bədən və çanaq hissələrində bu hadisənin baş verdiyini, stres zamanı biominerallaşma nəticəsində maqnit nanohissəciklərinin generasiyasının və yeni maqnit xassələrinin yaranması hadisəsinin ilbiz nümunələrində də öz təsdiqini tapmasını müəyyən edirik.

4.3. UB – şüalanmanın çanaqlı üzüm ilbizlərində endogen paramaqnit mərkəzlərə təsiri

Növbəti təcrübələrdə başqa bir stres amili olan UB şüalanmanın çanaqlı üzüm ilbizlərinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Bu araşdırmalar da EPR metodu ilə davam etdirilmişdir. Çanaqlı üzüm ilbizləri Akademiya bağı ərazisindən toplanmışdır.

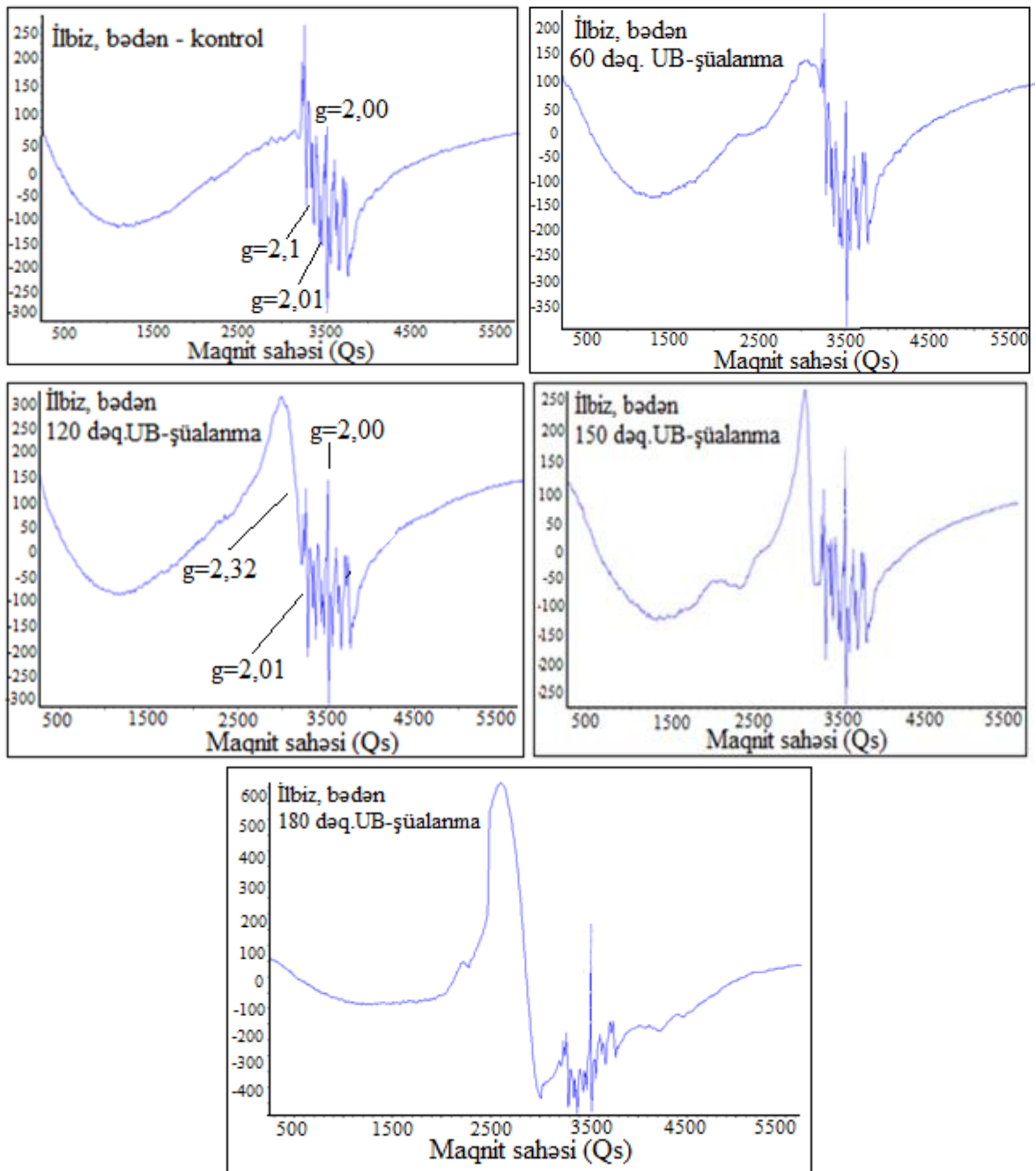
İlbizlər hər birində 13-18 fərd olmaqla xüsusi qablara yerləşdirilmiş və DRT – 230 civə-kvars lampasında şüalandırılmışlar (şəkil 4.3.1). UB-radiasiya ilə şüalanma 60 dəq., 120 dəq., 150 dəq., 180 dəq. müddətlərində aparılmışdır. Qeyd edək ki, 10 dəqiqə şüalanma $1,2 \text{ C/sm}^2$ -ə uyğundur.



Şəkil 4.3.1. Çanaqlı üzüm ilbizlərinin DRT – 230 civə-kvars lampasında UB radiasiya ilə şüalanması

Üç gün müddətində ilbizlər eyni şəraitdə saxlanılmış, onların həyat fəaliyyətləri, aktivlikləri və qidalanmaları nəzarətdə olmuşdur. Üç gün sonra şüalanmış ilbizlərin çanaq və bədən hissələri bir-birindən ayrılmış və otaq temperaturunda qurudulmuşlar.

Üyüdüldükdən sonra ilbizlərin çanaq və bədən hissələrinin EPR spektrləri maqnit sahəsinin geniş intervalında qeydə alınmışdır (şəkil 4.3.2; şəkil 4.3.3).

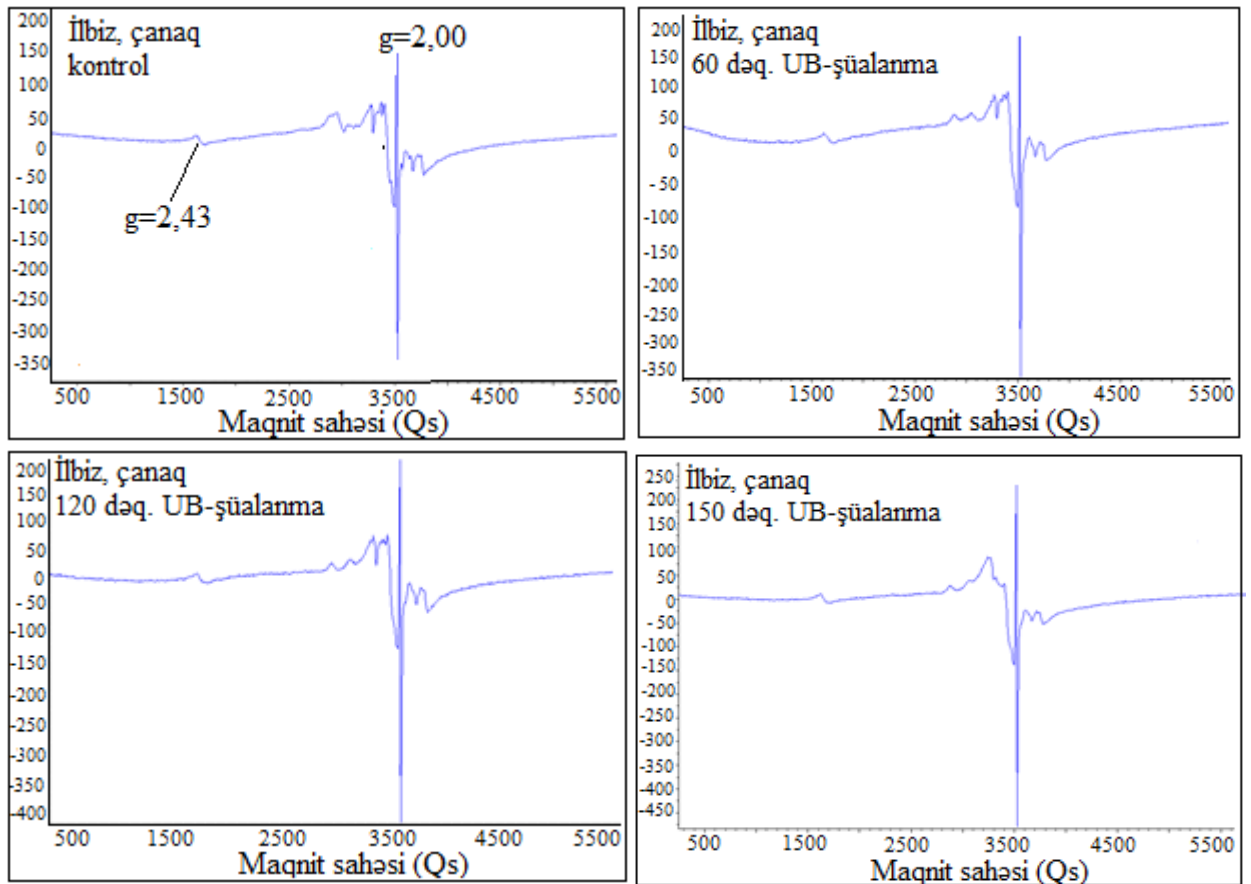


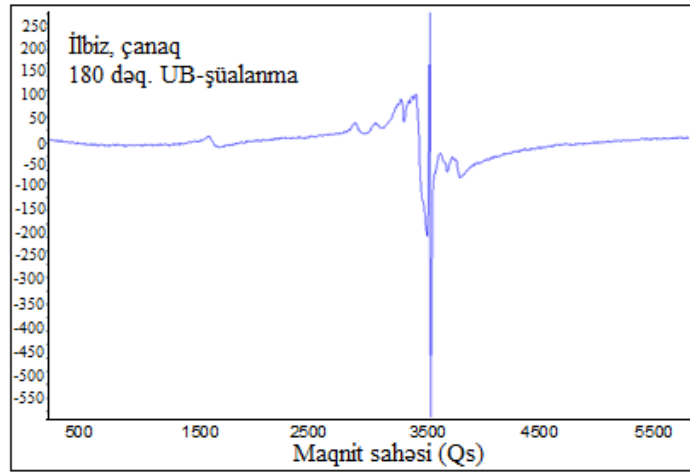
Şəkil 4.3.2. Kontrol və UB-şüalanmaya məruz qalmış çanaqlı üzüm ilbizlərinin bədən hissələrinin EPR spektrləri

Kontrol və UB radiasiyanın müxtəlif dozaları ilə şüalandırılmış (60 dəq., 120 dəq., 150 dəq., 180 dəq.) üzüm ilbizlərinin bədən hissələrinin EPR spektrlərinin təhlili göstərdi ki, kontrol nümunələrdə ensiz sərbəst radikal siqnalı ($g=2,0023$), mis

ionlarının siqnalları ($g=2,1$) və altı komponentli manqan ionlarının incə quruluşa malik olan siqnalları ($g=2,01$) qeydə alınmışdır. Lakin artıq ilbizlər UB şüalanmaya məruz qaldıqdan sonra müşahidə edirik ki, onların bədən hissələrində bu siqnallar ilə bərabər dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri üçün xarakterik olan geniş EPR siqnalları da yaranır. UB şüalanmanın dozasının artması bu siqnalların amplitudlarının artmasına səbəb olur. Aşkar edilmişdir ki, 60 dəqiqə UB şüalanma ilə müqayisədə 180 dəqiqə UB şüalanma zamanı maqnit hissəciklərinin geniş EPR siqnalının amplitudu 5-6 dəfə yüksəlir. UB şüalanma sərbəst radikal siqnallarının da amplitudlarının xətti artmasına səbəb olmuşdur.

Həmçinin UB radiasiya ilə şüalanmış üzüm ilbizlərinin çanaq hissələrinin EPR spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 4.3.3). Bu spektrlərdə sərbəst radikal siqnallarının ($g=2,0023$) UB şüalanmanın dozasından asılı olaraq xətti artması müşahidə edilmişdir. Bundan başqa çanaq nümunələrində dəmir ionlarının siqnalları ($g=4,3$) qeydə alınmışdır.

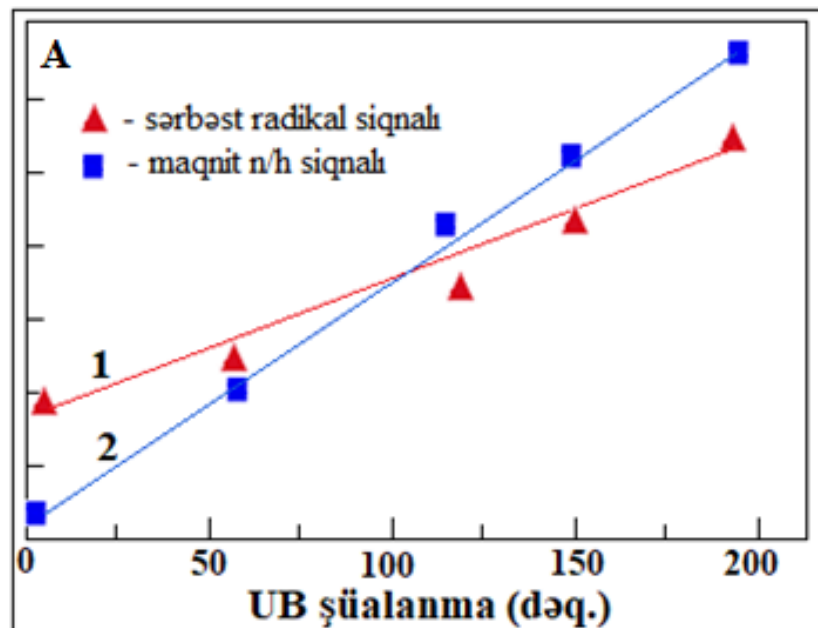


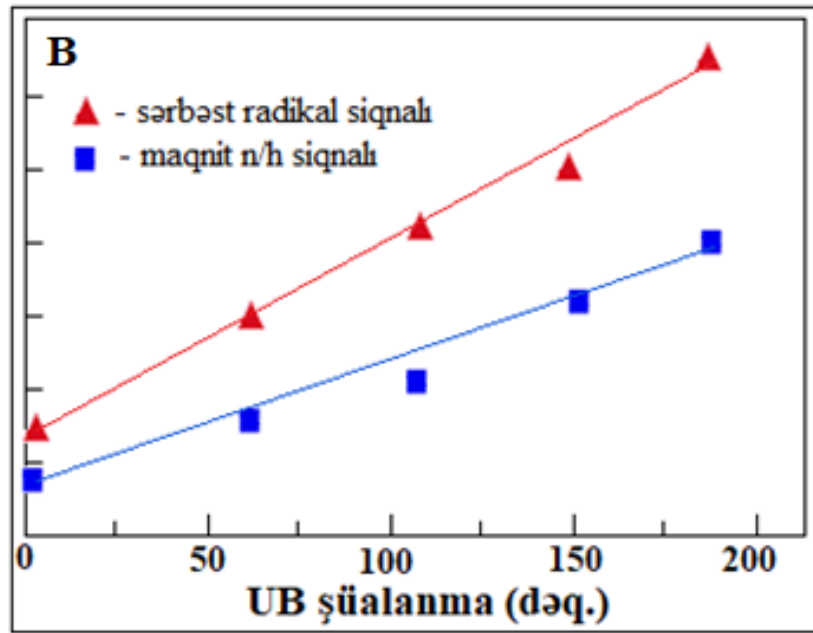


Şəkil 4.3.3. Kontrol və UB-şüalanmaya məruz qalmış çanaqlı üzüm ilbizlərinin çanaq hissələrinin EPR spektrləri

Spektrlərdə nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərini xarakterizə edən kiçik amplitudlu siqnalların ($g=2,32$) yaranması isə əvvəlki paragrafda qeyd etdiyimiz kimi çanaqlı üzüm ilbizlərində çanaq hissənin bilavasitə bədənə əlaqəli olması, çanağın strukturunun yaranmasında və formalaşmasında bədənin əhəmiyyətli rolunun olduğunu göstəricisidir.

Kontrol və UB – radiasiya ilə şüalanmış ilbizlərin bədən və çanaq hissələrində detektə olunan sərbəst radikalları və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalların intensivliklərinin şüalanma dozəsindən asılı olaraq dəyişmə dinamikası şəkil 4.3.4 – də verilmişdir.





Şəkil 4.3.4. Çanaqlı üzüm ilbizlərinin A) bədən və B) çanaq hissələrinin EPR spektrlərinin intensivliklərinin UB – şüalanma dozəsindən asılı olaraq dəyişmə dinamikaları

Göründüyü kimi sərbəst radikal siqnallarının və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalların intensivliklərinin şüalanma dozəsindən asılı olaraq xətti artması müşahidə edilmişdir.

4.4. Stresə məruz qalmış laboratoriya siçovullarının (*Wistar albino*) daxili orqanlarında maqnit xassələrinin öyrənilməsi

Müxtəlif stres amillərinin heyvan orqanizmlərinə təsirini öyrənərkən təbiətdən toplanmış çanaqlı üzüm ilbizləri ilə aparılan təcrübələr ilə yanaşı model sistem kimi laboratoriya siçovulları ilə də tədqiqatlar aparılmışdır. Heyvan orqanizmləri ilə aparılan təcrübələrdə tədqiqat obyektini kimi laboratoriya siçovullarının seçilməsi çox əlverişli hesab olunur. Ədəbiyyatdan məlumdur ki, tədqiqat işlərində ən çox istifadə olunan laboratoriya heyvanları məhz gəmiricilərdir. Laboratoriya heyvanları arasında 80% siçovul və siçanların payına düşür. Belə ki, onlar asanlıqla laboratoriya şəraitinə uyğunlaşa bilirlər. Gəmirici heyvanlar nöqtəvi orqanizmlərdir. Onlar gündüzlər passiv həyat sürsələr də, gecələr əksinə, çox aktiv olurlar. Onların ölçüləri kiçik olduğu

üçün fizioloji parametrləri, məsələn, ürək döyüntüləri, tənəffüs sayı və s. olduqca yüksəkdir [161, s.362].

Laboratoriya siçovulları (*Wistar albino*) ilə apardığımız təcrübələrdə onlar hər birində altı fərd olmaqla dörd qrupa bölünmüşdür: 1) kontrol; 2) 3 Qr şüalanmış; 3) 6 Qr şüalanmış; 4) 8 Qr şüalanmış. Siçovullar ^{60}Co mənbəli RHUND 20000 qurğusunda (dozanın gücü 0,286 rad/san) şüalandırılıblar. Qeyd etmək lazımdır ki, siçovul və siçanlarda yeni doğulmuşlar radiasiyaya nisbətən davamlıdırlar. Süddən yeni kəsilmiş (20-30 günlük) siçovullar isə radiasiyaya qarşı ən həssasdırlar. Yetkinlik dövründə (3-4 ay) olan siçovullar stresə qarşı ən davamlıdırlar və daha sonra yaş artdıqca (6 aydan sonra) onların istənilən stres amilinə, o cümlədən də radiasiya amillərinə qarşı olan müqavimətləri zəifləyir [161, s. 362].

Təcrübələrimizdə adətən 30 - 60 günlük siçovullardan istifadə edilmişdir. Müxtəlif dozalarda şüalandırılmış siçovullar laboratoriya şəraitində 30 gün ərzində otaq temperaturunda saxlanılmışlar (şəkil 4.4.1). Bu müddət ərzində siçovulların həyat fəaliyyətləri, davranışları nəzarətdə saxlanılmış və onlarda şüalanmadan sonra bu təsirdən yaranan morfo-fizioloji dəyişikliklər izlənilmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, şüalanmadan sonra siçovulların həyat qabiliyyətləri və aktivlikləri xeyli aşağı düşmüş, qidalanmaları isə zəifləmişdir. Hətta onlarda Harder vəzinin (göz yuvalarının daxilində porfirin tərkibli qonur-qırmızı rəngli maddə) ifrazını təmizləmədikləri müşahidə edilmişdir. Ümumiyyətlə, bu ifraz sağlam heyvanlarda görünmür, çünki onlar tez-tez bu ifrazı təmizləyirlər. Lakin əgər heyvanlarda belə ifraz müşahidə edilirsə, bu onların sağlamlığında hər hansı bir problemin olduğunu deməyə imkan verir [155, s.485].

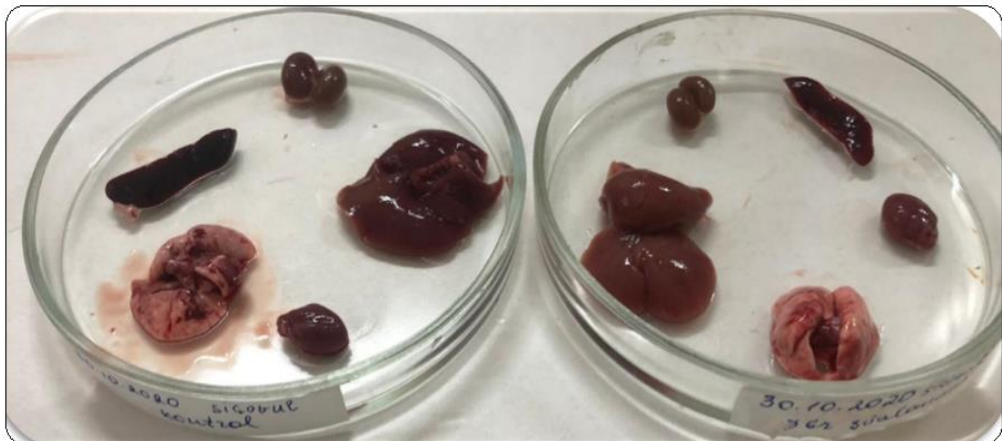




Şəkil 4.4.1. Müxtəlif dozalarda şüalandırılmış və qəfəslərdə saxlanan laboratoriya siçovulları

Şüalanmadan sonra bir ay müddətində kontrol və 3 Qr dozada şüalandırılmış siçovullarda adətən ölüm halları müşahidə edilməmişdir. 6 Qr dozada şüalandırılmış siçovullarda ilk 1-3 ay müddətlərində, 8 Qr dozada şüalandırılmış siçovullarda isə bir aya qədər olan müddətdə tələfolma halları müşahidə olunmuşdur. Müşahidə müddəti bitdikdən sonra siçovullar kəsilmiş və onların daxili orqanları (ürək, qaraciyər, ağciyər, dalaq, böyrəklər) çıxarılaraq EPR tədqiqatları üçün hazırlanmışdır.

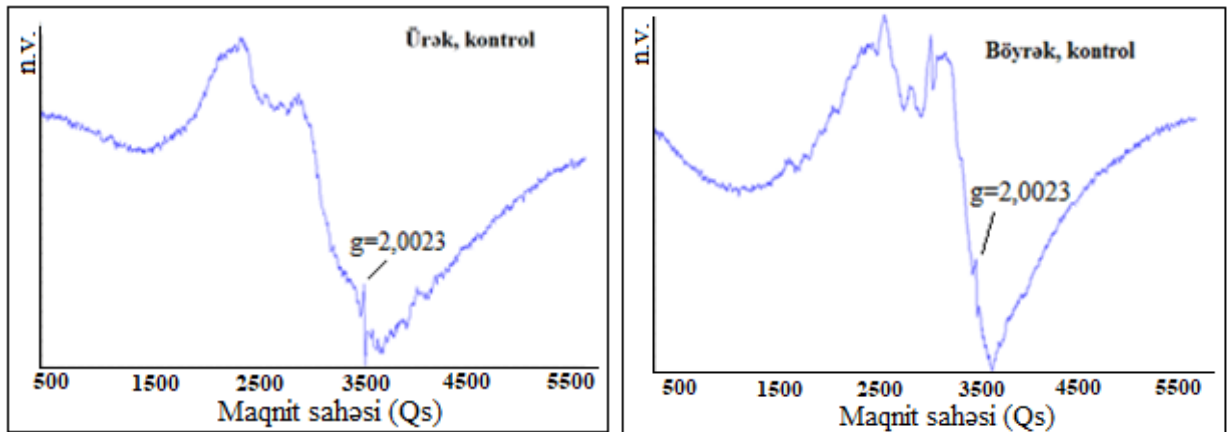
Kəsilmə zamanı bioetik norma qaydalarına (10%-li ketaminlə keyləşdirilmə) əməl edilmişdir. Müxtəlif dozalarda şüalanmış siçovulların daxili orqanlarında morfoloji dəyişikliklər müşahidə edilmiş, onların rəng və ölçülərində nəzərəcarpacaq fərqlər – rəngin və ölçülərin dəyişməsi üzə çıxmışdır (şəkil 4.4.2).

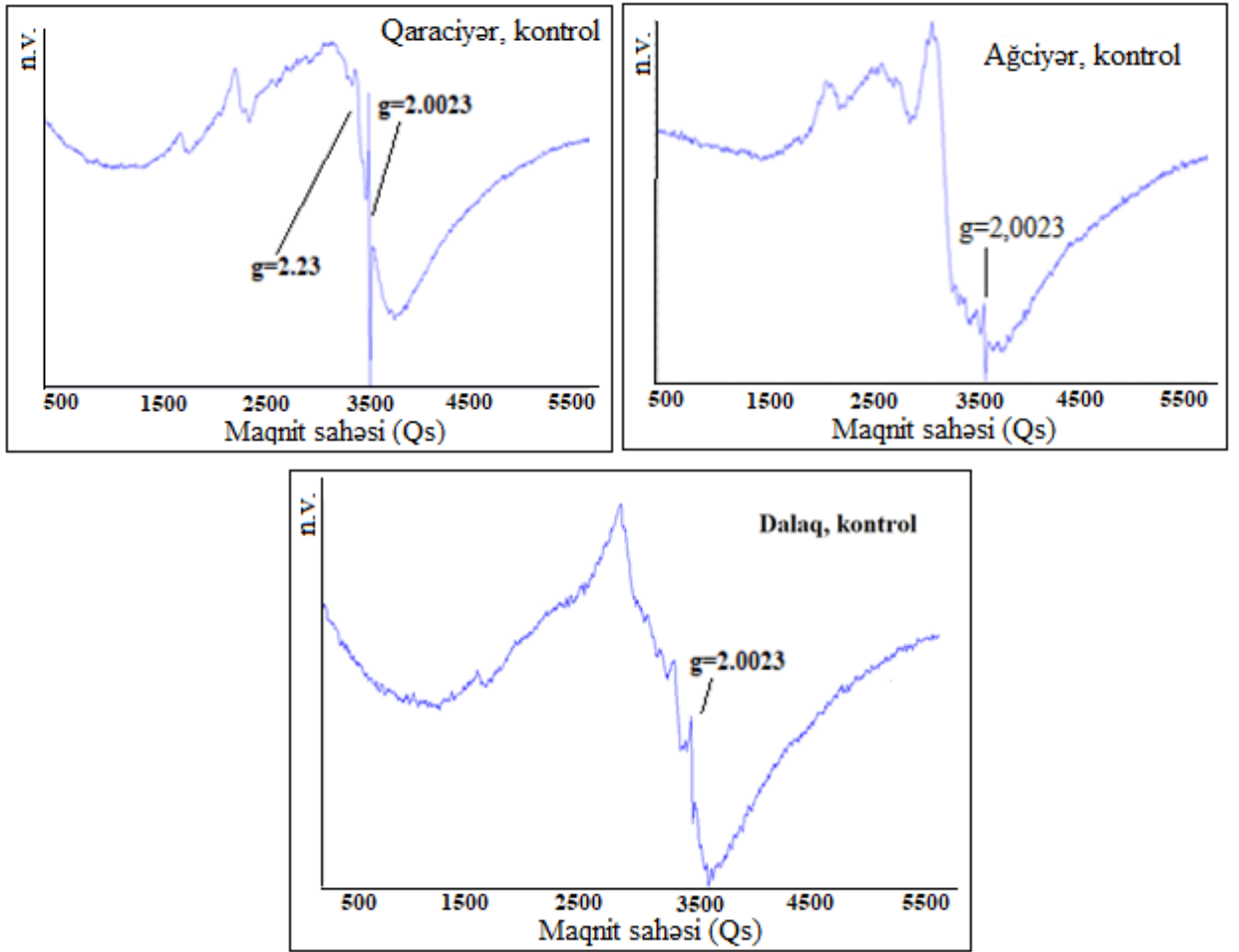




**Şəkil 4.4.2. Siçovulun daxili orqanları
(ürək, dalaq, böyrəklər, ağ ciyər, qara ciyər)**

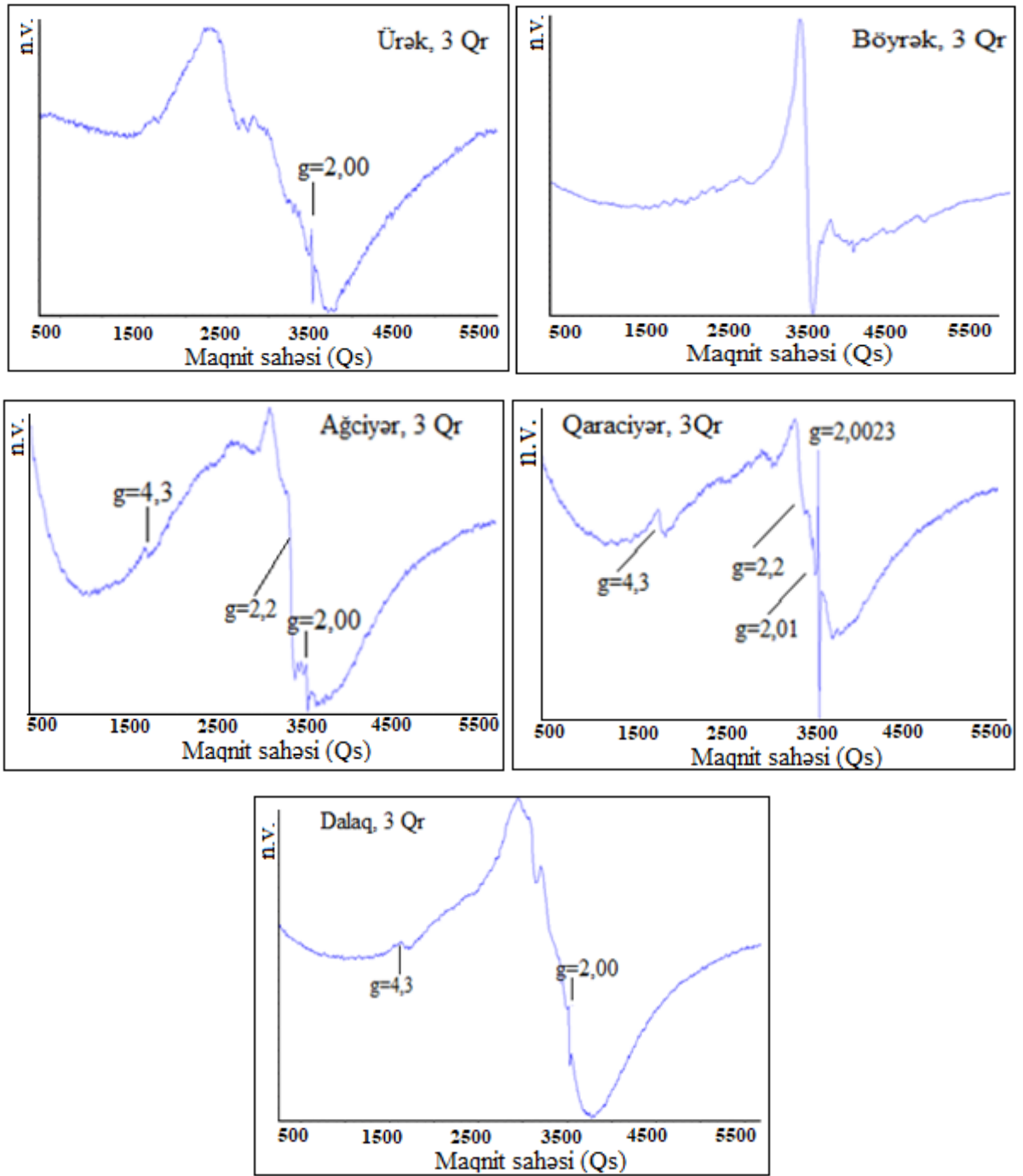
Təbii şəraitdə, otaq temperaturunda qurudulan daxili orqanların EPR spektrləri qeydə alınmışdır. Bu spektrlər şəkil 4.4.3 – 4.4.6 – da təqdim olunmuşdur. Şəkil 4.4.3 – də kontrol siçovulların tədqiq olunan daxili orqanlarının EPR spektrləri verilmişdir. Bütün daxili orqanlarda əsasən sərbəst radikal siqnallarının ($g=2,0023$) yarandığı müşahidə edilmişdir. Dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalının aydın ifadə olunan təzahürü isə qaraciyər orqanında meydana gəlmişdir. Daha sonra müxtəlif dozalarda şüalanmış laboratoriya siçovullarının daxili orqanlarının ayrı-ayrılıqda EPR spektrləri qeydə alınmışdır.





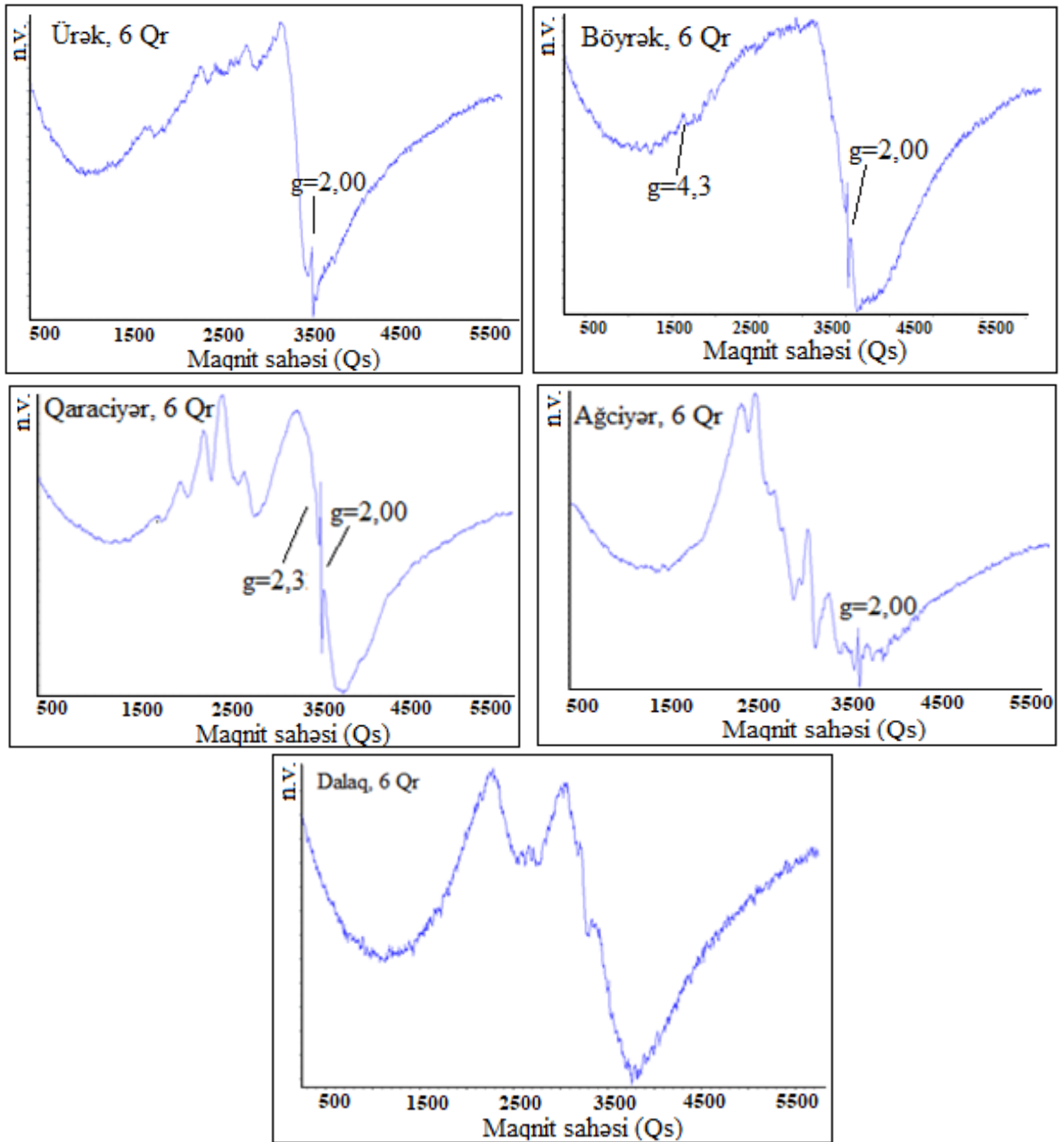
Şəkil 4.4.3. Kontrol (şüalanmamış) siçovulun daxili orqanlarının EPR spektrləri

3 Qr dozada şüalanmış laboratoriya siçovullarının daxili orqanlarında yaranan paramaqnit mərkəzlər şəkil 4.4.4.-də verilmişdir. Bu spektrlərdə sərbəst radikalın ($g=2,0023$), manqan ionlarının ($g=2,01$) siqnalları müşahidə edilmişdir. Qaraciyər orqanında sərbəst radikal siqnalının intensivliyi digər orqanlarda yaranan analogi siqnalların intensivliyindən təqribən 7-8 dəfə yüksək olmuşdur. Dəmir ionlarının siqnalları qaraciyər, ağciyər, dalaq, ürək orqanlarında detektə edilmişdir və qaraciyər orqanında bu siqnalın intensivliyi daha yüksək olmuşdur. Eyni zamanda qaraciyər orqanında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən yüksək intensivlikli geniş EPR siqnalının ($g=2,23$) yarandığı müəyyən edilmişdir.



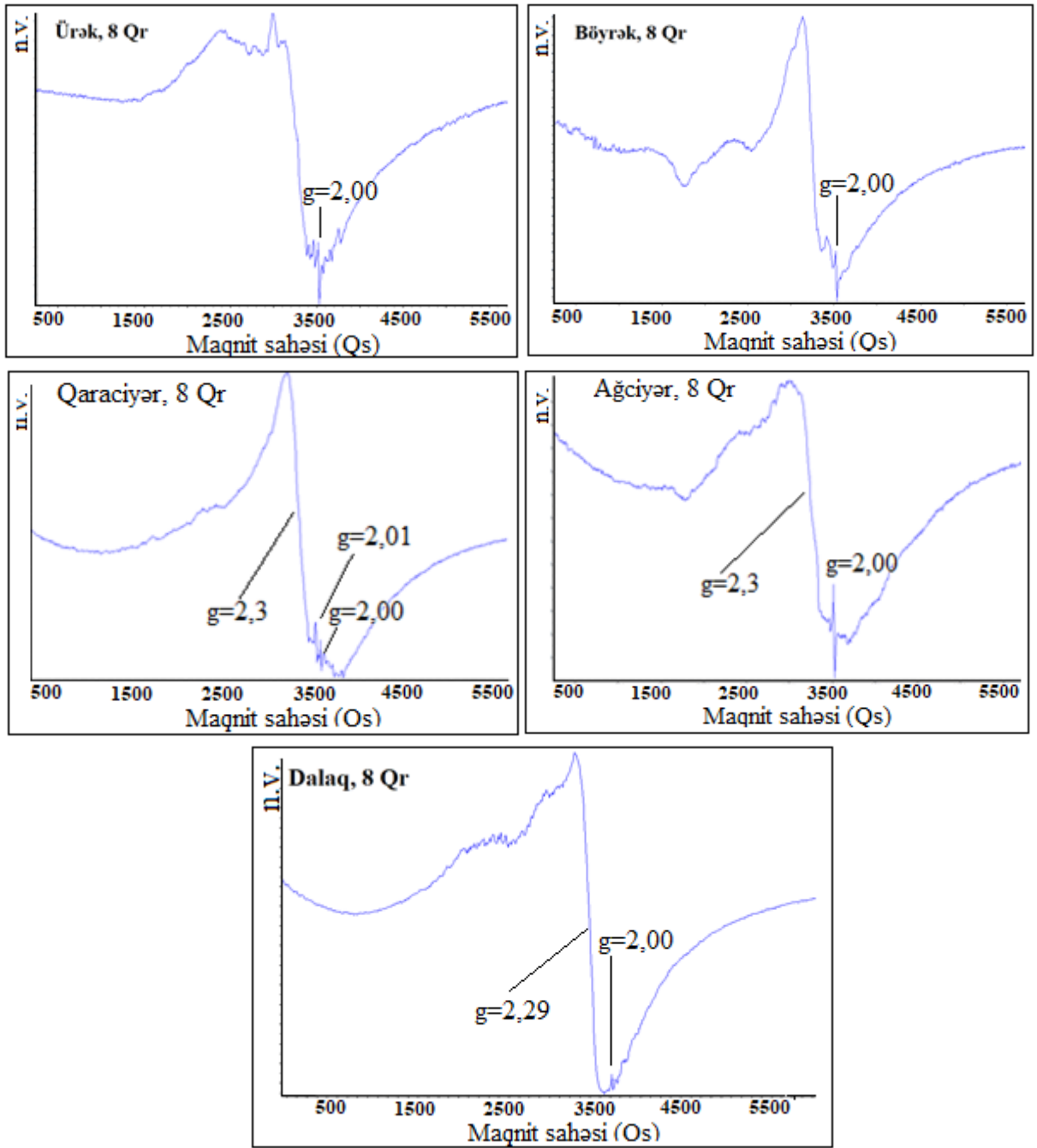
Şəkil 4.4.4. Qamma radiasiya ilə (3 Qr dozada) şüalanmış siçovulun daxili orqanlarının EPR spektrləri

6 Qr dozada qamma şüalanma bütün orqanlarda sərbəst radikal siqnallarının yaranmasına səbəb olmuşdur (şəkil 4.4.5). Qaraciyər nümunələrində yeni paramaqnit mərkəzlərin, dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin siqnalının ($g=2.32$) yarandığı aşkar edilmişdir.



Şəkil 4.4.5. Qamma radiasiya ilə (6 Qr dozada) şüalanmış siçovulun daxili orqanlarının EPR spektrləri

Şüalanma dozası 8 Qr (letal doza) olduqda isə bu siqnalın intensivliyinin daha çox böyüməsi müşahidə edilmişdir (şəkil 4.4.6). Alınan nəticə biotibbi tədqiqatlarda, müalicə və diaqnostika məqsədləri ilə geniş istifadə oluna bilər [184, s.51].



Şəkil 4.4.6. Qamma radiasiya ilə (8 Qr dozada) şüalanmış siçovulun daxili orqanlarının EPR spektrləri

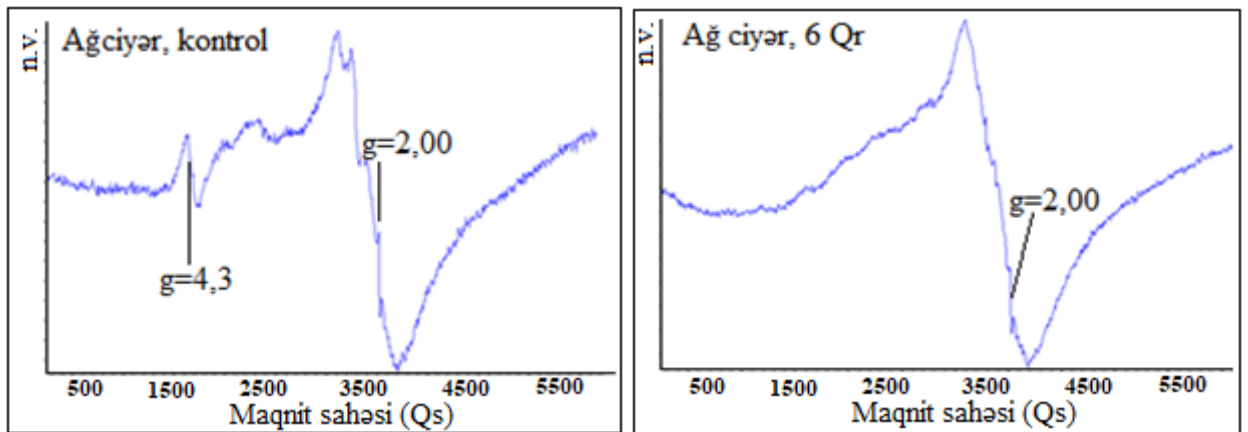
EPR təcrübələri göstərdi ki, qamma radiasiyanın təsiri ilə siçovulların qaraciyər orqanlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur. Şüalanma dozasının artması ilə maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalının amplitudunun yüksəlməsi müşahidə edilmişdir ki, bu da radiasiyanın dozasının yüksəlməsi ilə nanohissəciklərin miqdarı baxımdan artmasının göstəricisi ola bilər. Beləliklə, heyvan orqanizmlərindən laboratoriya siçovulları ilə aparılan təcrübələrdə

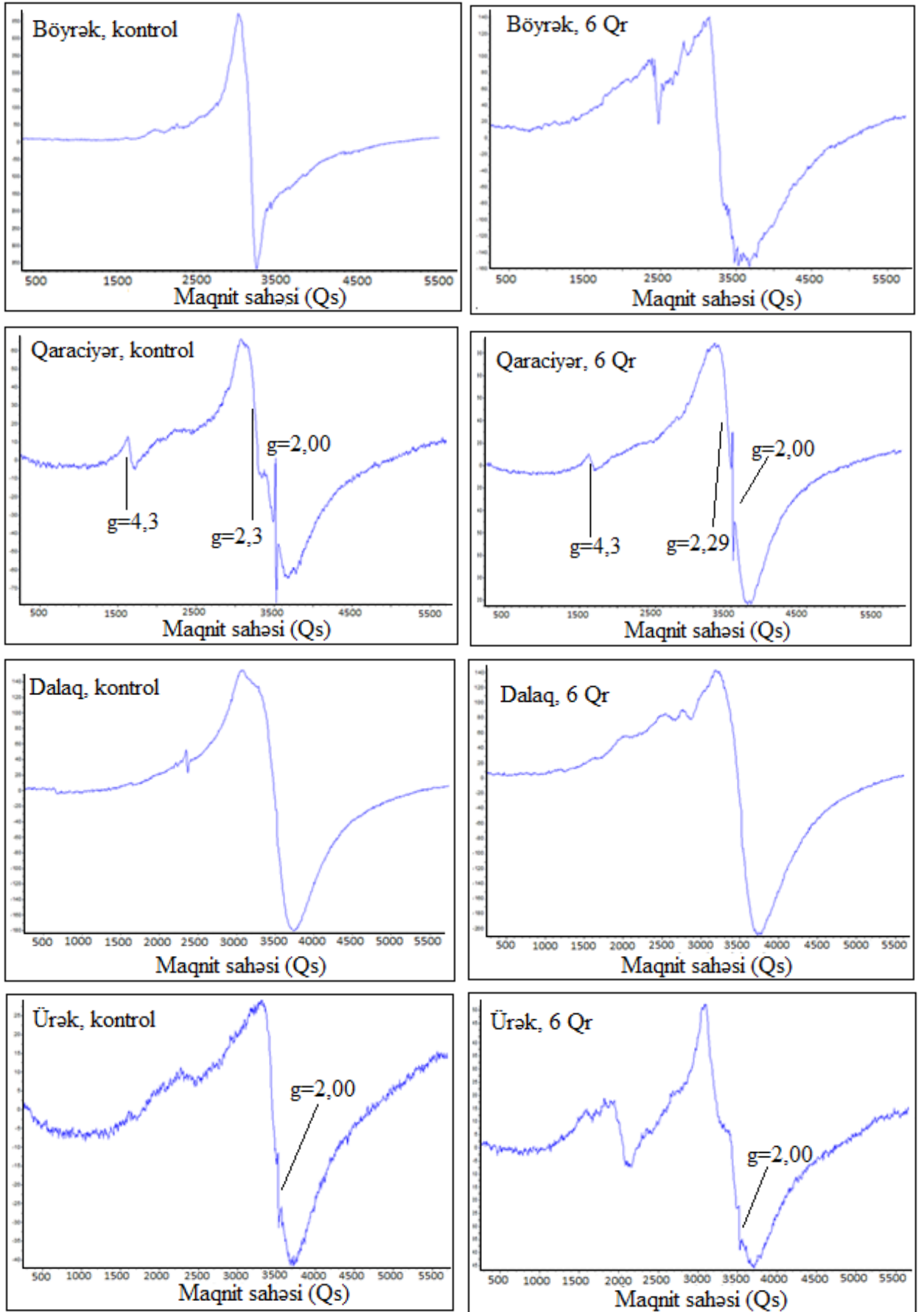
alınan nəticələr bir daha təsdiq edir ki, stres amillərinin təsiri canlı sistemlərdə yeni maqnit xassələrinin yaranmasına səbəb olur. Alınan nəticə müasir tibbin müxtəlif sahələrində aparılan tədqiqatlarda praktiki nöqteyi-nəzərdən mühüm əhəmiyyət kəsb edə bilər.

Müqayisəli təhlil üçün kontrol və qamma radiasiya ilə şüalanmış laboratoriya siçovullarında paramaqnit mərkəzlər şüalandıqdan üç ay sonra tədqiq edilmişdir. Təcrübələrin aparılmasında məqsəd müəyyən müddətdən sonra laboratoriya siçovullarının daxili orqanlarında baş verən dəyişiklikləri və əsasən də maqnitləşmə effektini öyrənmək olmuşdur.

Kontrol və 6 Qr dozada şüalanmış, üç ay eyni şəraitdə saxlandıqdan sonra kəsilən siçovulların daxili orqanlarının EPR spektrləri şəkil 4.4.7-də verilmişdir. Spektrlərdən görüldüyü kimi şüalandıqdan sonra daxili orqanlarda yeni paramaqnit mərkəzlər yaranır, siqnalların parametrlərində və quruluşlarında müəyyən dəyişikliklər müşahidə edilir.

Ən önəmlisi isə budur ki, üç ay sonra da siçovulların qaraciyər orqanlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin siqnalları ($g=2.3$) qeydə alınmışdır. Bu çox mühüm nəticədir və deməyə əsas verir ki, qamma radiasiyanın təsiri ilə qaraciyər orqanlarında maqnit xassələrinin yaranması hadisəsi zamandan asılı deyil və öz mahiyyətini saxlaya bilər [184, 45-47].





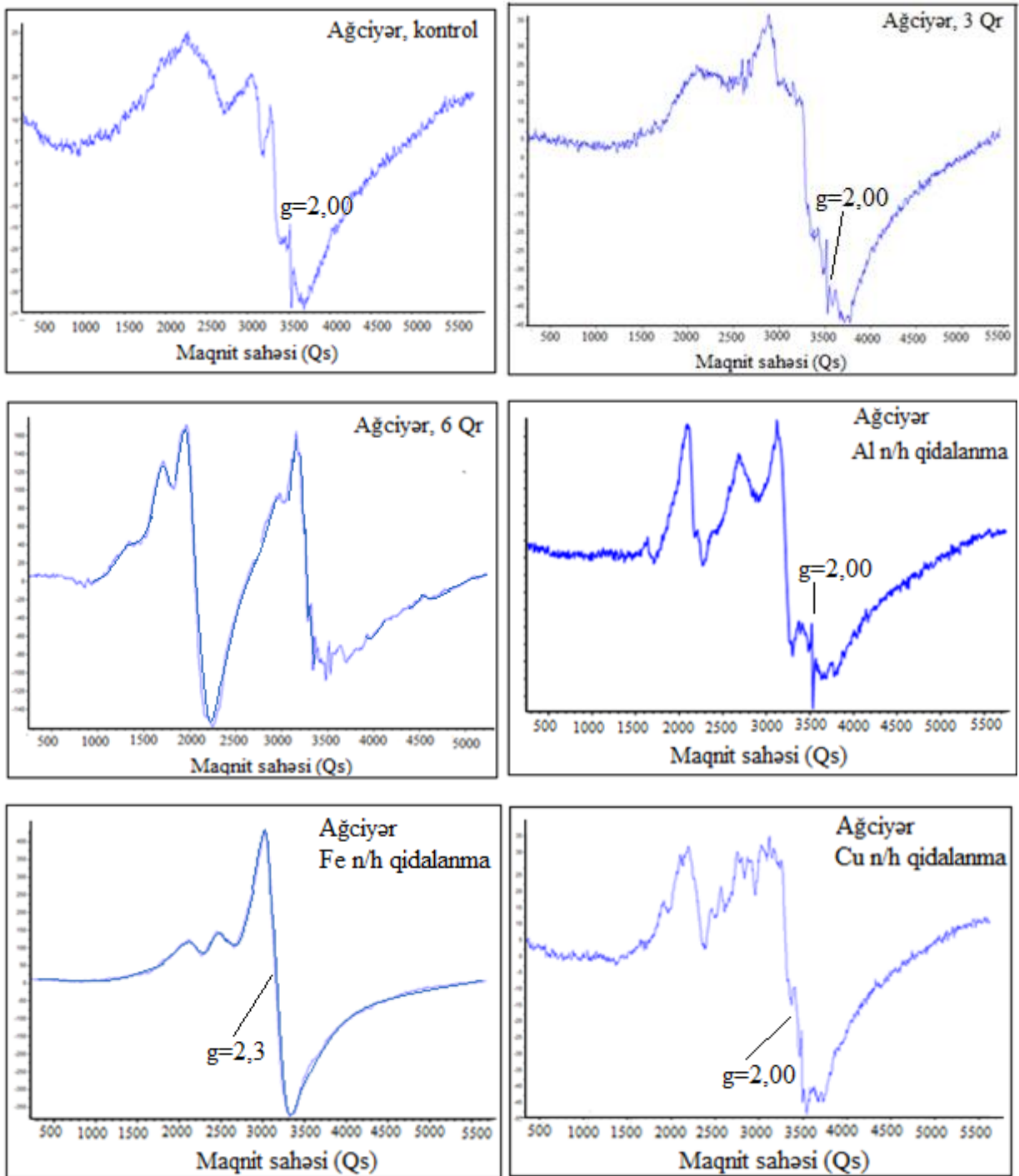
Şəkil 4.4.7. Kontrol və 6 Qr dozada şüalanmış siçovulların daxili orqanlarının EPR spektrləri

4.5. Qamma radiasiyanın və metal nanohissəciklərinin laboratoriya siçovullarında (*Wistar Albino*) yaranan paramaqnit mərkəzlərə təsirinin müqayisəli tədqiqi

Növbəti təcrübələrdə laboratoriya siçovullarına müxtəlif dozalarda qamma radiasiyanın təsiri ilə yanaşı metal nanohissəcikləri (Al, Cu və Fe nanohissəcikləri) ilə qidalanmanın da təsiri müqayisəli öyrənilmişdir.

Kontrol və RHUND 20000 qurğusunda (dozanın gücü 0,274 rad/san) müxtəlif dozalarda (3 Qr, 6 Qr, 8 Qr) şüalandırılan laboratoriya siçovulları və altmış gün müddətində Al, Cu və Fe nanohissəcikləri ilə işlənmiş su və yem ilə qidalandırılmış siçovullar laboratoriyada eyni şəraitdə ayri-ayrı qəfəslərdə saxlanılmışdır. Altmış gün müddətində kontrol və müxtəlif dozalarda şüalanmış laboratoriya siçovullarının və müxtəlif metal nanohissəcikləri ilə qidalanan siçovulların aktivlikləri, qidalanmaları, həyat fəaliyyətləri nəzarətdə saxlanılmış, onlar üzərində müşahidələr həyata keçirilmişdir. Kontrol siçovullar ilə müqayisədə şüalanmış siçovullarda, xüsusilə də 6 Qr və 8 Qr dozalarda şüalanmış siçovullarda passivlik, iştahasızlıq müşahidə edilmişdir. Nanohissəciklərlə qidalanma laboratoriya siçovullarının həyat fəaliyyətlərinə nəzərəçarpan təsir göstərməmişdir.

İki ay sonra kontrol, qamma radiasiyanın müxtəlif dozaları ilə şüalanmış və metal nanohissəcikləri ilə qidalanmış siçovulların daxili orqanları (qaraciyər, ağ ciyər, dalaq, böyrəklər, ürək, beyin) kəsilmişdir. Otaq temperaturunda qurudulduqdan sonra üyüdülmüş nümunələrin EPR sekişrləri qeydə alınmışdır. Bu sekişrlər şəkil 4.5.1 – şəkil 4.5.6 – da göstərilmişdir. Şəkil 4.5.1 - də maqnit sahəsinin geniş intervalında (0-5500 Qs) kontrol, 3 Qr, 6 Qr dozalarda şüalanmış siçovulların və metal nanohissəcikləri (Al, Cu, Fe) ilə qidalanan siçovulların ağciyər orqanlarının EPR sekişrləri verilmişdir. Kontrol nümunədə sərbəst radikal və yüksək incə quruluşa malik altı komponentli maqnan ionlarının siqnalları müşahidə edilmişdir.

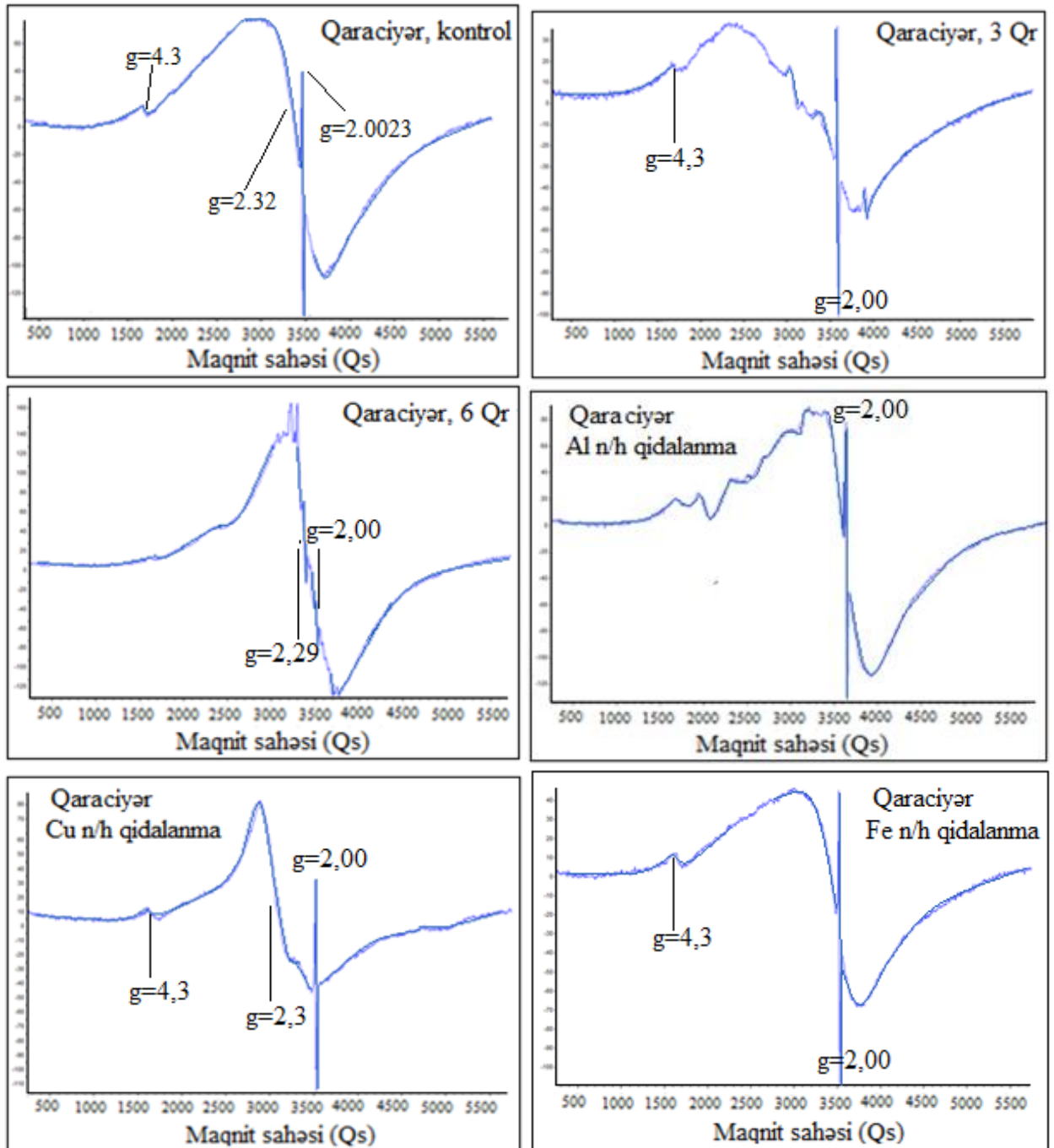


Şəkil 4.5.1. Kontrol, müxtəlif dozalarda qamma radiasiya ilə şüalanmış və metal nanohissəcikləri ilə qidalanmış siçovulların ağ ciyər orqanlarının EPR spektrləri

3 Qr dozada şüalanma zamanı da nümunələrdə sərbəst radikal və manqan ionlarının siqnalları qeydə alınmışdır, lakin bu zaman bu siqnalların intensivliyi bir qədər yüksək olmuşdur. Bundan başqa maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalı ($g=2,34$; $\Delta H=320$ Qs) bu nümunələrdə qeydə alınmamışdır. Yalnız

dəmir nanohissəcikləri ilə qidalanan siçovulların ağciyər orqanlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar qeydə alınmışdır.

Şəkil 4.5.2 - də isə kontrol və müxtəlif dozalarda şüalanmış siçovulların, həmçinin metal nanohissəcikləri (Al, Cu, Fe) ilə qidalanan siçovulların qaraciyər orqanlarının EPR spektrləri maqnit sahəsinin geniş intervalında (0-5500 Qs) göstərilmişdir.



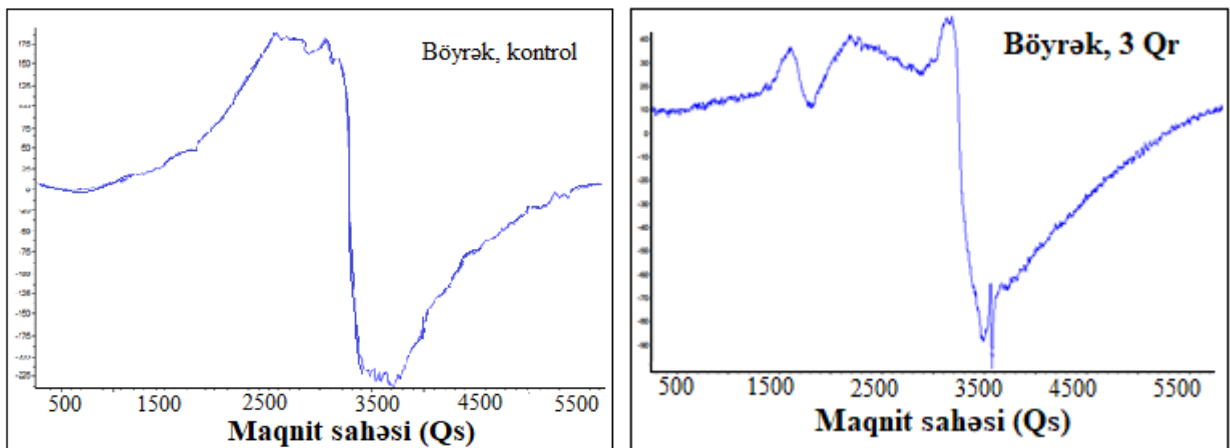
Şəkil 4.5.2. Kontrol, müxtəlif dozalarda şüalanmış və metal nanohissəcikləri ilə qidalanmış siçovulların qaraciyər orqanlarının EPR spektrləri

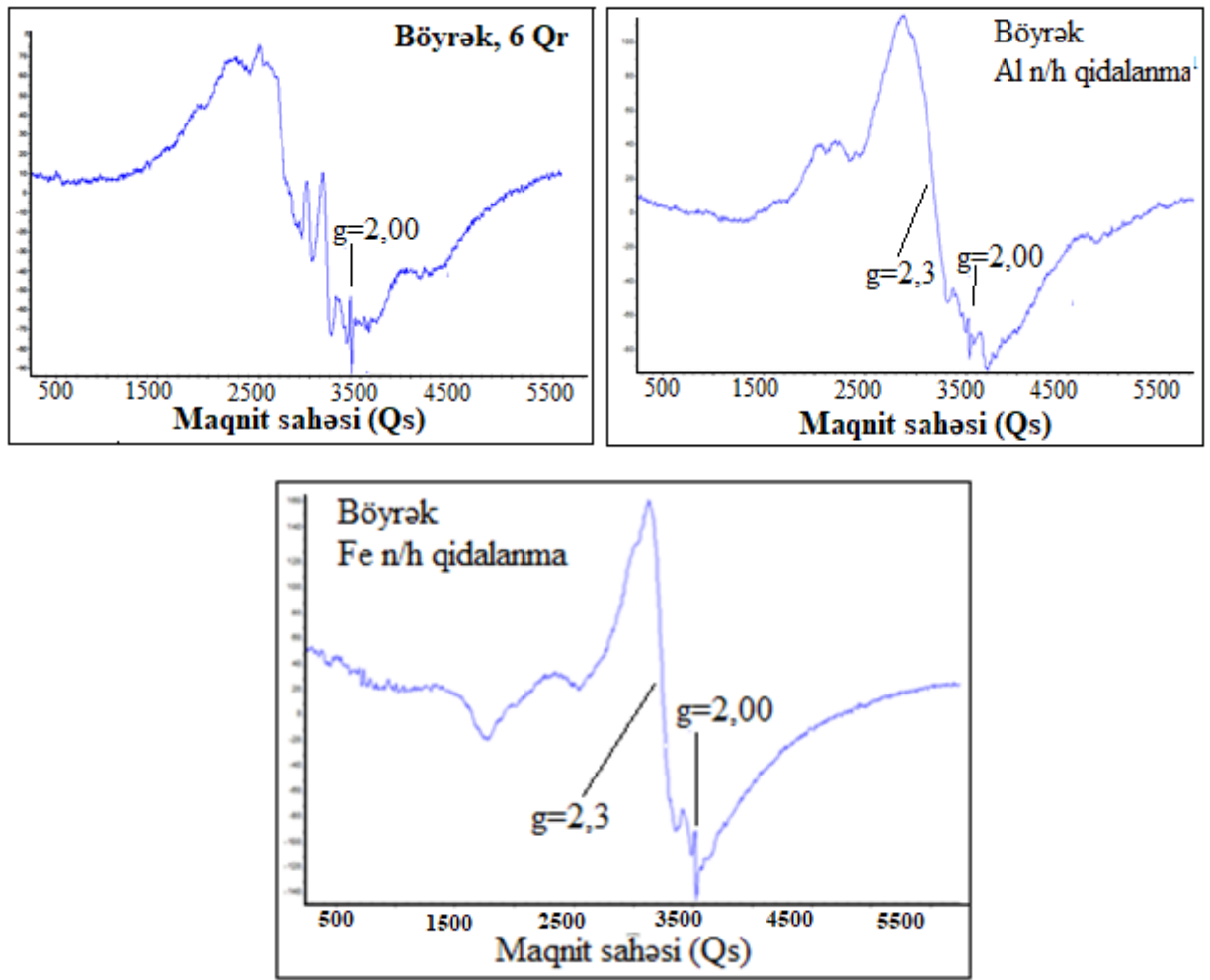
Kontrol nmnlrd sərbəst radikal siqnalları ($g=2,0023$), dəmir ionlarının siqnalları ($g=4,3$) və maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalları ($g=2,32$) qeydə alınmışdır. 3 Qr dozada Őalanma sərbəst radikal siqnallarının amplitudlarının artmasına səbəb olmuşdur. Lakin artıq 6 Qr dozada qamma radiasiyanın təsiri nəticəsində bu siqnalların amplitudları kiilmidir. Metal nanohissəcikləri ilə qidalanan siçovulların qaraciyər orqanlarında aşağıdakı siqnallar qeydə alınmışdır:

- 1) sərbəst radikal siqnalları ($g=2,0023$)
- 2) dəmir ionlarının siqnalları ($g=4,3$)
- 3) geniş EPR siqnalları ($g=2,32$)

Őkil 4.5.2 - də verilən EPR spektrlerinin identifikasiyası göstərdi ki, dəmir nanohissəcikləri ilə qidalanan siçovulun qaraciyər orqanlarında dəmir ionlarının ($g=4,3$), dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalının, sərbəst radikal siqnallarının intensivlikləri daha yüksək olmuşdur.

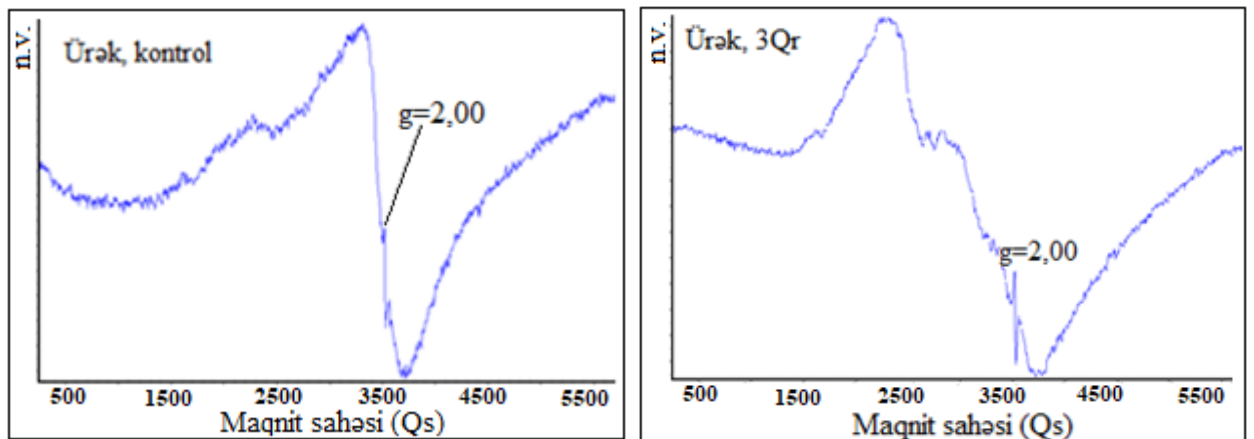
Böyrək orqanlarında qeydə alınan spektrlərdə srbst radikal siqnalları ($g=2,0023$) mŐahid edilmidir (Őkil 4.5.3). Al v Fe nanohissciklri il qidalanan siovullarda zif intensivlikli dmir oksidi maqnit nanohissciklrini xarakteriz edn siqnallar mŐahid edilmidir.

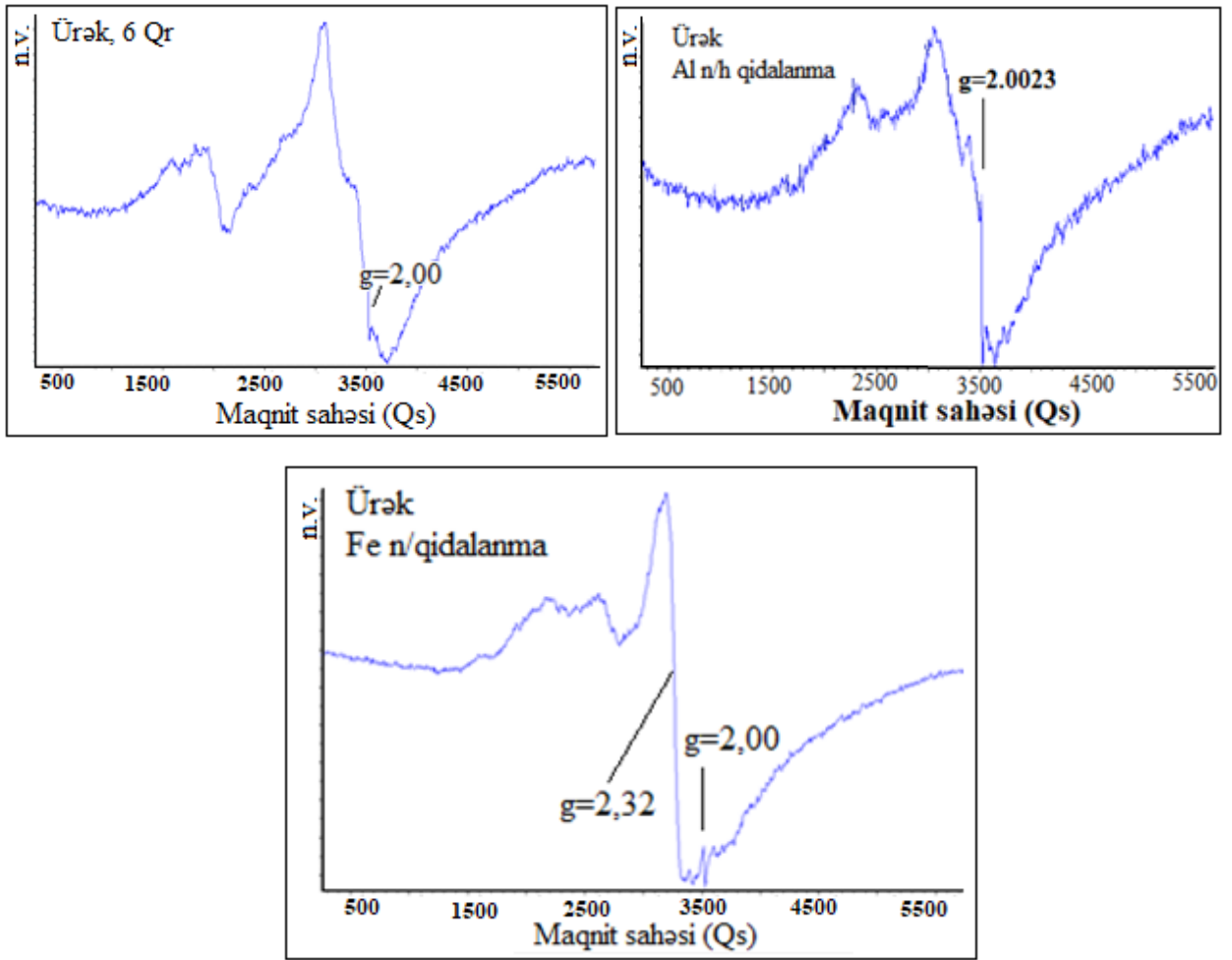




Şəkil 4.5.3. Kontrol, müxtəlif dozalarda şüalanmış və metal nanohissəcikləri ilə qidalanmış siçovulların böyrək orqanlarının EPR spektrləri

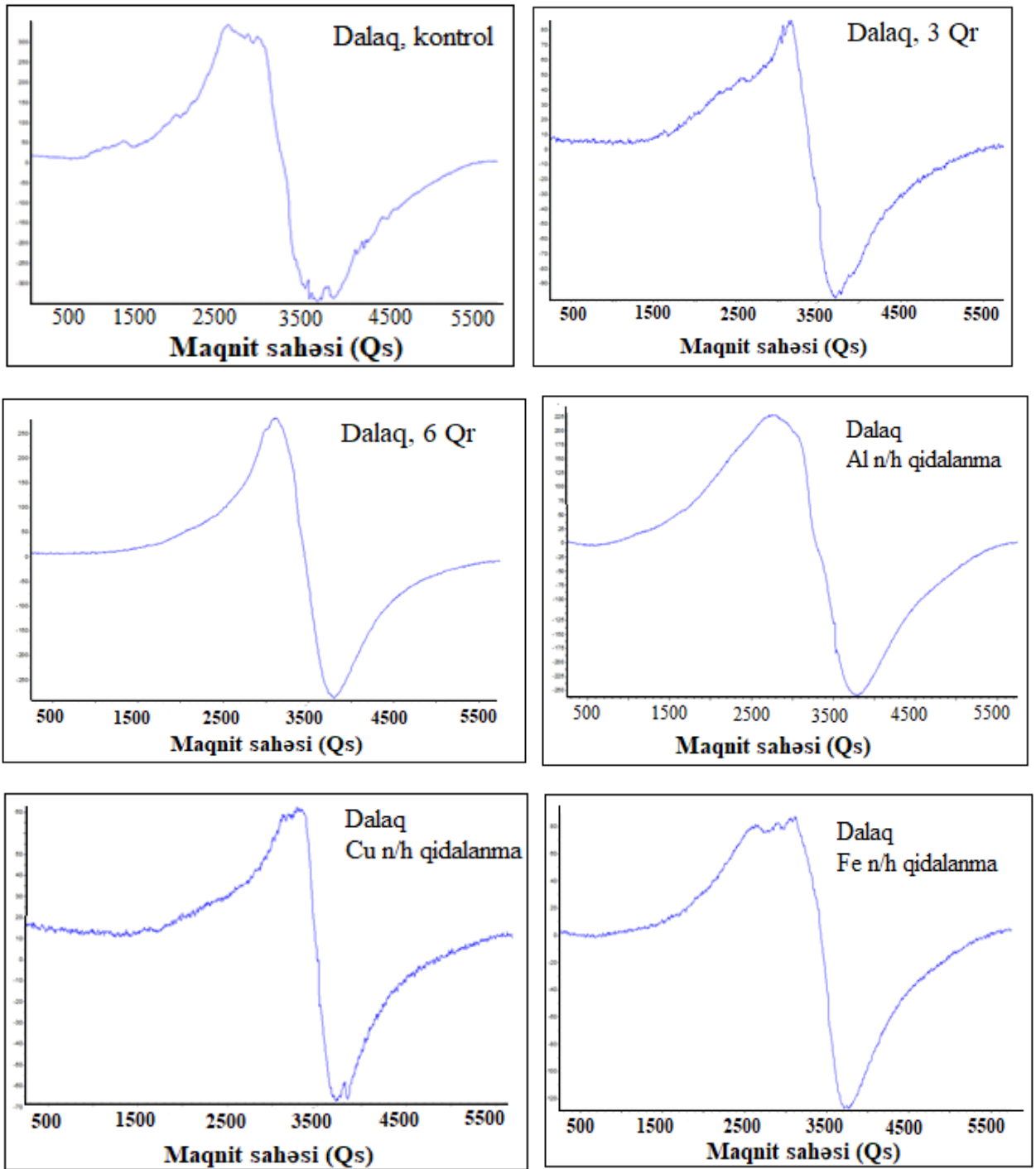
Ürək orqanında qeydə alınan spektrlərdə isə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin siqnalı yalnız dəmir nanohissəcikləri ilə qidalanan siçovullarda qeydə alınmışdır (şəkil 4.5.4).



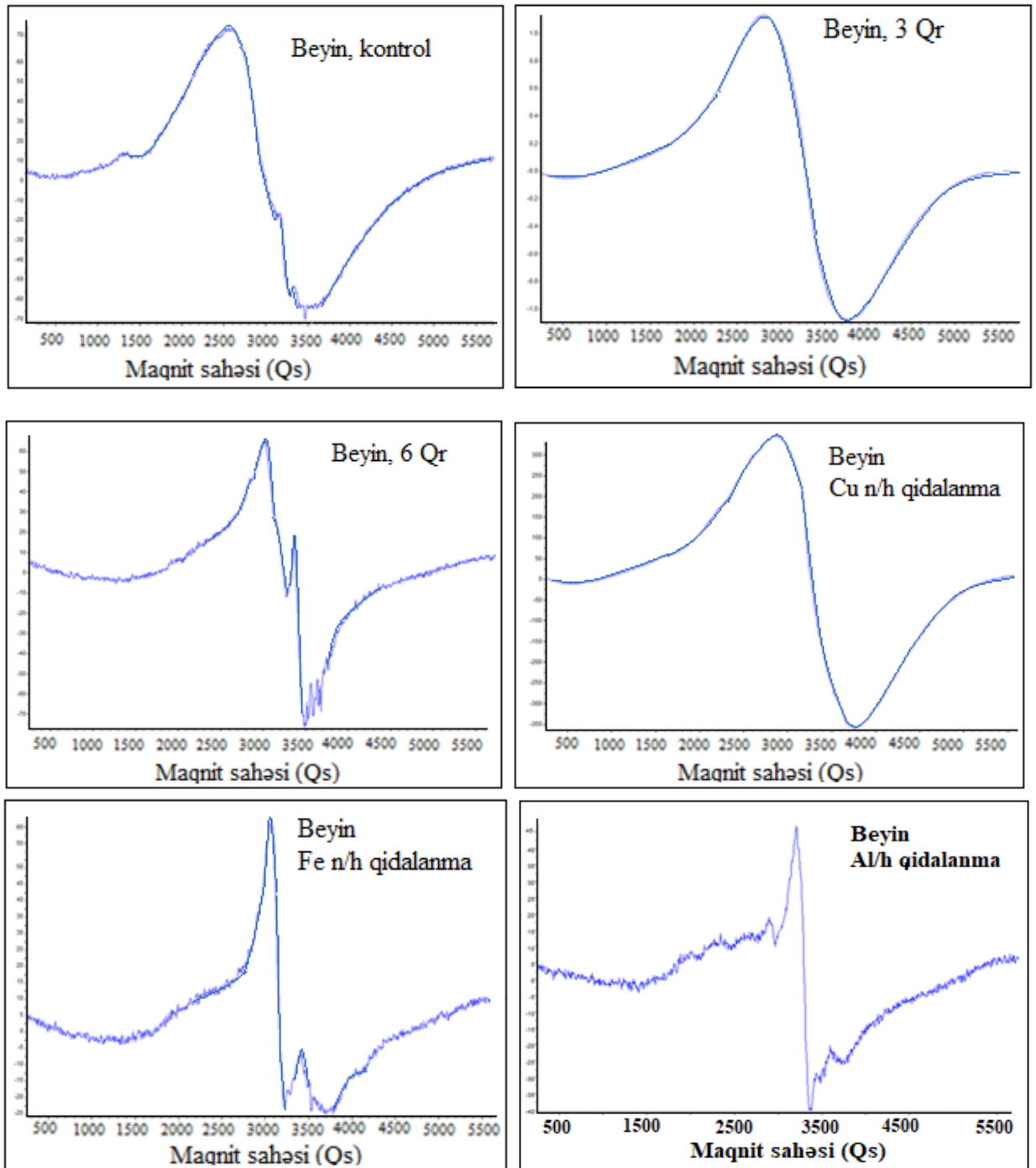


Şəkil 4.5.4. Kontrol, müxtəlif dozalarda şüalanmış və metal nanohissəcikləri ilə qidalanmış siçovulların ürək orqanlarının EPR spektrləri

Siçovulların dalaq orqanlarının maqnit sahəsinin geniş intervalında qeydə alınan spektrlərinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, stres amilləri dalaqda yeni paramaqnit mərkəzlərin yaranmasına və çox yüksək intensivlikli siqnalların formalaşmasına səbəb olur. Qamma radiasiya ilə şüalanma və metal nanohissəcikləri ilə qidalanma siçovulların dalaq orqanlarında maqnit nanohissəciklərinin yaranmasına gətirmişdir (şəkil 4.5.5). Dəmir və mis nanohissəcikləri ilə qidalanan siçovulların dalaq orqanlarında bu cəhət xüsusilə nəzərə çarpmışdır. Analoji nəticələr beyin orqanlarında qeydə alınan siqnallarda da müşahidə edilmişdir (şəkil 4.5.6).



Şəkil 4.5.5. Kontrol, müxtəlif dozalarda şüalanmış və metal nanohissəcikləri ilə qidalanmış siçovulların dalaq orqanlarının EPR spektrləri



Şəkil 4.5.6. Müxtəlif dozalarda şüalanmış və metal nanohissəcikləri ilə qidalanmış siçovulların beyin orqanlarının EPR spektrləri

4.6. Labortoriya siçovullarının (*Wistar Albino*) daxili orqanlarında maqnit xassələrinin yaranmasının Keçirici Elektron Mikroskopu (KEM) vasitəsilə tədqiqi

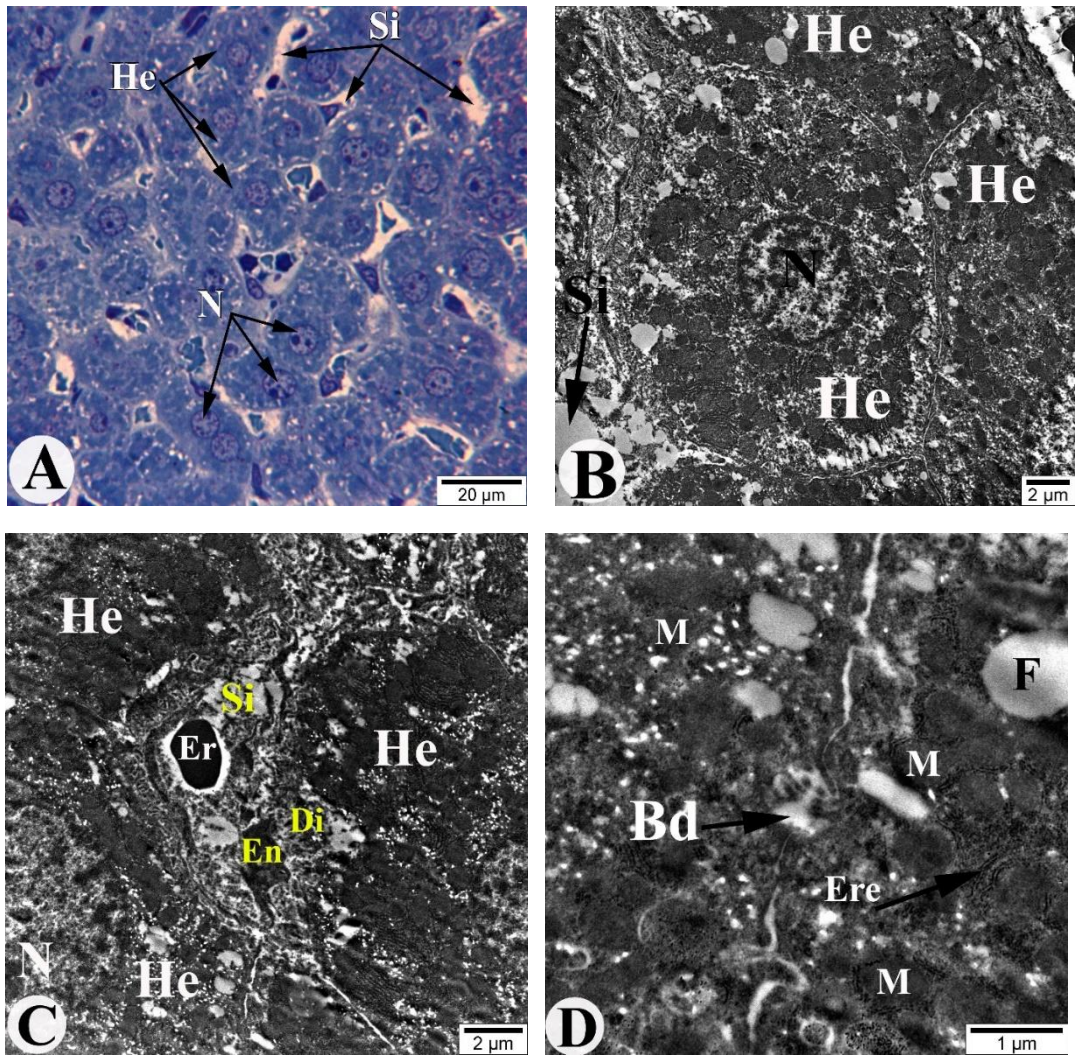
Tədqiq etdiyimiz bütün canlı sistemlərdə stres amillərinin təsiri zamanı aşkar etdiyimiz dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin biogenliyi və bununla əlaqədar

olaraq da az toksiki olması müasir və perspektivli biotibbi tədqiqatlar üçün böyük maraq yaradır. Müasir dövrdə maqnit nanohissəcikləri müxtəlif elm sahələrində populyar tədqiqat obyektinə çevriliblər [183, s.4-5].

EPR metodu ilə laboratoriya siçovullarının daxili orqanlarında paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi göstərdi ki, onların qaraciyər orqanlarında stres amillərinin təsiri zamanı biogen dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri əmələ gəlir. Alınan nəticələr Keçirici Elektron Mikroskopunun (KEM) köməyi ilə bir daha təsdiq edilmişdir.

Maqnit xüsusiyyətlərinə malik olan nanohissəciklərin müxtəlif sahələrdə, o cümlədən tibdə tətbiq edilməsi dərman preparatlarının ünvanlı çatdırılması üçün idarə edilə bilən sistemlərin yaradılmasına zəmin yaradır. Müasir dövrdə maqnit nanohissəciklərinin tibdə diaqnostika və terapiyada istifadəsi çox perspektivli və aktual məsələdir. Bu, müxtəlif texnologiyaların hazırlanması və tibdə tətbiqi üçün nanohissəciklərlə canlı orqanizm və orqanlar arasında baş verən qarşılıqlı münasibət, qarşılıqlı təsir, xüsusilə də qaraciyər orqanında baş verən dəyişikliklərin ətraflı şəkildə araşdırılması mühüm məsələlərdən biri hesab edilir. Müasir dövrdə müxtəlif növ nanohissəciklərin sintezi, xüsusilə də bioloji və “yaşıl” sintezi müxtəlif aspektlərdə tədqiq olunur. Nanohissəciklərin xassələri, onların orqanizmə daxil olması və canlı sistemin müxtəlif orqanlarında toplanması, orqanizmdə yaratdıqları dəyişikliklər geniş tədqiq edilir. EPR üsulu ilə kontrol və müxtəlif dozalarda (3 Qr, 6 Qr, 8 Qr) ionlaşdırıcı qamma radiasiyaya məruz qalan laboratoriya siçovullarının daxili orqanlarında paramaqnit mərkəzlər öyrənildikdən sonra, kontrol və müxtəlif dozalarda ionlaşdırıcı qamma radiasiya ilə şüalanmış laboratoriya siçovullarının qaraciyər orqanlarının struktur elementlərində (hepatosit, sinusoid) nanohissəciklərin bioakkumulyasiyası və lokalizasiya ərazisində yaratdığı patomorfoloji dəyişikliklər işıq və elektron mikroskopiyası üsullarının köməyi ilə öyrənilmişdir.

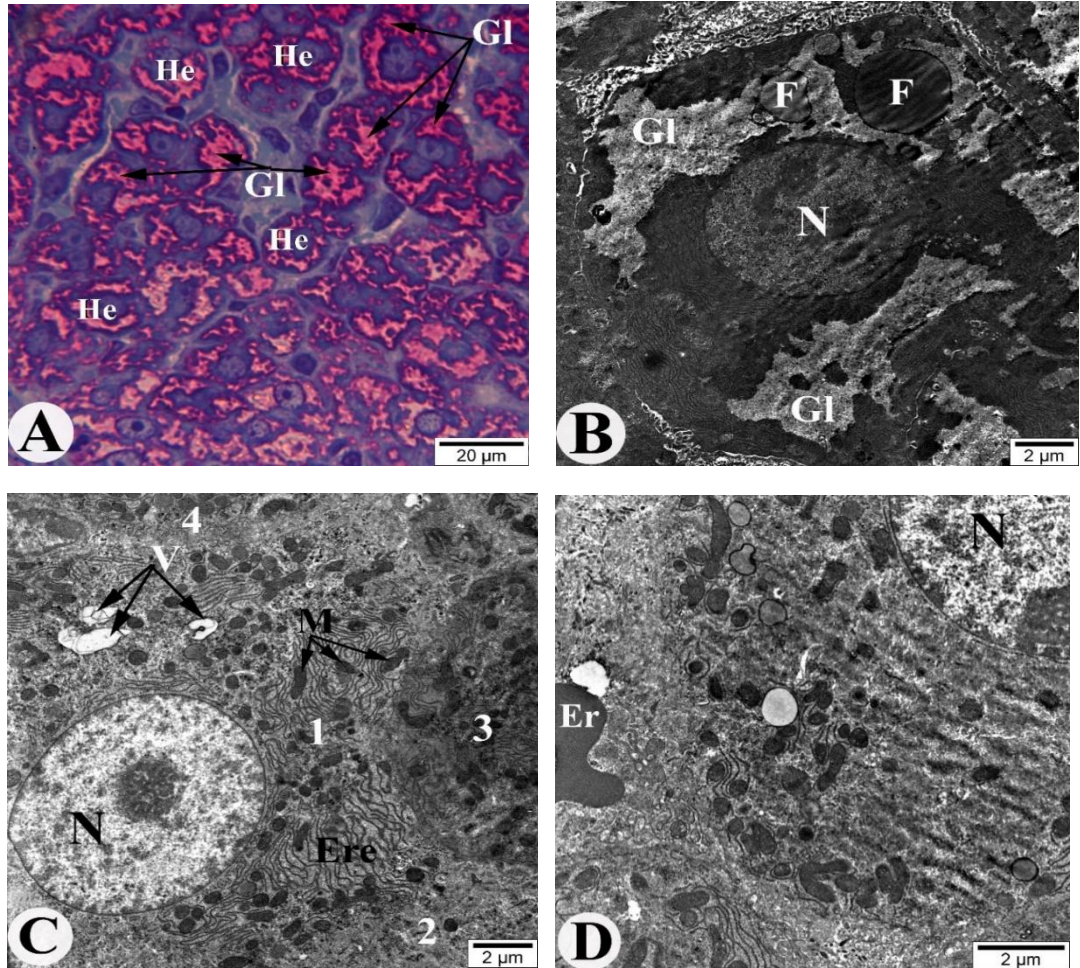
Siçovulların qaraciyərində baş verən hər hansı bir patoloji dəyişikliklərin baş verdiyini söyləməzdən əvvəl kontrol qrupa aid olan siçovulların qaraciyər orqanı işıq və elektron mikroskoplarının köməyi ilə tədqiq edilmişdir. Şəkil 4.6.1. A - da kontrol qrupa aid olan siçovulların qaraciyərinin yarım nazik kəsiklərindən (1 mkm) alınan görüntü təqdim edilmişdir.



Şəkil 4.6.1 Kontrol siçovullarda qaraciyərin işıq və elektron mikroskopik xüsusiyyətləri. A-yarımnazik en kəsiyinin (1 µm) işıq mikroskopunda görünüşü, D'Amiko üsulu ilə ikiqat boyanma; B, C, D – boyanmamış ultranazik en kəsiyinin (50-70 nm) elektron mikroskopunda görüntüsü. Burada: He–hepatosit, Si–sinusoid, N–nüvə, Er–eritrosit, En–endotel, Di–Disse boşluğu, Bd– öd kanalı, Ere – dənəvər endoplazmatik retikulum, M –mitoxondri, F– yağ damcıları

Burada nizamlı düzülmüş hepatositlər (He), onların daxilində olan yumru, iri nüvələri (N) və hepatositlərin arasında divarı endoteldən təşkil olunan sinusoidlər (Si) aydın görünür. Şəkil 4.6.1 B - də isə hepatosit və onun sitoplazmatik struktur elementləri göstərilmişdir. Sinusoidlə endotel arasında Dissi sahəsi (Di) yerləşir (şəkil 4.6.1. C). Şəkil 4.6.1. C – də daxilində eritrosit (Er) olan sinusoidin (Si) divarını təşkil edən endotelin (En) nüvəsi aydın görünür. Şəkil 4.6.1. D-də hepatositin

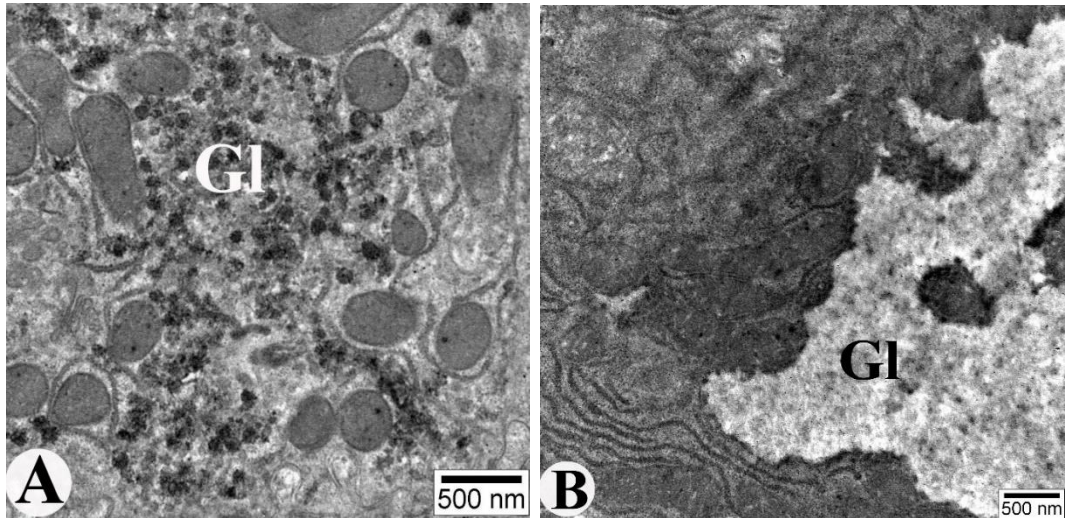
sitoplazmasında olan mitoxondrilər (M), üzərində ribosomlar olan dənəli endoplazmatik şəbəkə (Ere), az miqdarda piy dənələri (F) verilmişdir. Həmçinin iki hepatosit arasında öd kapilyarı (Bd) da aydın şəkildə görünür (şəkil 4.6.1. D). Siçovullara 6 Qr dozada radiasiya ilə təsir etdikdə onların qaraciyər orqanlarının həm işıq, həm də elektron mikroskopu vasitəsilə alınan şəkillərində müəyyən patoloji dəyişikliklərin baş verdiyi aşkar edilmişdir (şəkil 4.6.2).



Şəkil 4.6.2. Stresə (6 Qr şüalanma) məruz qalmış siçovulların qaraciyər orqanının işıq və elektron mikroskopik xüsusiyyətləri A – yarımnazik en kəsiyinin (1 µm) işıq mikroskopunda görüntüsü, D'Amiko üsulu ilə ikiqat boyanma; B, C, D – boyanmamış ultra nazik en kəsiyinin (50-70 nm) elektron mikroskopundan görüntüsü. Burada: He – hepatosit, N – nüvə, Er – eritrosit, F – yağ damcıları, Gl – qlikogen, Ere – dənəvər endoplazmatik retikulum, M – mitoxondri, V – vakuolizasiya, 1,2,3,4 – hepatositlərin sayı

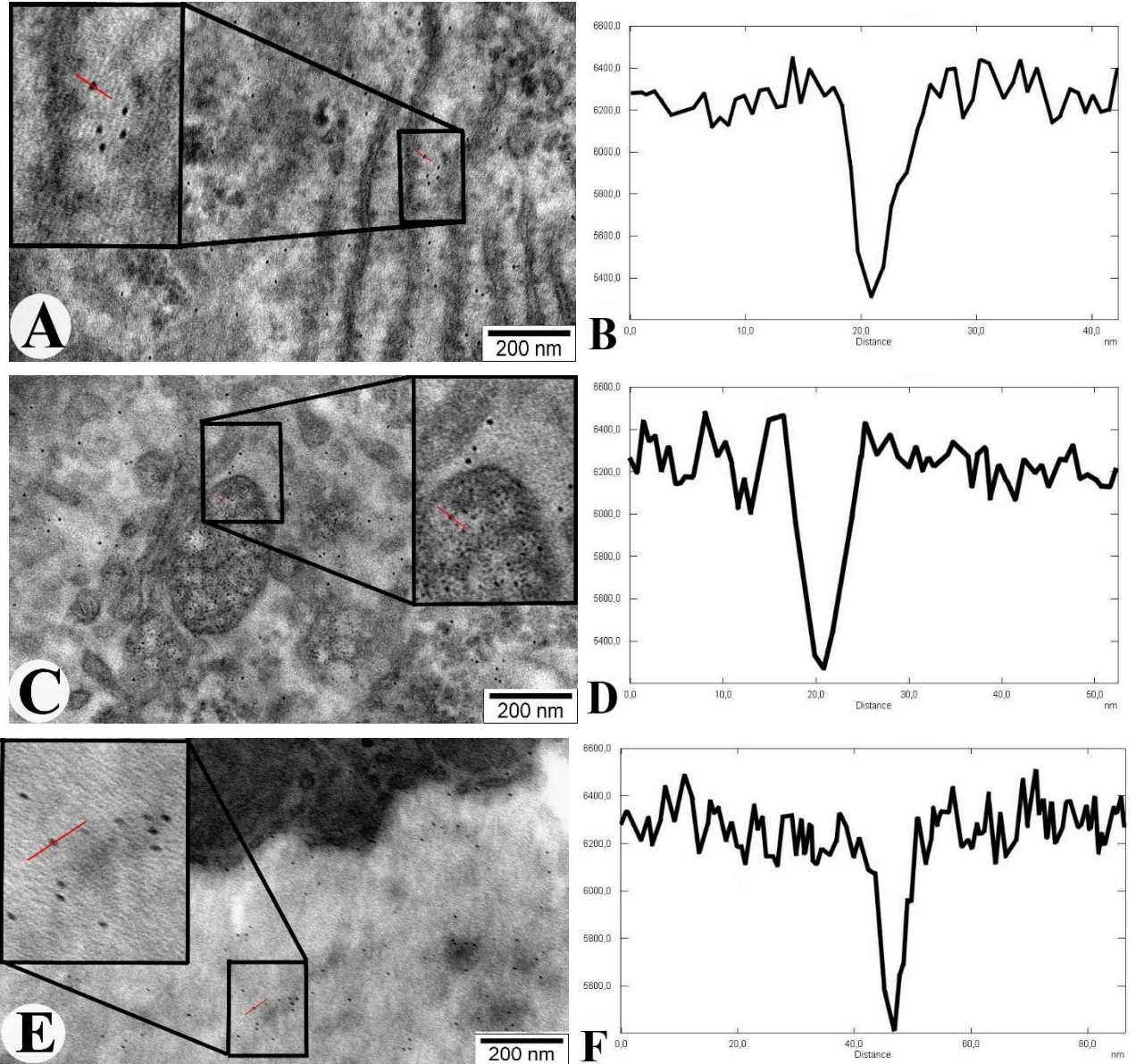
Belə ki, yarımnazik kəsiklərdən əldə olunan şəkildə (şəkil 4.6.2 A) hepatositlərin sitoplazmasında yaranmış hipoksiya nəticəsində qlikogenin (Gl) miqdarının artımı izlənmişdir. Həmin proses daha aydın formada elektron mikroskopunda izlənən görüntüdə də aşkar edilmişdir (şəkil 4.6.2 B). Qeyd olunanlardan əlavə hepatositin sitoplazmasında iri piy dənələri və sintetik aktivliyi artan dənəli endoplazmatik şəbəkələr müşahidə olunmuşdur (şəkil 4.6.2 B). Şəkil 4.6.2 C-də isə hepatositin sitoplazmasında vakuolizasiya (V) ilə yanaşı müxtəlif patologiyalar da izlənmişdir. Belə ki, şəkil 4.6.2 C - də 4 ədəd hepatosit (şəkildə rəqəmlərlə göstərilmişdir) verilməsinə baxmayaraq onlar arasında olan sərhəd izlənilməmişdir. Şəkil 4.6.2 D - də mərkəzində eritrosit (Er) olan sinusoidin degenerativ dəyişikliyə məruz qalması müşahidə olunur. Burada hepatositlər ilə sinusoid arasında olan sərhədlər aydın seçilməmişdir.

Maraqlı məqamlardan biri qlikogenin kontrol qrupla müqayisədə stres şəraitində miqdarının artmasıdır (şəkil 4.6.3). Şəkil 4.6.3 A-da qlikogenin (Gl) elektronogramda qara rəngdə, dairəvi formada olduğu halda stres şəraitində onun həcmnin artmasına rəğmən formasının dəyişdiyi və şəffaflaşdığı (şəkil 4.6.3 B) aşkar olunmuşdur. Bu tükənmiş qlikogendir.



Şəkil 4.6.3. Kontrol (A) və eksperimental (B) siçovul qruplarında qlikogenin (hepatosit hüceyrəsinin) elektron mikroskopik xüsusiyyətləri. A-B – boyanmamış ultranazik en kəsiyinin (50-70 nm) elektron mikroskopunda fotosəkli. Burada: Gl – qlikogendir

Siçovullara 6 Qr dozada ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın təsiri zamanı onların qaraciyər orqanlarının ultrastruktur tədqiqi aparılmışdır. Bu zaman elektron mikroskopunun böyük böyüdücülərində (100 000 dəfə və daha artıq) hepatositlərin sitoplazmasında (şəkil 4.6.4. A), mitoxondrilərin kristalarında (şəkil 4.6.4 C), qlikogendə (şəkil 4.6.4 E) və başqa struktur elementlərində bioakkumulyasiya olunan nanohissəciklər müşahidə olunmuşdur (şəkil 4.6.4).

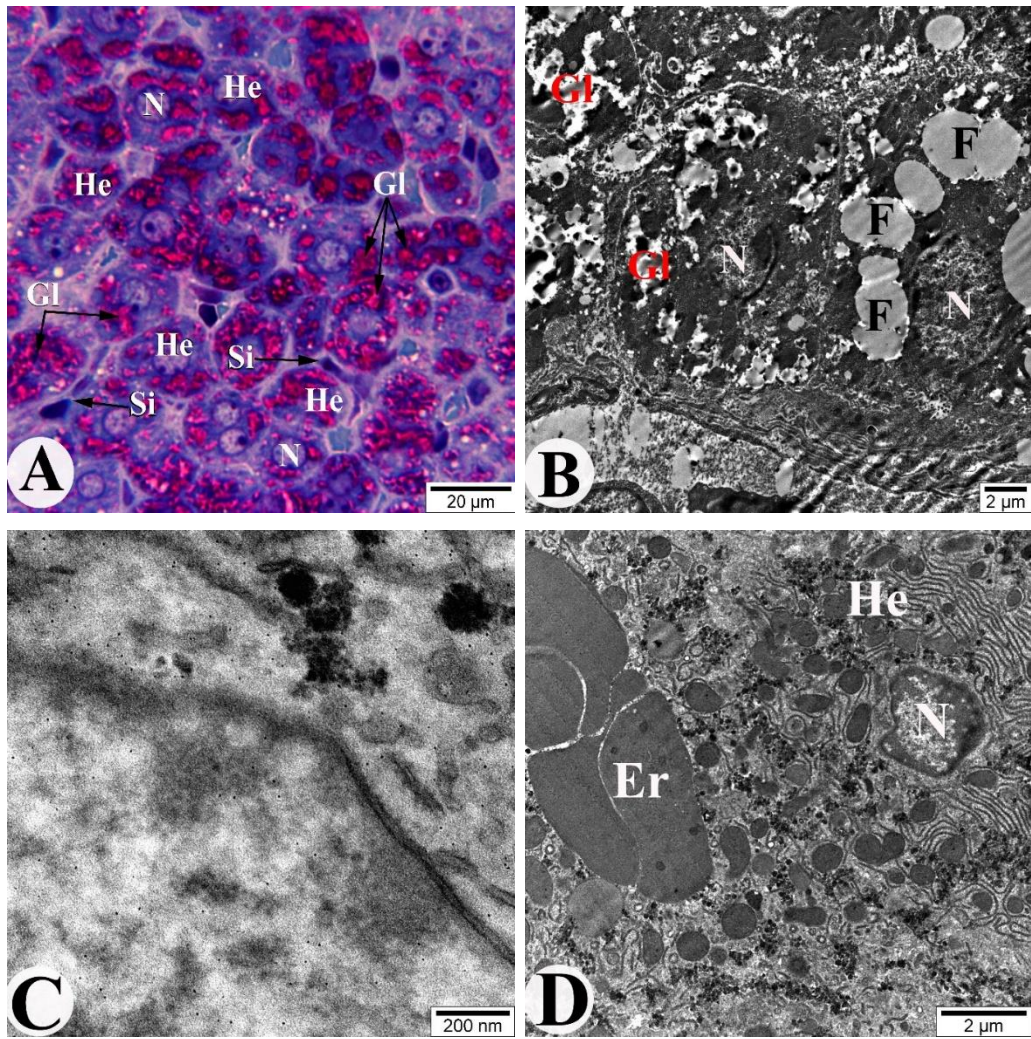


Şəkil 4.6.4. Radiasiyaya (6 Qr şüalanma) məruz qalmış siçovullarda qaraciyərin hepatositlərində nanohissəciklərin (Fe_3O_4) bioakkumulyasiyası. A, C, E – rənglənməmiş ultranazik en kəsinin (50–70 nm) elektron mikroskopunda fotosəkli, B, D, F – hepatositlərdə yerləşən nanohissəciklərin histoqramları

Həmin strukturlar şəkillərdə göstərməklə (şəkil 4.6.4 A; şəkil 4.6.4 C və şəkil 4.6.4 E) yanaşı, onların “intensity profile” proqramı vasitəsi ilə histogramları da verilmişdir (şəkil 4.6.4 B4; şəkil 4.6.4 D; şəkil 4.6.4 F). Nanohissəciklərin çalarlıq dərəcəsinin 5300-5400, ölçülərinin isə 10-12 nm olduğu müəyyənəşdirilmişdir. Qeyd olunanlar KEM–də vizual olaraq görünən nanohissəciklərin məhz dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri (maqnetit- Fe_3O_4) olduğunu söyləməyə əsas verir.

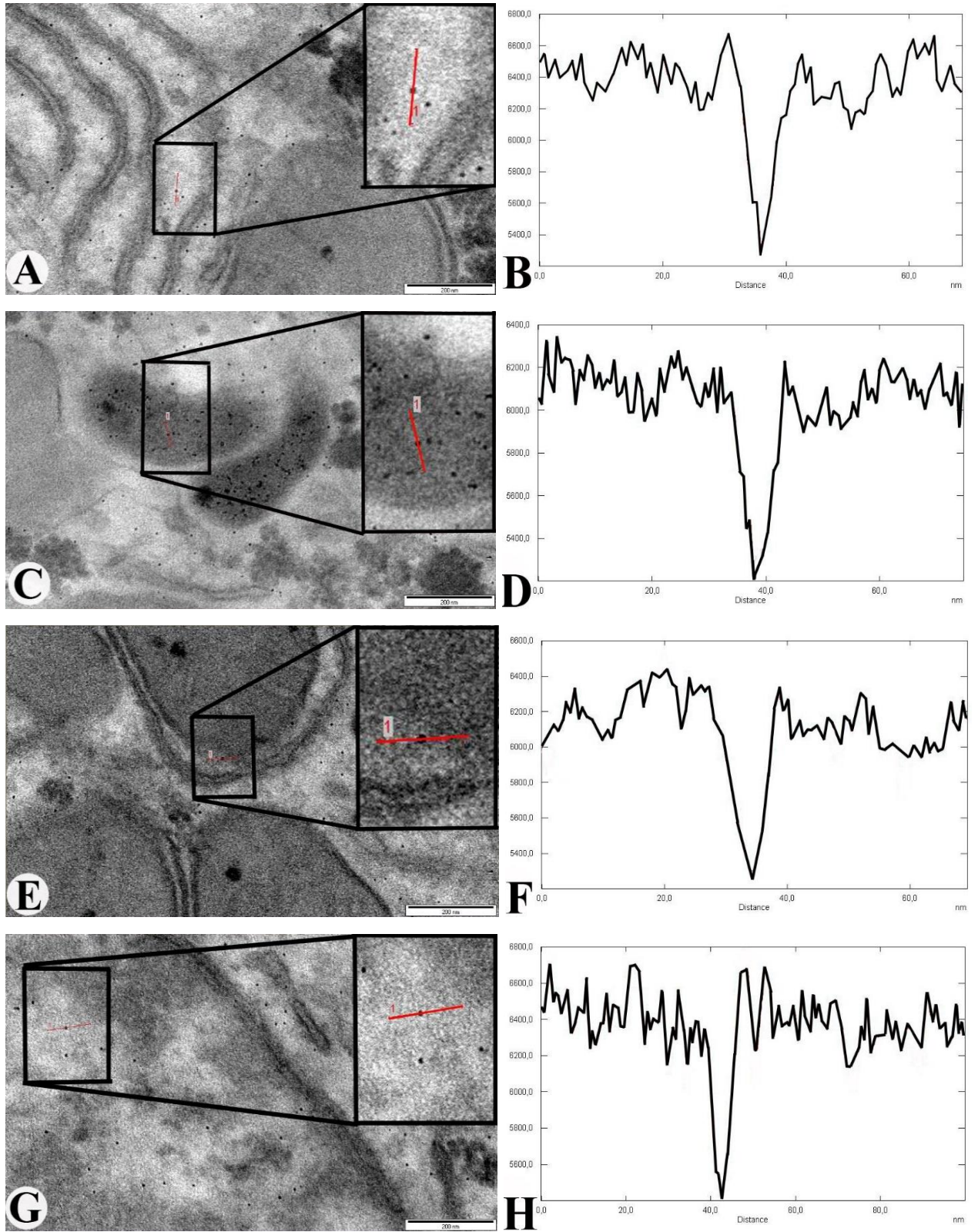
Bundan başqa tədqiqatlar zamanı siçovullara ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın daha yüksək dozası (8 Qr) ilə təsir etdikdən sonra müəyyən edilmişdir ki, yüksək dozanın təsiri nəticəsində siçovulların qaraciyər orqanlarında baş verən dəyişikliklər daha da intensivləşir (şəkil 4.6.5) [184, s.49-50].

Yarımnazik kəsiklərdən alınan görüntülərdə hepatositlərin degenerativ dəyişiklikləri artmış və hipoksiya fonunda qlikogenin miqdarı çoxalmışdır (şəkil 4.6.5 A). Ultranazik kəsiklərdə (50-70 nm) qeyd olunanlarla yanaşı iri piy damlalarının (F) sayının artması və nüvələrdə (N) xromatinin dəyişikliyə uğraması müşahidə edilmişdir (şəkil 4.6.5 B). Daha böyük böyüdüclərdə isə nüvənin örtüyünün xarici və daxili membranları seçilməmiş və sərhədləri pozulmuşdur (şəkil 4.6.5 C). Sinusoidlərin divarı atrofiyaya uğramış endotel dağılmışdır. Eritrositlərlə (Er) hepatositlər (He) arasında sərhəd müşahidə olunmamışdır. Hepatositlərin sitoplazmasında yerləşən mitoxondrilərin kristalları izlənilməmişdir (şəkil 4.6.5 D). Hepatositlərin sitoplazmasında lizosomların miqdarı artmışdır. Yüksək dozada (8 Qr) radiasiyanın tətbiqindən sonra elektron mikroskopunun 100000 dəfədən artıq böyüdücüsündə alınan elektronogramlarda hepatositin sitoplazmasında və orada yerləşən strukturların daxilində toplanan nanohissəciklər aşkar edilmişdir (şəkil 4.6.6). Belə ki, hepatositin sitoplazmasında (şəkil 4.6.6 A), lizosomlarda (şəkil 4.6.6 C), mitoxondrilərdə (şəkil 4.6.6 E) və həmçinin nüvənin daxilində (şəkil 4.6.6 G) nanoölçülü maqnit hissəciklər qeyd edilmişdir.



Şəkil 4.6.5. Radiasiyanın 8 Qr dozasında şüalanmış siçovulların qaraciyər orqanının işıq və elektron mikroskopik xüsusiyyətləri. A – yarımnazik en kəsiyinin (1 μm) işıq mikroskopunda fotosəkli, D'Amiko üsulu ilə ikiqat boyanma; B, C, D – boyanmamış ultra nazik en kəsiyinin (50-70 nm) elektron mikroskopik fotosəkli. Burada: He – hepatosit, N – nüvə, Er – eritrosit, F – yağ damcıları, Gl – qlikogen, Si – sinusoid

Həmin strukturların “intensity profile” proqramı vasitəsilə histogramları da hazırlanmışdır (şəkil 4.6.6 B; şəkil 4.6.6 D; şəkil 4.6.6 F; şəkil 4.6.6 H). Aşkar olunan Fe_3O_4 nanohissəciklərinin çalarlıq dərəcəsi 5200-5400, ölçüləri isə 10-12 nm olmuşdur.



Şəkil 4.6.6. Şüalnmış (8 Qr) siçovulun qaraciyər hepatositlərində nanohissəciklərin (Fe_3O_4) bioakkumulyasiyası. A, C, E, G – boyanmamış ultranazik en kəşiyinin elektron mikroskopunda fotosəkli (50-70 nm), B, D, F, H – hepatositlərdə yerləşən nanohissəciklərin histqramları

Laboratoriya siçovulları ilə apardığımız KEM tədqiqatlarında stres zamanı siçovulların qaraciyərində nanohissəciklər əmələ gələrkən hepatositlərdə piy distrofiyası, hipoksiya, vakuolizasiya, mitoxondrilərin destruksiyası, nüvənin degenerasiyası, lizosomların miqdarının artması, tükənmiş qlikogenin miqdarının artması, hepatositlərarası sərhədlərin itməsi və başqa patoloji proseslər də qeyd edilmişdir. Digər tərəfdən qaraciyərin hepatositlərinin sitoplazmasında lizosomların miqdarının artması və içərisində külli miqdarda nanozərrəciklərin olması hallarına da təsadüf edilmişdir.

Tədqiqatımızda stres təsir zamanı (8 Gy dozada qamma radiasiya) hepatositlərin sitoplazmasında lizosomların sayının artması ilə yanaşı daxillərində çoxlu miqdarda nanohissəciklərin bioakkumulyasiya olunduğu da müşahidə edilmişdir (şəkil 4.6.6. C).

Stres amillərinin təsiri zamanı siçovulların qaraciyər orqanlarında baş verən dəyişikliklər təsir edən radiasiyanın dozasından asılı olaraq fərqli olmuşdur. Belə ki, daha yüksək dozada (8 Qr) şüalanmış siçovulların qaraciyər orqanının hepatositlərində və onun struktur elementlərində patomorfoloji və ultrastruktur dəyişikliklər daha çox olmuşdur. Eksperimentlərdə siçovulların qaraciyərinin müxtəlif struktur elementlərinin KEM vasitəsilə tədqiqi zamanı qeyd olunan nanohissəciklərin hər iki dozada (6 Qr, 8 Qr) şüalanması zamanı çalarlıq dərəcəsi 5200-5400 olmuşdur ki, (şəkil 4.6.4; şəkil 4.6.6) bu hal da həmin hissəciklərin məhz dəmir oksidi maqnit nanohissəciyi (maqnetit - Fe_3O_4) olduğunu göstərir.

Beləliklə, laboratoriya siçovulları ilə apardığımız eksperimental işlərin nəticələri göstərdi ki, stres amillərinin təsiri zamanı araşdırdığımız digər canlı sistemlərdə (müxtəlif növ bitkilər, xloroplastlar, çanaqlı üzüm ilbizləri) olduğu kimi laboratoriya siçovullarında da stres amili biogen nanofazalı dəmir oksidi hissəciklərinin yaranmasına gətirir. Bu nanohissəciklər də onlarda yeni maqnit xassələrinin yaranmasına səbəb olur. Belə ki, onların qaraciyər orqanlarında maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən EPR siqnalları ($g=2,3$; $\Delta H=320$ Qs) qeydə alınmışdır. Alınan nəticələr KEM metodu ilə öz təsdiqini tapmışdır. Laboratoriya siçovullarının qaraciyər orqanlarında 10-12 nm ölçülü maqnetit (Fe_3O_4) nanohissəciklərini vizual olaraq görmək mümkün olmuşdur.

KEM vasitəsilə müəyyən edilmişdir ki, laboratoriya siçovullarına müxtəlif dozalarda (6 Qr, 8 Qr) qamma radiasiyanın təsirindən sonra onların qaraciyər orqanlarının sitoplazmatik struktur elementlərində (mitoxondri, lizosom, qlikogen, nüvə və sitoplazmanın özündə) Fe₃O₄ nanohissəcikləri yaranır. Radiasiyanın dozasının artması qaraciyərin hepatositlərində baş verən patomorfoloji destruktiv dəyişikliklərə səbəb olmuşdur.

Alınan nəticələr biotibbi tətbiq baxımından böyük üstünlüyə malikdirlər. Məlumdur ki, müasir tibdə diaqnostika və müalicə terapiyasında dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri, xüsusilə də maqnetit (Fe₃O₄) nanohissəcikləri mühüm əhəmiyyətə malikdirlər. Bizim tədqiqatların və aldığımız nəticələrin üstünlüyü ondan ibarətdir ki, müxtəlif üsullar ilə nanohissəciklər sintez etmədən onları canlı sistemdə yaratmaq mümkündür. EPR və TEM təcrüblərimizin nəticəsində müəyyən edirik ki, kiçik dozada stres təsir nəticəsində orqanizmdə bu nanohissəciklərin generasiyasını həyata keçirmək mümkündür.

4.7. Kontrol və şüalanmış laboratoriya siçovullarının (*Wistar albino*) qan nümunələrinin müqayisəli analizi və onlarda paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi

Kontrol və şüalanmış laboratoriya siçovullarının qan nümunələrinin müqayisəli analizi aparılmışdır. Kontrol və şüalanmış siçovulların qan nümunələrinin laxtalanma müddətləri, hemotoloji göstəriciləri və eritrositlərin osmotik təzyiqə dözümlülüyü müəyyən edilmişdir. Kontrol və şüalanmış siçovulların qan nümunələrində (şəkil 4.7.1) laxtalanma müddətləri aşağıdakı kimi olmuşdur: kontrol nümunə - 10-15 san; 3 Qr şüalanmış nümunə - 60 san.; 6 Qr şüalanmış nümunə - 6 dəq.



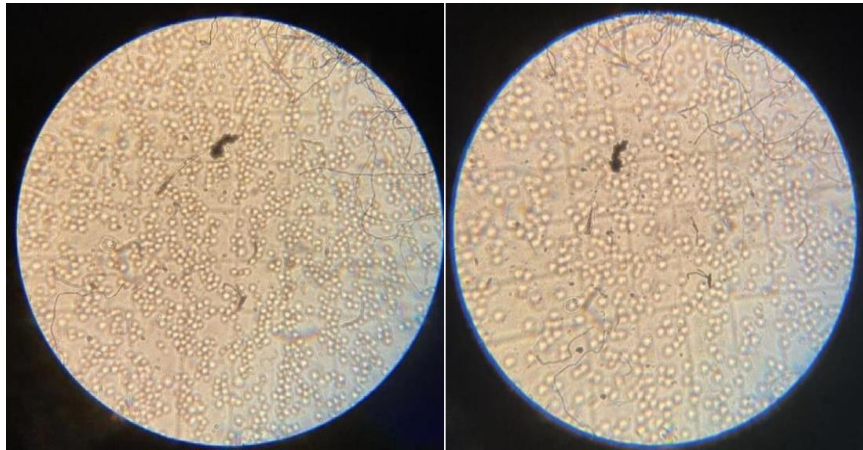
Şəkil 4.7.1. Kontrol (sol), 3 Qr (ortada) və 6 Qr (sağda) dozada şüalanmış siçovulların qan nümunələri

Eritrositlərin çökmə sürəti Pançinkov cihazında, hemoqlobinin təyini Hemometr cihazında, eritrositlərin, leykositlərin təyini Qarayev kamerasında aparılmışdır. Alınan nəticələr cədvəl 4.7.1-də verilmişdir.

Cədvəl 4.7.1

Kontrol və şüalanmış siçovulların qan nümunələrinin hemotoloji göstəriciləri

Hemotoloji göstəricilər	Kontrol	3 Qr	6 Qr
Eritrosit	$8,1 \cdot 10^9/l$	$7,6 \cdot 10^9/l$	$7,3 \cdot 10^9/l$
Leykosit	$7,6 \cdot 10^9/l$	$3,8 \cdot 10^9/l$	$3,3 \cdot 10^9/l$
Hemoqlobin	16 qr/l	15, 2 qr/l	12 qr/l
Eritrositlərin çökmə sürəti	10 mm/saat	2 mm/saat	2 mm/saat



Şəkil 4.7.2. 3 Qr (sağda) və 6 Qr (solda) dozalarda şüalandırılmış siçovulların eritrositlərinin Qarayev kamerasında mikroskopik görünüşü

Kontrol və 6 Qr dozada şüalandırılmış siçovulların qan nümunələrinin müqayisəli analizi aparılarkən qanda eritrositlərin osmotik təzyiqə davamlılıq dərəcəsi təyin edilmişdir. Bunun üçün fizioloji məhluldan (NaCl) istifadə edilmişdir. Təcrübə 0,9 % - li və 0,45 % - li fizioloji məhlul ilə aparılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, Osmotik təzyiq zamanı eritrositlər partlayaraq, möhtəviyyatı 100% xaricə çıxıb bilər. Bizim təcrübələrdə isə osmotik təzyiq zamanı alınan nəticələr kontrol və şüalanmış nümunələrdə aşağıdakı kimi olmuşdur:

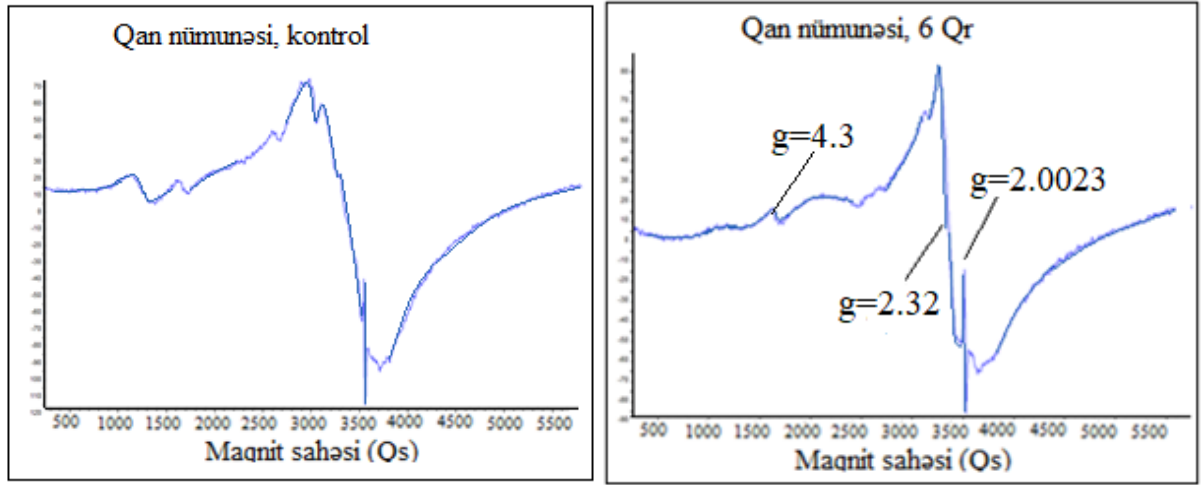
Kontrol nümunədə 82,5% udulma müşahidə edilmişdir. Mühitə çıxacaq hemoqlobinin miqdarının 100%-i yox, 82,5%-i mühitə çıxmışdır. 12%-i isə osmotik təzyiqə müqavimət göstərmişdir. 6 Qr dozada şüalanmış nümunədə isə 96 % udulma ilə belə nəticəyə gələ bilərik ki, hemoqlobinin miqdarının 100%-i yox, 96 %-i mühitə çıxmışdır. 4 %-i isə osmotik təzyiqə müqavimət göstərmişdir. Alınan nəticə cədvəl 4.7.2-də göstərilmişdir. Hər bir nümunə üçün “CФ-46” spektrofotometr cihazında 414 nm dalğa uzunluğunda optik sıxlıq ölçülmüşdür. Beləliklə, yekun nəticədə aparılan qan analizinə əsasən siçovulların qanındakı eritrositlərin osmotik təzyiqə davamlılığı kontrol ilə müqayisədə 6 Qr şüalanmış nümunədə təqribən 4 dəfə azalmışdır. Alınan nəticələr aşağıdakı hesablamalara əsasən aparılmışdır: Bunun üçün “CФ-46” spektrofotometr cihazında hər bir nümunənin 414 nm dalğa uzunluğunda hemoliz dərəcəsi $H = \frac{E_t - E_k}{E_{100}} \cdot 100$ düsturu ilə ölçülmüşdür. Burada, E_t – sınaq nümunəsinin optik sıxlığı, E_k – kontrol nümunəsinin optik sıxlığı, E_{100} isə 100%-li hemoliz (eritrositlərin parçalanması prosesi) nümunəsinin optik sıxlığıdır.

Cədvəl 4.7.2

Kontrol və 6 Qr dozada şüalanmış siçovulların qan nümunələrində eritrositlərin osmotik təzyiqinə müqavimətin faiz göstəriciləri

	0,45%-li məhlul	0,9%-li məhlul	Hemoliz dərəcəsi
Kontrol	82,5 %	4,67 %	100 %
6 Qr	96 %	11,8 %	100 %

Sonra kontrol və şüalanmış siçovulların qan nümunələri EPR metodu ilə öyrənilmiş, maqnit sahəsinin geniş intervalında onların spektrləri qeydə alınmışdır (şəkil 4.7.3).



Şəkil 4.7.3. Kontrol və 6 Qr dozada şüalanmış siçovulların qan nümunələrinin EPR spektrləri

Kontrol və 6 Qr dozada şüalanmış siçovulların qan nümunələrinin EPR spektrlərində sərbəst radikal siqnalları ($g=2,0023$), dəmir ionlarının siqnalları ($g=4,3$), dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalları ($g=2,32$) qeydə alınmışdır. Şüalanmış siçovulun qan nümunələrində bu siqnalların intensivlikləri daha yüksək olmuşdur.

Təcrübələr göstərir ki, radiasiya amilləri qan nümunələrində yeni paramaqnit mərkəzlərin əmələ gəlməsinə, həmçinin onlarda maqnit xassələrinin yaranmasına səbəb olmuşdur.

V FƏSİL

BİOGEN MƏNŞƏLİ TƏBİİ SİSTEMLƏRDƏ MAQNİT XASSƏLƏRİNİN YARANMASI

Məlumdur ki, neft biogen mənşəlidir, canlı aləmin (bitkilər, heyvanlar, mikroorqanizmlər) məhsuludur və həmçinin Abşeron yarımadası üçün də xarakterikdir. Bununla əlaqədar olaraq bitki və heyvan orqanizmlərində aşkar etdiyimiz dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri Abşeron yarımadası üçün xarakterik biogen mənşəli neft nümunələrində də araşdırılmışdır.

Azərbaycan karbohidrogen istehsalı sahəsində aparıcı ölkələrdən biridir. Bu, neftin istehsalı, daşınması, emalı proseslərinin effektivliyinin və ekoloji təhlükəsizliyinin vacibliyini və aktuallığını şərtləndirir. Azərbaycanın müxtəlif yeraltı ehtiyatlarının intensiv öyrənilməsi bir sıra hallarda torpağın radioaktiv çirklənməsi ilə müşayiət olunurdu. Bu da ətraf mühitə radiasiyanın təsirinin tədqiqinin nəticələrinin və monitorinqinin analizinin aparılmasının mühümlüyünü göstərir.

Tərəfimizdən təbii sistemlərdə paramaqnit mərkəzlər, onlara müxtəlif stres amillərinin təsiri canlı sistemlər – xloroplastlar, bəzi bitki və heyvan orqanizmləri üzərində tədqiq edilmişdir. Lakin biogen mənşəli təbii sistem olaraq neft nümunələrində də paramaqnit mərkəzlərin öyrənilməsi və tədqiqi böyük önəm daşıyır və aktualıq kəsb edir. Odur ki, araşdırmalarımızı yeni tədqiqat obyektinə olaraq neft nümunələri ilə davam etdirmişik. Tədqiqatlarımız və alınan nəticələr göstərdi ki, dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri neftin struktur elementlərinin tərkibində də mövcud ola bilər.

5.1. Abşeronun müxtəlif neft yataqlarından olan neft nümunələrində paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi

Abşeronun müxtəlif neft yataqlarından götürülmüş neft nümunələrində paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmiş, neftin funksional xarakteristikalarına və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinə müxtəlif amillərin təsirləri müəyyən edilmişdir.

Tədqiqatlarımız göstərdi ki, maqnit nanohissəcikləri canlı təbiətdə olduğu kimi

cansız təbiətdə də mövcud ola bilirlər. Neftin struktur elementlərinin tərkibində də maqnit nanohissəciklərinin aşkar edilməsi xüsusi maraq doğurur. Hal-hazırda karbohidrogen yataqları ilə sərhəd olan çökmə süxurların maqnit xüsusiyyətləri arasında əlaqəni göstərən məlumatlar əldə edilmişdir [163, s.102].

Məlum olduğu kimi bir sıra mikroorqanizmlər neftlə qidalana və karbohidrogenləri parçalaya bilir, həmçinin dəmir oksidi hissəciklərini yarada bilir. Neftdə maqnit nanohissəciklərinin olması xarici maqnit sahəsinin köməyi ilə neftin texnoloji mühüm xüsusiyyətlərini (özlülük, deemulsasiya və parafinlərin çökməsi) idarəetmənin mümkünlüyünü şərtləndirir [141, s.210].

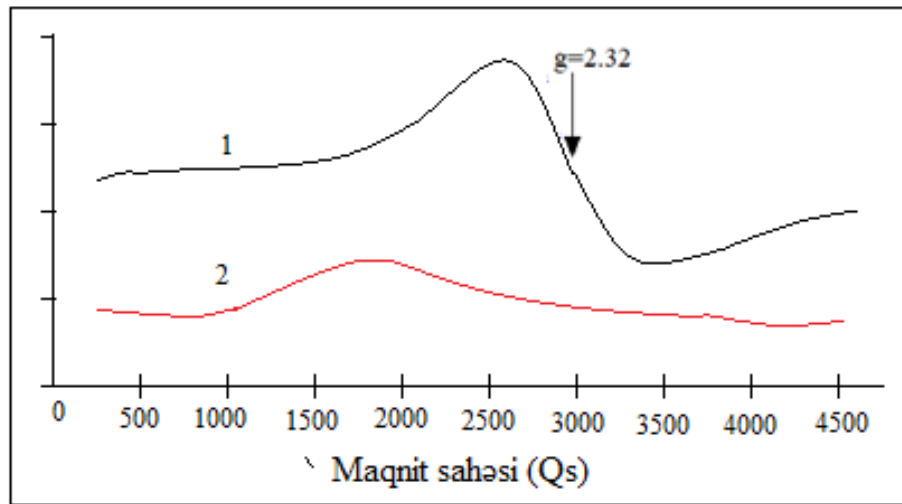
Qeyd etmək lazımdır ki, neft bir sıra başqa maye kolloid, o cümlədən bioloji (qan, limfa, bitki şirəsi və s.) mühitlər kimi qeyri-nyuton adlanan mayələrə aiddir [164, s.90-92]. Bu mayələr özlülüynün hərəkət deformasiyasından (mayenin hərəkət sürətinin qradienti) güclü asılı olmaları ilə xarakterizə olunurlar. Bu xüsusiyyət, həmçinin ağır neftin yüksək özlülüynü neftin hasilatını və nəqlini çətinləşdirən texniki problemlərin mövcudluğunu şərtləndirir [142, s.342].

Aşkar edilmişdir ki, neftin yüksək özlülüynü onda fraktal struktura malik olan kolloid hissəciklərin aqreqatlarının formalaşması ilə şərtlənir [33, s.1]. Maqnit nanohissəcikləri neftin kolloid komponentlərinin fraktal aqreqatlarının tərkibinə daxil ola bilirlər. Məhz bu hal neftə xarici maqnit sahəsinin köməyi ilə aqreqatların strukturuna təsir etməyə, neftin xarakteristikalarını dəyişməyə, məsələn özlülüynü azaltmağa, parafinlərin çökməsini zəiflətməyə və s. imkan verir [164, s.92-94].

Bəzi ədəbiyyatlarda göstərilmişdir ki, neftdə dəmir birləşmələrinin iştirakı aşkar edilmişdir, lakin dəmir hissəciklərinin ölçüləri, neftin kolloidal hissəcikləri ilə qarşılıqlı təsiri barədə heç bir məlumat verilməmişdir [164, s. 88]. Bundan başqa göstərilmişdir ki, neftin yüksək özlülüynü orada fraktal struktura malik olan kolloid hissəciklərin aqreqatlarının formalaşması ilə şərtlənir. Maqnit nanohissəcikləri neftin kolloid komponentlərinin fraktal aqreqatlarının tərkibinə daxil ola bilirlər.

Neft nümunələri ilə apardığımız ilkin təcrübələr Abşeron yarımadasının müxtəlif neft quyularının divarlarından götürülmüş parafin nümunələri ilə aparılmışdır [141, s.210]. İlkin tədqiqatlarda parafin nümunələrinin qızdırılmadan əvvəl və əridildikdən

sonra xarakterik EPR spektrləri maqnit sahəsinin geniş intervalında (0-5000 Qs) müqayisəli tədqiq edilmişdir (şəkil 5.1.1). Spekrdə parametrləri $g=2,32$ və $\Delta H=320$ Qs olan siqnal qeydə alınmışdır. Belə EPR siqnalı 3-cü və 4-cü fəsilərdə göstərdiyimiz kimi nanofazalı dəmir oksidi hissəcikləri üçün xarakterikdir. Parafin nümunələrinin əridilməsi onlarda qeydə alınan geniş EPR siqnalının eninin nəzərəçarpan genişlənməsinə səbəb olmuşdur. Belə ki, spekrdən görüldüyü kimi nümunələr əriməzdən əvvəl və sonra qeydə alınan siqnallar parametrlərinə görə fərqlənirlər. Əridilmiş parafin nümunələrinin EPR spektrlərinin eni kontrol spektrlərə nəzərən 3 dəfə genişdir. Belə ehtimal olunur ki, ərimiş parafin nümunələrində yaranan EPR siqnallarının eninin genişlənməsinə səbəb nümunələrdə olan maqnit nanohissəciklərinin aqlomerasiyası ola bilər [164, s.92-93], [142, s.343-344]. Eyni zamanda g-faktorun qiymətinin böyüməsi aşkar edilmişdir.



Şəkil 5.1.1. Parafindən alınan EPR siqnalları. 1-qızdırılmaya qədər, 2-əridildikdən sonra

EPR siqnalının parametrlərinə əsasən müəyyən edirik ki, parafin nümunələrində maqnit nanohissəcikləri mövcuddur.

Neftin özlülüyünün azalması problemi və neft quyularının, neft kəmərlərinin divarlarında parafin çöküntülərinin artma sürətinin azalması problemi neft hasilatı sənayesində mühüm və aktualdır və bunların həllindən əsas etibarilə, bütövlükdə neft sənayesinin iqtisadi və ekoloji effektivliyi asılıdır.

Neft və qaz sənayesində parafinlərin çökmə sürətlərini aşağı salmaq, quyuların

məhsuldarlığını artırmaq, neftin özlülüyünü azaltmaq və s. məqsədlər üçün neftə sabit maqnit sahəsi, elektromaqnit sahəsinin təsiri geniş tədqiq və istifadə olunur [163, s.102], [164, s.91-92]. Lakin belə təsirlər bütün hallarda neftin, neft məhsullarının fiziki-kimyəvi xassələrinin arzuolunan dəyişiklikləri ilə müşayiət olunmurlar. Məsələn, Moskva alimlərinin işlərində neftin altı nümunəsindən yalnız birində maqnit sahəsi ilə təsirdən sonra geniş məlum olan özlülüyün azalması effekti müşahidə olunmuşdur. Bu halda, həmçinin təsirdən bir qədər sonra maqnit emalı üçün tipik effekt olan özlülüyün əvvəlki qiymətinə qayıtma müşahidə edilmişdir [31, s.95], [32, s.114]. Bizim Abşeron yarımadasının müxtəlif neft yataqlarından götürülmüş neft nümunələri ilə apardığımız təcrübələrdə qeydə alınan EPR spektrlərinin identifikasiyası göstərdi ki, bəzi neft nümunələrində nanoölçülü dəmir oksidi hissəcikləri mövcuddur [142, s.345]. Bununla əlaqədar olaraq xarici maqnit sahəsi vasitəsilə neft nümunələrinin özlülüyünü dəyişmək mümkün ola bilər [147, s.1], [55, s.1370].

Elektron Paramaqnit Rezonans spektroskopiyası və s. üsullar ilə aparılan eksperimentlər belə nəticəyə gətirir ki, neftin tərkibində və həmçinin başqa kolloidal məhlullarda fraktal quruluşa malik olan aqreqatlar mövcuddur. Həmçinin bu aqreqatların tərkibində ferromaqnit hissəciklər vardır [33, s.1], [31, s.95].

Kolloidal aqreqatların fraktal quruluşa malik olması və ferromaqnit hissəcikli tərkibi parafin çökmələrinin sürətinə və qeyri-üzvi çökmələrə təsir edir, su-neft emulsiyasının dağılma sürətinə, dağ süxurlarının keçiriciliyinə və s. elektromaqnit və başqa fiziki təsirlərin müşahidə olunan effektlərini aydınlaşdırmağa imkan verir.

Abşeronun müxtəlif ərazilərində neft quyularından (Umbakı, Atəşgah, Qala yatağı, Bibiheybət, Balaxanı və s.) götürülmüş on bir neft nümunəsinin (təmiz və nanohissəciklər əlavə olunmuş) xarakteristikaları da EPR metodu ilə tədqiq edilmişdir.

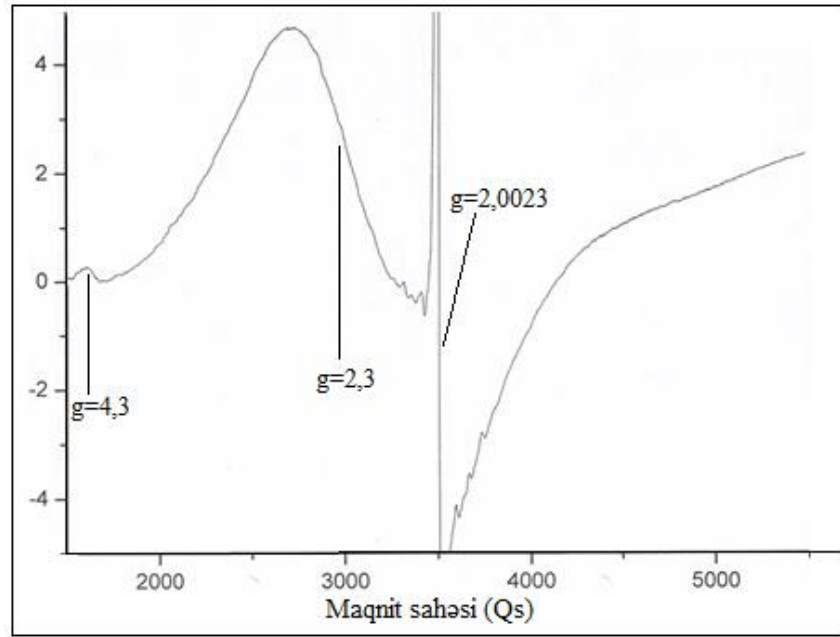
Alınan nəticələr göstərmişdir ki, Abşeronun neft quyularından götürülmüş neft nümunələrinin əksəriyyətinin spektri yalnız dar siqnallardan ($\Delta H=10$ Qs) ibarətdir. Lakin bəzi neft nümunələrində nanohissəciklərin geniş siqnalını müşahidə etmək mümkün olmuşdur. Nanohissəciklərin geniş siqnalını müşahidə edərkən 10-100 mq tərtibində nümunələr istifadə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, dar siqnalların forması lorentsə uyğundur və bu siqnallar praktiki olaraq doyma halına gəlmirlər.

Neft nümunələrində EPR üsulu ilə apardığımız təcrübələr zamanı mühüm nəticələr alınmışdır. İlk dəfə olaraq Abşeron yarımadasının on bir müxtəlif neft quyusundan götürülən neft nümunələrindən üçündə maqnit nanohissəciklərinin mövcud olması EPR üsulu ilə aşkar olunmuşdur. Bu işə neftin əsas fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərini idarəetmənin yeni effektiv nanotexnologiyalarının hazırlanmasına yönələn nəticələrdən biridir.

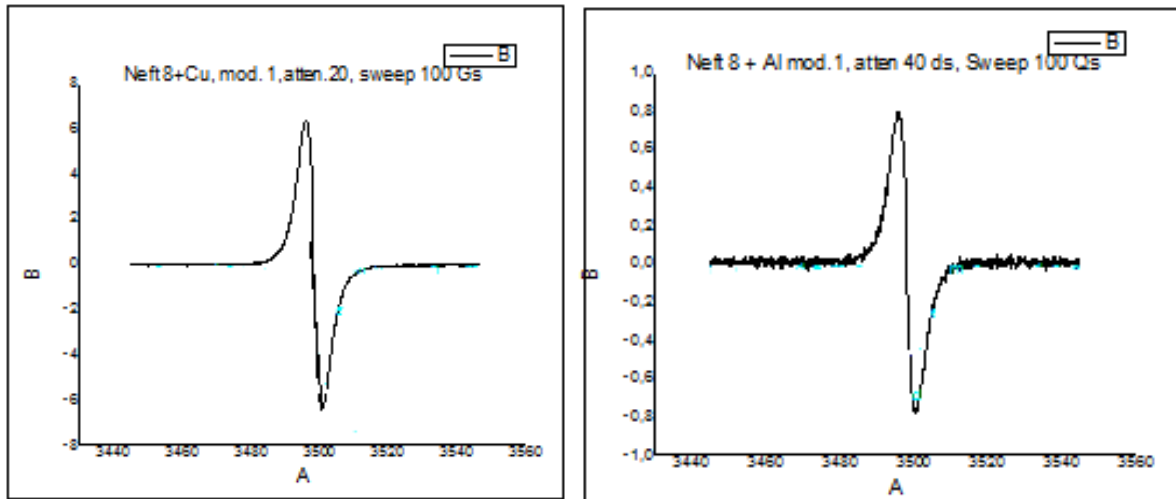
Maqnit sahəsinin geniş intervalında otaq temperaturunda neft nümunələrindən alınan EPR siqnallarının analizi onu göstərdi ki, nümunələrin 30%-də maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar detektə olunur.

Şəkil 5.1.2 – də Abşeron yarımadasının neft yataqlarından götürülmüş neft nümunəsindən alınan tipik geniş EPR siqnalı verilmişdir. Spektrdən göründüyü kimi dəmir ionlarının EPR siqnalı ($g=4,3$) ilə yanaşı nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəciklərinə xas olan geniş EPR siqnalı ($g=2,3$) və demək olar ki, bütün neft nümunələrində müşahidə edilən sərbəst radikal EPR siqnalı ($g=2,0023$) müşahidə olunur. Əvvəlki tədqiqatlarımızda (Fəsil 3, Fəsil 4) stres faktorların (radiasiya, temperatur, UB şüalar və s.) təsiri ilə bitki və heyvan orqanizmlərində müşahidə etdiyimiz xarakterik geniş EPR siqnallarını ($g=2,3$) neft nümunələrində də müşahidə etmişik. Həmin siqnalların müqayisəli analizinin aparılması bizə imkan verir ki, bu siqnalların genezisi haqqında müəyyən fikir söyləyək.

Müxtəlif təbii sistemlərdə (neft, bitki və s.) paramaqnit və superparamaqnit mənbələrinə mənsub EPR siqnallarının oxşarlığı onu göstərir ki, biominerallaşma hadisəsi həmin təbii sistemlərdə baş verir və nəticə etibarilə müəyyən şəraitlərdə paramaqnit mərkəzlərin formalaşması baş verir.



Şəkil 5.1.2. Neft nümunəsinin EPR spektri



Şəkil 5.1.3. Cu və Al nanohissəcikləri əlavə olunmuş neft nümunələrinin EPR siqnalları

Neft nümunələri üzərinə Al və Cu nanohissəcikləri (60-80 nm) əlavə edildikdən sonra araşdırılmışdır. Üzərinə Al və Cu nanohissəcikləri əlavə edilmiş neft nümunələrindən alınan EPR siqnalları şəkil 5.1.3 – də verilmişdir. Həmin siqnalların relaksasiya hadisələrinin öyrənilməsi maraqlı nəticələrə gətirir. Belə ki, siqnalın amplitudunun maqnit sahəsinin intensivliyindən asılılığı kontrol (əlavəsiz neft) nümunəyə nəzərən fərqlənir. Başqa sözlə, neftə nanohissəciklərin əlavə edilməsi EPR

spektrlərinin bir qədər dəyişməsinə səbəb olur. Rezonatorda elektromaqnit sahəsinin böyük gücləri olduqda EPR siqnallarının eni dəyişir. Bu onu göstərir ki, Al və Cu nanohissəcikləri neftin quruluşunda müəyyən dəyişikliklər yaradır.

Abşeronun on bir neft yatağından götürülmüş neft nümunələri və həmçinin parafin nümunələri ilə aparılan təcrübələr zamanı aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

Təcrübələrdə ərimədən əvvəl və ərimədən sonra parafin nümunələrinin EPR spektrləri çəkilmişdir ($g=2,25$; $\Delta H \approx 320$ Qs) (şəkil 5.1.1). Bu zaman dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini üçün xarakterik olan siqnallar müşahidə edilmişdir. Qeyd alınan EPR siqnalının parametrləri, parafin nümunəsi əridildikdən sonra spektrdə nəzərəçarpan dəyişikliklər parafində dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin mövcudluğunu göstərmişdir [141, s. 210], [164, 88-90].

Müəyyən edildi ki, maqnit sahəsinin neftin texnoloji mühüm fiziki-kimyəvi xassələrinə təsiri məhz neft nümunələrində biominerallaşma nəticəsində generasiya olunan maqnit nanohissəciklərinin iştirakı ilə baş verir.

EPR üsulu ilə Abşeron yarımadasının bəzi neft yataqlarından çıxarılan neft nümunələrində maqnit nanohissəciklərinin mövcudluğu aşkar edilmişdir. Bu isə imkan verir ki, Abşeronun bəzi neft yataqlarında neftçixarma və neftin nəqli proseslərinə xarici maqnit sahəsi vasitəsilə təsir edilsin. Çünki ədəbiyyat məlumatlarından məlumdur ki, bu proses quyuların neft hasilatının artırılmasına, boru kəmərləri ilə neftin fasiləsiz nəqlinin təmin edilməsinə imkan verir. Eyni zamanda fiziki və kimyəvi təsirlərdən istifadə etməklə neftin özlülüyünün məqsədyönlü dəyişdirilməsi əsasında neftin emalı prosesi üçün iqtisadi baxımdan effektiv və ekoloji cəhətdən təhlükəsiz texnologiyaların yaradılmasının elmi-texniki problemlərinin həllinə kömək etmək mümkündür [33, s.1], [163, s.102]. Belə ki, neft hasilatı sənayesində ən mühüm və aktual problem neftin özlülüyünün azalması problemidir. Eyni zamanda Abşeron yarımadasında neft quyularının və neft kəmərlərinin divarlarında parafin çöküntülərinin yaranması, bu çöküntülərin artma sürətinin azalması problemi gündəmdə olan məsələlərdəndir. Bu məsələlərin həllindən bütövlükdə neft sənayesinin iqtisadi və ekoloji effektivliyi asılıdır [164, s.94].

Yekun

Müxtəlif müasir biofiziki üsullar ilə apardığımız tədqiqatlarda Abşeron yarımadası üçün xarakterik canlı sistemlərdə stres amillərinin təsiri ilə yaranan yeni paramaqnit mərkəzlər tədqiq edilmişdir. İlk dəfə olaraq aşkar edilmişdir ki, canlı sistemlərdə stres amillərinin təsiri zamanı biominerallaşma hadisəsi nəticəsində biogen, kristallik dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur [182, s.193-194], [188, s.5]. Maqnit nanohissəcikləri canlı sistemlərdə maqnit xassələrinin əmələ gəlməsinə və tərəfimizdən ilk dəfə bitkilərdə aşkar olunan geniş EPR signalının ($g=2,32$; $\Delta H=320$ Qs) yaranmasına gətirirlər [53, s.35].

Eyni zamanda son 20-30 ildə nanotexnologiyaların sürətli inkişafı, bu sahədə alınan nəticələrin geniş tətbiq sahələrinin mövcudluğu məlumdur. Müasir dövrdə insan fəaliyyətinin demək olar ki, bütün sahələrində nanotexnologiyalar tətbiq edilir. Xüsusilə, ekoloji monitorinqin aparılmasında nanotexnologiyanın tətbiqi əvəzsizdir. Həmçinin müasir tibbi nanotexnologiyalarsız təsəvvür etmək mümkün deyil. Tibb sahəsində diaqnostika və müalicə məqsədi ilə nanotexnologiyaların geniş tətbiqi yeni nailiyyətlərə gətirmişdir. Digər tərəfdən müxtəlif nanohissəciklərin, xüsusilə də metal nanohissəciklərinin insan orqanizminə daxil olaraq, nanopatologiya kimi təhlükəli xəstəliklərə səbəb ola biləcəyi də ortaya çıxmışdır. Məlumdur ki, metal nanohissəcikləri insan orqanizminə müxtəlif yollar ilə daxil ola bilər: inhalyasiya yolu ilə, qida vasitəsilə, okulyar yolla, dəridən və s.

Son zamanlar tədqiqatçıların diqqəti insan [137, s.260], [96, s.247], [202, s.470], [11, s. 277] və heyvanların [10, s.21], [20, s.381] beyin toxumalarında maqnit nanohissəciklərinin aşkar olunması ilə əlaqədar olaraq məməlilərə və insanlara yönəlmişdir. Bəzi tədqiqat işlərində göstərilmişdir ki, beyində dəmirin toplanması bir çox neyrodegenerativ pozulmalar zamanı, o cümlədən Alzheimer, Parkinson xəstəlikləri və beyində şiş olduqda qeydə alınır [146, s.843], [147, s.1].

Radiasiya fonu fərqli olan Ramana Yod zavodu ərazisində ilkin tədqiqatlar aparılarkən müəyyən edilmişdir ki, radioaktiv çirklənmənin bitkilərin yarpaq və gövdələrində, həmçinin toxum və toxum qabıqlarında paramaqnit mərkəzlərə təsiri zamanı onlarda nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərini xarakterizə edən geniş

EPR signalı ($g=2,32$; $\Delta H=320$ Qs) yaranır. Radiasiya fonunun artması ilə bu siqnalların intensivliklərinin xətti artması və yarpaqlarda digər orqanlarla müqayisədə daha yüksək olması aşkar olunmuşdur [140, s.316].

Əvvəlki işlərində L.A.Blümenfeld öz əməkdaşları ilə birlikdə [7, s.230] aşkar etmişdi ki, maya hüceyrələrində geniş EPR siqnalları qeydə alınır. Bizim tədqiqatlarımız göstərdi ki, bu siqnallar dəmir tərkibli maqnit nanohissəciklərinə məxsusdur. Stres amillərinin bitkilərə təsirini tədqiq edərkən ilk dəfə olaraq, bitki nümunələrində maqnit sahəsinin geniş intervalında xarakterik geniş EPR siqnallarını müşahidə edirik ki, bu siqnallar da öz xüsusiyyətlərinə və parametrlərinə görə sintetik maqnit nanohissəcikləri preparatlarında qeydə alınan geniş EPR siqnallarına uyğun gəlir. Müəyyən etmişik ki, radiasiya fonunun yüksəlməsi bitkilərdə dəmir əsaslı maqnit nanohissəciklərinin generasiyasına səbəb olur və bu hadisə ilin bütün fəsillərində baş verir [140, s.322].

Hesab edə bilərik ki, bitkilərdə maqnit nanohissəciklərinin generasiyası bitkilərin yarpaqlarında fotosintetik aparatın işi ilə əlaqədardır. Həqiqətən də bitki toxumlarında müşahidə etdiyimiz xarakterik geniş EPR siqnallarının intensivlikləri yarpaqlara nəzərən xeyli aşağı olmuşdur. Deyə bilərik ki, radioaktiv çirklənmiş ərazilərdə bitən bitkilərdə maqnit nanohissəciklərinin formalaşmasının stimullaşması hadisəsi, stres amillərinin təsiri hesabına orqanizmdə olan bağlı dəmirin sərbəst dəmir formasına keçməsi, mühitdə dəmir ionlarının sayının artması, eyni zamanda stres amilinin təsiri nəticəsində xloroplastların bütövlüyünün pozulması və ENZ-də baş verən qırılmalar nəticəsində mühitə elektronların ayrılması ilə əlaqədardır. Belə ki, reduksiyaedici sistem dəmir ionlarının nanoölçülü dəmir oksidi maqnit hissəciklərinə çevrilməsinə səbəb olur. Qeyd etmək lazımdır ki, stres amilinin təsiri nəticəsində maqnit nanohissəciklərinin yaranması orqanizmin özünümüdafiə etməsi rolunu oynayır. Əks halda canlı sistemdə dəmir ionlarının çoxalması Fenton reaksiyasına görə OFF-nın və sərbəst radikalların yaranmasına səbəb olardı. Bu isə orqanizm üçün çox təhlükəlidir və onun destruksiyasına gətirir.

Hadisələrə aydınlıq gətirmək üçün növbəti tədqiqatlar biominerallaşma prosesləri nəticəsində bioloji sistemlərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranmasının

mexanizmini aydınlaşdırmaq üçün ali bitkilərdən (ispanaq) ayrılmış xloroplastlar ilə aparılan *in vitro* tədqiqatlarına həsr edilmişdir. EPR üsulu ilə öyrənilmişdir ki, xloroplastların fotosintetik aktivliyinə dəmir ionları öz təsirini göstərir və stres amillərinin təsir zamanı xloroplastlarda fotosintezin ilkin mərhələlərində dəmir əsaslı maqnit nanohissəcikləri yaranır.

Aldığımız nəticələr mikroskopik tədqiqatlarda KEM və SEM metodları ilə və Messbauer spektroskopiyası üsulları ilə təsdiq olunmuşdur. Xloroplastlarda nanohissəciklərin paylanması mikroskopik təsvirləri alınmışdır.

Növbəti tədqiqatlarımızda Abşeron yarımadası üçün xarakterik ekoloji çirklənmə dərəcələrinə görə fərqli ərazilərdən olan bitki növlərinə (zeytun (*Olea europea*), tubulqa-*(Pyracantha)*, arıçubuğu (*Ligustrum L.*)) ətraf mühitin çirkləndiricilərini təsirini EPR metodu ilə öyrənərkən stres amillərinin təsiri zamanı bitkilərdə maqnit nanohissəciklərinin formalaşması aşkar edilmişdir. Ekoloji çirklənmə dərəcələrinə görə fərqli ərazilər 1- ekoloji təmiz hesab olunan Botanika bağının ərazisi (kontrol), 2 – sənaye zonası olan Neftayırma zavodunun ərazisi, 3- intensiv nəqliyyat hərəkəti olan aeroport yolu olmuşdur. EPR metodu ilə bu bitkilərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən geniş EPR siqnalları ($g=2,32$; $\Delta H=500Qs$) və sərbəst radikal siqnalları ($g=2,0023$; $\Delta H=10 Qs$) qeydə alınmışdır (şəkil 3.4.3; 3.4.4; 3.4.5). Çirklənmə dərəcələrinə görə fərqlənən ərazilərdən yığılan bitkilərdən alınan EPR siqnallarının intensivliyinin dəyişməsinə əsasən məlum olmuşdur ki, ekoloji çirklənmə bu bitkilərdə maqnit nanohissəciklərinin formalaşmasına nəzərəcarpan təsir göstərir. Belə ki, EPR spektrlərinin identifikasiyası göstərmişdir ki, çirklənmə dərəcəsi artdıqca bitkilərin yarpaqlarında nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərini xarakterizə edən siqnalların intensivliyi artmışdır [144, s.172]. Belə təsir effekti müxtəlif sahələrdə, xüsusilə də tibb sahəsində tətbiq olunan funksional dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin alınmasında istifadə edilə bilər.

Abşeron yarımadasının qiymətli ağac növlərindən olan əncir (*Ficus carica L.*) yarpaqlarında və eldar şamı (*Pinus eldarica M.*) ağacının iynəyarpaqlarında paramaqnit mərkəzlər EPR metodu ilə tədqiq edilmişdir. Ətraf mühitin çirkləndirici amillərinin təsiri ilə biominerallaşma hadisəsi nəticəsində onlarda dəmir oksidi maqnit

nanohissəciklərinin yarandığı aşkar edilmişdir [182, s.193], [183, s.1].

Beləliklə, EPR metodu ilə aparılan araşdırmalar göstərmişdir ki, stres amilinin təsiri zamanı yarpaqlarda kristallik dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur. Dissertasiya işi yerinə yetirilərkən aparılan təcrübələr və alınan elmi nəticələr sübut etmişdir ki, stres amilləri canlı sistemlərdə biogen mənşəli nanofazalı maqnit hissəciklərinin generasiyasına səbəb olur. Bu nanohissəciklər bioloji sistemlərdə maqnit xassələrinin yaranmasına gətirirlər [188, s.5]. Maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən EPR siqnallarının parametrlərinin (amplitud, siqnalın eni, g faktor və s.) temperaturdan kəskin asılı olduğu və bu siqnalın maqnit anizotropiyasına malik olması aşkar edilmişdir. Bitki yarpaqlarında qeydə alınan EPR siqnallarının temperaturdan asılılığı öyrənilən zaman qeydə alınan EPR siqnalının amplitudu və eni parametrlərinin davranışında 120-125 K temperaturda xarakterik Vervey faza keçidinin yaranması aşkar edilmişdir ki, bu da maqnetit (Fe_3O_4), magemit (qamma- Fe_2O_3) və superparamaqnit nanohissəciklər üçün xarakterikdir [182, s.199].

Alınan nəticələrin fundamentallığını və ümumiliyini sübut etmək üçün təbiətdə bitən ağac və kol bitkilərindən başqa laboratoriya şəraitində model sistem kimi fotosintezin C3 tipinə aid bitki olan buğda (*Triticum L.*) və C4 bitkisi olan qarğıdalı (*Zea mays L.*) toxumlarına müxtəlif stres amillərinin təsiri öyrənilmişdir. Radioaktiv çirklənmənin və ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın buğda və qarğıdalı bitkilərinə təsirini öyrənərkən morfoloji dəyişikliklərdə çox maraqlı bir qanunauyğunluq aşkar edilmişdir. Belə ki, müəyyən edilmişdir ki, stres amilləri C3 bitkisi olan buğdanın həm boy artımına, həm də cücərmə faizinə stimullaşdırıcı təsir göstərsə də, C4 bitkisi olan qarğıdalıya əksinə, inhibirləşdirici təsir göstərirlər. Hadisənin mexanizmini aydınlaşdıraraq, belə qənaətə gəlirik ki, yaranan qanunauyğunluq bu prosesdə müdafiə sistemi kimi fototənəffüsün rolu ilə əlaqədardır. C3 bitkiləri olan buğda və noxuda radioaktiv çirklənmənin və qamma radiasiyanın müəyyən dozalara qədər təsiri zamanı stimullaşdırıcı effektin üzə çıxması stres amillərinin təsiri ilə C3 bitkilərində fototənəffüs prosesinin işə düşməsi və OFF-nın yaranmasının qarşısını alaraq, müdafiə funksiyasını yerinə yetirməsi ilə bağlıdır.

Canlı sistem olaraq bitkilərdən başqa bəzi heyvan orqanizmlərində (çanaqlı üzüm

İlbizləri (*Helix pomatia*) və laboratoriya siçovulları (*Wistar albino*) stres amillərini təsiri zamanı paramaqnit mərkəslər öyrənilmişdir.

Çanaqlı üzüm ilbizlərinə ionlaşdırıcı qamma radiasiyanın təsirinin öyrənilməsi zamanı müəyyən edilmişdir ki, radiasiyanın dozası artdıqca onların bədən və çanaq hissələrində sərbəst radikal siqnalının intensivliyi xətti artır. Dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən EPR siqnalının intensivliyinin isə şüalanma dozasının təqribən 200-250 Qr -ə qədər artması ilə yüksəlməsi, sonrakı artması ilə isə tədricən azalması müşahidə edilmişdir. Bu təcrübələr deməyə əsas verir ki, ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinin bioloji monitorinqinin aparılmasında ilbizlərin bədən və çanaq hissələrindən alınan sərbəst radikal EPR siqnallarından istifadə çox əhəmiyyətlidir və ilbizlər bioindikator rolunu oynaya bilərlər [185, s.196].

Radiasiyanın müəyyən dozalarda (200 Qr və 250 Qr) təsiri nəticəsində ilbizlərin orqanizmində sərbəst dəmir ionlarının çoxalması və reduksiyaedici mühitin olması onlarda nanofazalı dəmir oksidi hissəciklərinin yaranmasına səbəb olur. Radiasiyanın dozasının sonrakı artması ilə (600 Qr) orqanizmdə sərbəst dəmir ionlarının çoxalmasına baxmayaraq, reduksiyaedici sistemin zəifləməsi orada maqnit nanohissəciklərinin əmələ gəlməsini azaldır. Ən yüksək - 800 Qr dozada şüalanma isə reduksiyaedici sistemin tamamilə sıradan çıxmasına səbəb olduğu üçün nanohissəciklərin yaranması baş vermir və orqanizm destruksiyaya uğrayır [185, s.200-202].

Məlumdur ki, çanaqlarda reduksiyaedici sistem yoxdur. Lakin onlarda dəmir əsaslı nanohissəcikləri xarakterizə edən siqnalların yaranması (bədəndən alınan siqnallar ilə müqayisədə bir qədər zəif) baş verir. Bu isə çanağın bədən ilə bilavasitə əlaqəli olması, onun vasitəsilə qidalanması sayəsində ola bilər. Çanağın strukturunun əmələ gəlməsində, tərkibinin formalaşmasında bədənin rolu və təsiri böyükdür [185, s.204-205].

Üzüm ilbizlərinə UB şüalanmanın da müxtəlif dozalarda təsiri EPR üsulu ilə tədqiq edilmişdir. İlbizlərin bədən və çanaq hissələrində sərbəst radikalı və dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar qeydə alınmışdır. Şüalanmanın dozasının artması dəmir oksidi nanohissəciklərini xarakterizə edən

siqnalların ($g=2.32$, $\Delta H=300$ Qs) intensivliklərinin yüksəlməsinə səbəb olmuşdur.

Heyvan orqanizmlərindən laboratoriya siçovulları ilə aparılan tədqiqatlarda ilk dəfə olaraq aşkar edilmişdir ki, ionlaşdırıcı qamma radiasiya onların qaraciyər orqanlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranmasına səbəb olur. Belə ki, kontrol və müxtəlif dozalarda (3 Qr, 6 Qr, 8 Qr) qamma radiasiyaya məruz qalmış siçovulların qaraciyər orqanlarında maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnallar qeydə alınmışdır. Qamma radiasiyanın dozasının artması ilə siqnalların amplitudlarının intensiv şəkildə yüksəlməsi müşahidə edilmişdir. Amplitudun yüksəlməsi isə nanohissəciklərin miqdarı baxımdan çoxalmasının göstəricisidir [184, s.42-43].

Alınan nəticələr KEM (JEM-1400, JEOL, Yaponiya) ilə bir mənalı olaraq təsdiq edilmişdir. Belə ki, şüalanmış siçovulların qaraciyər orqanlarında 10-12 nm ölçülü maqnetit (Fe_3O_4) nanohissəciklərini KEM vasitəsilə vizual olaraq görmək mümkün olmuşdur (şəkil 4.6.4; 4.6.6). Fe_3O_4 nanohissəcikləri qaraciyərin sitoplazmatik struktur elementlərində (mitoxondri, lizosom, qlikogen, nüvə və sitoplazmanın özündə) aşkar edilmişdir.

Canlı sistemlər ilə apardığımız təcrübələrdən sonra alınan nəticələri ümumiləşdirərək deyə bilərik ki, stres amillərinin təsiri nəticəsində canlı sistemlərdə yeni maqnit xassələri əmələ gəlir.

Bütövlükdə aparılan təcrübələr əsasında müəyyən edilmişdir ki, canlı sistemlərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranmasında fotosintetik aparatın müəyyən rolu ola bilər. Həmçinin təcrübələr göstərdi ki, bitkilərdə nanoölçülü dəmir əsaslı maqnit hissəciklərinin formalaşması xloroplastların və başqa komponentlərin bütövlüyünün bilavasitə pozulması ilə əlaqəlidir. Nəticədə nanohissəciklərin prekursorlarının, məsələn, dəmir ionlarının xloroplast membranlarının ENZ-də mövcudluğu təmin olunur, fotoinduksiya olunan oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının gedişində maqnit nanohissəciklərinin yaranması baş verir. İstənilən stres amili müəyyən dozaya qədər bu hadisəyə stimullaşdırıcı təsir göstərir [37, s.31].

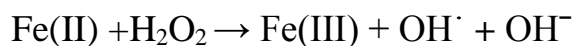
Beləliklə, EPR üsulu ilə radioaktiv çirklənmənin bitkilərə təsirini öyrənərkən müəyyən edirik ki, stres amilinin təsiri ilə bitki sistemlərində biominerallaşma hadisəsi

nəticəsində biogen dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur. Bu hadisənin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, canlı sistemdə olan bağlı dəmir stres amilinin təsiri nəticəsində sərbəst dəmir formasına keçir və dəmir ionları orqanizmdə çoxalır. Digər tərəfdən stres amilinin təsiri zamanı bitki xloroplastlarının nativliyi, intaktlığı pozulur və elektron nəqliyyat zəncirində baş verən qırılmalar nəticəsində mühitə elektronlar ayrılır. Beləliklə, reduksiyaedici mühit sayəsində orqanizmdə olan dəmir ionları dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə çevrilirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranması orqanizmin özünümüdafiə rolunu oynayır. Çünki əks halda dəmir ionlarının çoxalması canlı sistemdə OFF-nın və sərbəst radikalların yaranmasına səbəb olardı (Fenton reaksiyasına görə). Lakin reduksiyaedici mühitin olması maqnit nanohissəciklərinin əmələ gəlməsinə səbəb olur ki, bu da canlı sistemi sərbəst radikallardan və OFF-dan qoruyur.

Məlumdur ki, canlı sistem bioloji makromolekullardan: zülallar, amin turşuları, nuklein turşuları və başqa üzvi maddələrdən təşkil olunub. Zülal kompleksləri arasında dəmirlə zəngin olan ferritin, ferrodaksin və s. göstərmək olar. Stres zamanı orqanizmdə olan bağlı dəmir sərbəst vəziyyətə keçir və dəmir ionları şəklində orqanizmdə çoxalaraq hərəkət edir. Həmçinin stres amillərinin təsiri canlı sistemdə xloroplastların və yaxud mitoxondrilərin bütövlüyü, tamlığı pozulur və elektron nəqliyyat zəncirində qırılmalar baş verir ki, bu səbəbdən də mühitdə elektronların sayı artır. Məlumdur ki, dəmir ionlarının çoxalması orqanizmdə OFF-nın, o cümlədən sərbəst radikalların yaranmasına gətirir. Lakin stres təsiri nəticəsində reduksiyaedici sistemin yaranması dəmir ionlarının nanoölçülü dəmir oksidi hissəciklərinə çevrilməsinə səbəb olur. Beləliklə, yaranan nanofazalı dəmir oksidi hissəcikləri canlı sistemdə dəmir ionlarının sayını azaldaraq müdafiə funksiyasını yerinə yetirirlər. Orqanizmi destruksiyadan qoruyurlar.

Məlumdur ki, canlı orqanizmlərdə ferritinlər dəmir yığıcı mənbəyidirlər. Əsasən orqanizmdə dəmir ionlarının 20-30 % -i ferritinin tərkibində yerləşir. Adətən, ferritinin miqdarı hüceyrə dəmirinin miqdarından birbaşa asılıdır. Bu zülal iki əsas funksiyayı yerinə yetirir: birinci - artıq dəmirin saxlanması, ikinci isə canlı orqanizmlərin Fe^{2+} ionlarının zərərli toksiki təsirindən qorunması. Məlumdur ki, sərbəst dəmir (Fe^{2+})

hüceyrə üçün toksikidir, belə ki, OFF-dan sərbəst radikalların yaranmasında katalizator qismində fəaliyyət göstərir (Fenton reaksiyası).



İkivalentli dəmirin zərərli toksiki təsirlərindən toxumaları qorumaq üçün bir çox canlı orqanizmlər Fe(II) – ni qeyri-toksiki Fe(III) -ə çevirə bilən ferritin sintez edirlər. Alınan nəticələrə əsaslanaraq belə qənaətə gəlinir ki, canlı sistemlərdə qeyri-üzvi nanofazalı dəmir oksidi maqnit hissəciklərinin generasiyası xüsusi şəraitdə mümkündür: birinci növbədə mühitdə mütləq dəmirin miqdarı çox olmalıdır. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, dəmirin miqdarı mühitdə həddindən artıq çox olmalı deyil. Əks halda dəmir ionlarının xloroplastların ətrafında toplanması baş verə bilər ki, bu da onun məhvinə səbəb ola bilər. Digər tərəfdən mühitdə reduksiyaedici sistem yaranmalıdır ki, dəmir ionları dəmir oksidi hissəciklərinə çevrilsinlər. Bütün bunlar stres amillərinin təsiri zamanı baş verir [187, s.7074].

Müxtəlif bioloji orqanizmlərdə stres amillərinin təsiri zamanı yaranan biogen mənşəli kristallik nanohissəciklərin EPR spektrlərinin xarakteristikaları müəyyən edilmişdir. EPR spektroskopiyası üsulu ilə apardığımız tədqiqatlar göstərdi ki, bütün canlı sistemlərdə, istər bitki və istərsə də heyvan orqanizmlərində stres amillərinin təsiri zamanı dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin formalaşmasının öyrənilməsində bu üsul çox əhəmiyyətli və demək olar ki, əvəzsizdir. Belə ki, canlı orqanizmlərdə stres amillərinin təsiri ilə maqnit nanohissəciklərinin yaranması hadisəsi müasir tibb sahəsində böyük nailiyyətlərə gətirə bilər. Bundan başqa bitki və heyvan orqanizmlərində stres amillərinin təsiri zamanı qeydə alınan EPR spektrləri ətraf mühitin qiymətləndirilməsində və biomonitorinqində mühüm məlumatlar almağa imkan verir. EPR üsulu ilə aparılan tədqiqatların nəticələri biofiziki, biotibbi və ekoloji araşdırmalarda istifadə və tətbiq oluna bilər [185, s.205].

Müəyyən edilmişdir ki, biominerallaşma hadisəsi nəticəsində canlı sistemlərdə biogen yolla kristallik dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiya olunmasında, bioloji toxumalarda maqnetit kristalların yaranmasında müxtəlif stres amillərinin təsir effekti mühüm rol oynayır və bu hadisəyə stimullaşdırıcı təsir göstərir. Belə stres amillərinin canlı sistemlərə təsir effektləri geniş tətbiq sahələri olan

funksional dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin bioloji sintezində istifadə edilə bilər. Dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin EPR siqnalları ilə detektə edilməsi və KEM ilə vizual olaraq izlənməsi biofiziki, biotibbi tədqiqatlarda zəngin, mühüm, əhəmiyyətli nəticələrə gətirən yeni informasiya mənbəyi kimi istifadə oluna bilər. Canlı sistemlərdə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin generasiyasının EPR üsulu ilə detektə olunması bu proseslərin tədqiqində yeni və önəmlidir. Alınan nəticələr canlı sistemlərdə biogen kristallik dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinin yaranmasında stres amillərinin rolunu, təsir mexanizmini dərinlən anlamağa imkan verir.

NƏTİCƏLƏR

1. İlk dəfə olaraq Abşeron yarımadası üçün xarakterik bitki nümunələrinə radioaktiv çirklənmənin təsirinin EPR üsulu ilə tədqiqi zamanı maqnit sahəsinin geniş intervalında (0-5000 Qs) geniş EPR siqnalı ($g=2,32$; $\Delta H=320$ Qs) müşahidə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, radiasiya fonunun yüksəlməsi bu siqnalın intensivliyinin artmasına səbəb olur. Ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinin öyrənilməsi və monitorinqində bu EPR siqnallarının davranışı çox əhəmiyyətlidir və biondikasiya parametrləri kimi istifadə oluna bilərlər.
2. *In vivo* və *in vitro* tədqiqatları nəticəsində məlum olmuşdur ki, stres zamanı canlı sistemlərdə yaranan xarakterik geniş EPR siqnalı ($g\approx 2,2-2,4$; $\Delta H\approx 320-450$ Qs) dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edir. Müəyyən edilmişdir ki, sintetik maqnit nanohissəciklərinin spektrlərinin qeydiyyat temperaturunun otaq temperaturundan 80 K - ə enməsi bu siqnalın amplitudunun kəskin azalmasına və eninin nəzərəçarpan genişlənməsinə səbəb olur. Sintetik maqnit nanohissəciklərinin EPR siqnallarının temperaturdan asılı olaraq dəyişmə xüsusiyyətləri bitki nümunələrinin geniş EPR siqnallarının temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi ilə identik olmuşdur.
3. *In vitro* tədqiqatları zamanı aşkar edilmişdir ki, tilakoid membranlarının zədələnməsi nəticəsində ENZ – nin müəyyən lokuslarında Fe^{3+} ionları reduksiya olunaraq maqnit nanohissəciklərinə çevrilir. Bu da xarakterik EPR siqnallarının ($g\approx 2,4$; $\Delta H\approx 320$ Qs) əmələ gəlməsi ilə müşahidə olunur. Alınan nəticələr KEM metodu ilə mikroskopik tədqiqatlarda öz təsdiqini tapmışdır.
4. Əncir (*Ficus carica* L.) yarpaqlarının EPR spektrlərinin temperaturdan asılılığının (260K - 60K) öyrənilməsi göstərdi ki, paramaqnit rezonans siqnalının amplitudu və eni parametrlərinin davranışında 120-125 K temperaturda superparamaqnit nanohissəciklər üçün xarakterik olan Vervey faza keçidi yaranır. Belə ki, bu temperaturda siqnalın amplitudu maksimum, eni isə minimum qiymət alır.
5. İlk dəfə olaraq nar (*Punica granatum*) ekstraktının reduksiyaedici xüsusiyyətləri EPR üsulu ilə müəyyən edilmişdir və göstərilmişdir ki, müəyyən qatılıqlarda Fe^{3+}

ionları nar şirəsində nanofazalı dəmir oksidi hissəciklərinin generasiyasına səbəb olur.

6. Stres amillərinin fotosintezin C3 və C4 tipinə aid bitkilərin morfoloji xüsusiyyətlərinə və paramaqnit mərkəzlərinə təsiri öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, stres amilləri müəyyən dozaya qədər C3 bitkilərinin və onlarda yaranan paramaqnit mərkəzlərin böyüməsinə stimullaşdırıcı, C4 bitkilərinə isə ləngidici təsir göstərir. Müəyyən edilmişdir ki, alınan qanunauyğunluq C3 bitkilərində OFF-nın yaranmasının qarşısını alaraq müdafiə funksiyasını yerinə yetirən fototənəffüs prosesinin işə düşməsi ilə əlaqəli ola bilər.
7. Müxtəlif növ çay yarpaqlarında paramaqnit mərkəzlərin tədqiqi onların yüksək antioksidant aktivliyə malik olduğunu göstərdi. Çay yarpaqlarından alınan EPR spektrlərinə əsasən aşkar edilmişdir ki, antioksidant aktivlik təzə çay yarpağı nümunələri ilə müqayisədə qablaşdırılmış çay nümunələrində daha azdır. Əlavə olaraq, antioksidant aktivliyin bitkinin gövdəsinin aşağı hissələrində bitən yarpaqlarda, yəni daha yaşlı yarpaqlarda daha yüksək olması müəyyən edilmişdir.
8. Çanaqlı üzüm ilbizlərinə qamma radiasiyanın və UB şüalanmanın təsirinin öyrənilməsi zamanı müəyyən edilmişdir ki, radiasiyanın dozası artdıqca onların çanaq və bədənlərində sərbəst radikal siqnallarının intensivliyi xətti artır. Dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən EPR siqnallarının qamma radiasiyanın dozasından asılı olaraq qeyri-monoton dəyişməsi, UB radiasiyanın dozasından asılı olaraq isə xətti dəyişməsi aşkar edilmişdir.
9. Laboratoriya siçovulları ilə aparılan EPR tədqiqatları göstərdi ki, ionlaşdırıcı qamma radiasiya onların qaraciyər orqanlarında dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalın ($g=2,32$; $\Delta H=320$ Qs) yaranmasına səbəb olur. Alınan nəticələr KEM ilə təcrübələrdə sübut edilmiş, müxtəlif dozalarda (6 Qr, 8 Qr) qamma radiasiya ilə şüalanmış siçovulların qaraciyər orqanının struktur elementlərində (hepatosit, sinusoid və s.) nanohissəciklərin (maqnetit – Fe_3O_4) bioakkumulyasiyası vizual olaraq izlənilmiş, onların çalarlıq dərəcəsinin 5200-5400, ölçülərinin isə 10-12 nm olduğu müəyyən edilmişdir.

10. Stres təsir zamanı bitki və heyvan orqanizmlərində aşkar etdiyimiz dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri Abşeron yarımadası üçün xarakterik biogen mənşəli neft nümunələrində də aşkar edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, maqnit sahəsinin neftin texnoloji mühüm fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinə təsiri biominerallaşma hadisəsi nəticəsində generasiya olunan maqnit nanohissəciklərinin iştirakı ilə baş verir və həmin yataqlarda neftin fasiləsiz nəqlini təmin etmək, hasilatı artırmaq məqsədi ilə neftçıxarma və neft nəqli proseslərinə maqnit sahəsi ilə təsir etmək olar.
11. Apardığımız tədqiqatlar zamanı alınan nəticələri ümumiləşdirərək, ilk dəfə olaraq göstəririk ki, stres amillərinin təsiri zamanı canlı sistemlərdə biominerallaşma hadisəsi nəticəsində biogen kristallik dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri və maqnit xassələri yaranır. Kristallik maqnit nanohissəcikləri canlı sistemin özündə stres təsir zamanı generasiya olunur. Bu hadisənin başvermə mexanizminin mahiyyəti stres zamanı canlı sistemlərdə yaranan dəmir ionlarının və reduksiyaedici sistemin köməyi ilə dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərinə generasiya olunması ilə əlaqədardır. Bu isə orqanizmin özünümüdafiə rolunu oynayır.

TÖVSIYƏLƏR

1. Stres amillərinin təsiri ilə canlı sistemlərdə maqnit xassələrinin yaranması hadisəsi biofiziki, ekoloji, nanobiotexnoloji tədqiqatlarda, biotibb sahəsində tətbiq olunaraq fundamental nəticələrə gətirə bilər.
2. EPR metodu ilə bitkilərdə qeydə alınan dəmir oksidi maqnit nanohissəciklərini xarakterizə edən siqnalların və sərbəst radikal siqnallarının parametrlərinin radiasiyanın dozasından asılı olaraq qanunauyğun dəyişməsi onlardan ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinin qiymətləndilməsində və biomonitorinqində istifadə üçün tətbiq oluna bilər.
3. Müxtəlif dozalarda qamma radiasiyaya məruz qalan çanaqlı üzüm ilbizlərinin bədən və çanaq hissələrindən alınan EPR spektrlərinin parametrləri bioindikasiya göstəricisi kimi istifadə oluna bilər.
4. Laboratoriya siçovulları ilə aparılan tədqiqatlar göstərdi ki, stressə məruz qalmış

siçovulların qaraciyər orqanlarında biogen dəmir oksidi maqnit nanohissəcikləri generasiya olunur. Maqnit nanohissəcikləri müasir tibdə diaqnostika və terapiya sahəsində populyar obyekt olduqları üçün alınan nəticə biotibdə tətbiq baxımından çox əhəmiyyətlidir.

5. Biogen mənşəli neft nümunələrində maqnit nanohissəciklərinin aşkar olunması quyuların neft hasilatını artırmaq, boru kəmərləri ilə neftin fasiləsiz nəqlini təmin etmək, həmçinin xarici maqnit sahəsindən istifadə etməklə neft emalı üçün iqtisadi cəhətdən effektiv və ekoloji təhlükəsiz texnologiyaların yaradılmasının elmi-texniki problemlərinin həllinə kömək edə bilər.

İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Nəşibova, A.N., Xəlilov, R.İ. Bitkilərin yarpaq və toxumlarında endogen paramaqnit mərkəzlərə radioaktiv çirklənmənin təsiri // Bakı Universitetinin Xəbərləri, – 2013. № 3, – s.66-72.
2. Авдеева, О.С., Салтыкова, Г.Н., Кобелев, В.С., Волков, В.Я. Изучение методом ЭПР природы повреждений, возникающих в клетках E.coli K-12 в процессе лиофилизации и последующего хранения // Тезисы II Всесоюзного симпозиума «Магнитный резонанс в биологии и медицине», – Черноголовка: Мир, – 1981, – с. 68-69.
3. Акимов, В.Г. Дифференциальная диагностика дерматозов, проявляющихся эритемой // Клиническая дерматология и венерология. - 2016. № 1, с. 96–103.
4. Алиев, Р.А. Радиоактивность / Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков, – Москва: Лань, – 2013. 304 с.
5. Ацаркин, В.А. Влияние диамагнитного разбавления на спиновую динамику в манганитах / В.А. Ацаркин, В.В. Демидов, Д.Г. Готовцев [и др.] // Актуальные проблемы физики конденсированных сред, – Казань: – 2004. – с.13-27.
6. Бадрутдинов, О.Р. Радиационная экология: Конспект лекций. / О.Р. Бадрутдинов, Р.С. Тюменев, – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет – 2014. – 112 с.
7. Блюменфельд, Л.А. Применение электронного парамагнитного резонанса в химии / Л.А. Блюменфельд, В.В. Воеводский, А.Г. Семенов, – Новосибирск: СА АН СССР, – 1962. – 239 с.
8. Блюменфельд, Л.А., Тихонов, А.Н. Электронный Парамагнитный Резонанс // Соросовский Образовательный Журнал, – 1997. №9, – с.91-99.
9. Булдаков, Л.А. Радиоактивное излучение и здоровье. / Л.А. Булдаков, В.С. Калистратова, – Москва: Информ-Атом –2013. – 165 с.
10. Бурлакова, Е.Б. Действие сверхмалых доз биологически активных веществ

- и низкоинтенсивных физических факторов / Е.Б. Бурлакова, А.А.Конрадов, Е.Л.Мальцева // Химическая физика, – 2003. 22(2), – с. 21–40.
11. Верещако, Г.Г., Ходосовская, А.М., Конопля, Е.Ф. Оценка Радиопротекторных свойств некоторых биологически активных веществ // Радиация и экосистемы. Материалы международной научной конференции, – Гомель: – 2008, – с. 277-280.
 12. Владимиров, Ю.А., Литвин, Ф.Ф. Исследование сверхслабых свечений в биологических системах // Биофизика, – 1959. 4(5), – с. 601-605.
 13. Волков, В.Я. Подвижность в системе – ключевой фактор сохранения жизнеспособности клеток бактерий в сухих биопрепаратах // Структура и динамика молекулярных систем. Сборник статей, – Йошкар, Ола, Уфа, Казань, Москва: – 2005. – 12(1), – с.162-177.
 14. Волков, В.Я., Сахаров, Б.В., Федюкина, Г.Н. Исследование молекулярной подвижности сахаров с защитными свойствами методом ЯМР-релаксации // Магнитный резонанс в химии и биологии. IX конференция, – Москва: 27 мая - 2 июня, – 1996, – с. 27.
 15. Вонсовский, С.В. Магнетизм / С.В.Вонсовский. – Москва: Наука, – 1984. 208 с.
 16. Гороховский, В.Н. Влияние острого эмоционально-болевого стресса на состояние пародонта крыс разного возраста / В.Н.Гороховский, С.А.Шнайдер, А.В.Скиба [и др.] // Инновации в стоматологии, – 2017. № 3-4, – с. 19-24.
 17. [Дубров, А.П.](#) Генетические и физиологические эффекты действия ультрафиолетовой радиации на высшие растения / А.П. Дубров. – Москва: Наука, – 1968. 250 с.
 18. Ефремова, М. Наномеханика: адресная доставка лекарств / М. Ефремова, А. Мажуга, Ю. Головин [и др.] // Природа, – 2016. №7, с. 1-15.
 19. Журавлева, В.В. Качественный анализ модели фотосинтеза и фотодыхания С3-растений // Математика и механика, – 2009. с. 56-59.
 20. Журавская, А.Н. Адаптация к экстремальным условиям среды и

- радиочувствительность растений (радиоэкологические исследования) // – Москва: Радиационная биология. Радиоэкология, – 2012. 52(4), – с. 381–387.
21. Завойский Е.К. К вопросу об истории развития магнитной радиоспектроскопии // Чародей эксперимента: Сборник статей об академике Е.К.Завойском. М., 1993. С.209—212.
22. Загоскина, Н.В., Назаренко, Л.В. Антиоксидантная система растений // – Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки, – 2016. 2(22), - с. 9-23.
23. Захаров, Н.А. Биоминерализация карбоната кальция нативных объектов / Н.А.Захаров, М.А.Орлов, Е.В.Шелехов [и др.] // Успехи в химии и химической технологии, – 2019. 33(3), – с.53-55.
24. Иванищев, В.В. Эволюционные аспекты С4-фотосинтеза // Известия Тульского Государственного Университета, – 2017. №3, с. 64-77.
25. Игамбердиев, А. У. Роль пероксисом в организации метаболизма растений // Соросовский Образовательный Журнал, – 2000. 6(12), – с.20-26.
26. Ингрэм, Д. Электронный парамагнитный резонанс в биологии / Д. Ингрэм. – Москва: Мир, – 1972. – 296 с.
27. [Килякова](#), Ю.В. Водные растения / Ю.В. [Килякова](#). – Оренбург: ЛитРес, – 2013. – 230 с.
28. Киттель, Ч. Введение в физику твёрдого тела / Москва: Наука, – 1963. 71 с.
29. Климов, В.В. Фотосинтез и биосфера // Соросовский Образовательный Журнал, – 1996. № 8, – с. 6–13.
30. Куриленко, Т.С., Литвинов, А.В. «Магическая пуля» Пауля Эрлиха // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия, – 2015. 17(4), – с.291-296.
31. Лесин, В.И., Кокшаров, Ю.А., Хомутов, Г.Б. Магнитные наночастицы в составе агрегатов коллоидных частиц нефти// Нефтяное хозяйство-2009ю №3, -с.95-97.
32. Лесин, В.И., Кокшаров, Ю.А., Хомутов, Г.Б. Магнитные наночастицы в нефти // Нефтехимия, – 2010. 50(2), – с. 114-117.

33. Лесин, В.И., Лесин, С.В. Влияние колебаний давления на вязкость нефти, содержащей коллоидные частицы // Актуальные проблемы нефти и газа, – 2019. 1(24), – с. 1-12.
34. Лобачев, Е.А. Виноградная улитка *Helix pomatia L.* - новый ненативный вид в Мордовии / Е.А. Лобачев, Е.В. Лобачева, Е.С.Петрова [и др.] // Вестник Мордовского Университета, – 2015. 25 (2), с. 140-149.
35. Мастеров В.Ф. Мессбауэровская спектроскопия // Соросовский Образовательный Журнал, – 1998. №8, – с. 82-87.
36. Мельник, С.Н., Наумов, А.Д., Барри, Л.Г. Влияние стрессорного и радиационного воздействий на биохимические показатели сыворотки крови крыс // Проблемы здоровья и экологии, – 2007. № 2, – с.133-137.
37. Насибова, А.Н. Магнитные наночастицы оксида железа в растениях, произрастающих на радиоактивно загрязненных территориях Апшеронского полуострова / А.Н. Насибова, Р.И. Халилов, Б.В. Трубицин [и др.] // Доклады Академии Наук Азербайджана, – 2013, L XIX, №2, – с. 31-39.
38. Насибова, А.Н. Парамагнитные центры в фотосинтезирующих биологических системах / А.Н. Насибова, Р.И. Халилов – Саарбрукен: LAMBERT Academic Publishing, – 2015. – 175 с.
39. Ненахова, Е.В. Ультрафиолетовое излучение. Влияние ультрафиолетового излучения на организм человека / Е.В. Ненахова, Л.А. Николаева, –Иркутск: ИГМУ, – 2020. – 59 с.
40. Прикупец, Л.Б. Исследование влияния излучения в различных диапазонах области ФАР на продуктивность и биохимический состав биомассы салатно-зеленных культур / Л.Б. Прикупец, Боос Г.В., Терехов В.Г. [и др.] // Ж. Светотехника, – 2018. № 5, – с. 6-12.
41. Птущенко, В.В. Электронный Парамагнитный Резонанс в Биологии // Природа, – 2006. № 11. – с.53-59.

42. Пудовкин, Н.А., Салаутин, В.В., Прохорова, Т.М. Влияние различных стресс-факторов на свободнорадикальное окисление липидов и поведение белых крыс // Актуальные вопросы ветеринарной биологии, - 2017. №3(35), - с. 3-7.
43. Пшенникова, М.Г. Феномен стресса. Эмоциональный стресс и его роль в патологии // Патологическая физиология и экспериментальная терапия, – 2000. №2, – с.24-31.
44. Розумная, Л.А. Желанкин, Р.В. Влияние факторов внешней среды на жизнедеятельность виноградной улитки (*Helix Pomatia L.*) в условиях рыбоводных прудовых хозяйств // Международный научно-исследовательский журнал, – 2021. 11(113), – с.171-177.
45. Рууге, Э.К., Тихонов, А.Н. [Электронный парамагнитный резонанс: исследование механизмов регуляции световых стадий фотосинтеза растений // Биофизика, – 2022. 67\(3\), – с. 516-523.](#)
46. Рыбакова, А.В., Макарова, М.Н. Методы эвтаназии лабораторных животных в соответствии с Европейской директивой 2010/63 // Международный вестник ветеринарии, – 2015. № 2, – с. 96-107.
47. Стасевич, К. Наука крыс // Наука и жизнь, - 2022. № 8, - с.1-5.
48. Стрелкова, Е.В., Глухова, Л.Б., Иккерт, О.П., Карначук О.В. Биоминерализация меди и железа *Penicillium spp.*, грибами, устойчивыми к металлам // Биотехнология, биоинформатика и геномика растений и микроорганизмов: материалы Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием, – Томск: 26-28 апреля, – 2016. – с. 109-113.
49. Твердислов, В.А. Синэргические аспекты региональной и глобальной экологии. / В.А. Твердислов, А.Э. Сидорова, А.В. Дмитриев, – Липецк; Москва: Издательский дом «Липецкая газета» – 2009. – 351 с.
50. Тихонов, А.Н. Электронный Парамагнитный Резонанс в Биологии // Соросовский Образовательный Журнал, – 1997. №11, – с. 8-15.
51. Ткаченко, И.А., Дедков, В.П., Ткаченко, С.Н. Влияние рациона и параметров

- окружающей среды на вес улитки *Helix pomatia* (Linnaeus 1758) в условиях искусственного разведения // Вестник СВФУ, – 2018. 6 (68), – с. 34-48.
52. Физиология растений / Под ред. И.П.Ермакова. – Москва: Академия, – 2005. – 634 с.
53. Халилов, Р.И., Насибова, А.Н. Эндогенные ЭПР-детектируемые железосодержащие наночастицы в растительных объектах // – Вак: Вакі Universitetinin Xəbərləri, – 2010. №3, с. 35-40.
54. Херд, К.М. Многообразие видов магнитного упорядочения в твердых телах // Успехи физических наук, – 1984. 142(2), – с. 331-355.
55. Черничко, Д.И., Хомутов, Г.Б. Образование организованных ансамблей наночастиц оксида железа в планарных комплексах молекул ДНК // Неорганические материалы, – 2009. 45(11), – с.1370-1376.
56. Чиков, В.И. Фотодыхание // Соросовский Образовательный Журнал, – 1996. № 11, – с. 2–8.
57. Штанский, Д.В. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения в нанотехнологических исследованиях // -москва: Российский Химический Журнал, - 2022, т. XLVI, №5, -с.81-89.
58. Эппле, М. Биоматериалы и биоминерализация / М.Эппле. – Томск: Ветер, – 2017. – 137 с.
59. Abdelhamid, H.E., Nafisah K. Biological Effects of Ionizing Radiation // – The Pathophysiologic Basis of Nuclear Medicine, – 2006. 23, – p.540-548.
60. Abreu, F., Acosta-Avalos, D. Biology and physics of magnetotactic bacteria // Microorganisms, - 2018. 79965, - p.1-21.
61. Addadi, L., Weiner, S., Biomineralization: mineral formation by organisms // Physica Scripta, – 2014. 89(9), – p.1-13.
62. Adeyemi, A.O., Gadd, G.M. Fungal degradation of calcium-, lead- and silicon-bearing minerals // Biomaterials, – 2005. 18(3), – p. 269-281.
63. Ajdary, M. Health Concerns of Various Nanoparticles: A Review of Their in Vitro and in Vivo Toxicity / M. Ajdary, M.A. Moosavi, M.Rahmati [et al.] // Nanomaterials, – 2018. 8(9), – p. 634-639.

64. Amor, M. Magnetotactic bacteria accumulate a large pool of Iron distinct from their magnetite crystals / M.Amor, A.Ceballos, J.Wan [et al.] // Applied and environmental microbiology, - 2020. 86(22), - p. e01278.
65. Andersson, I., Backlund, A. Structure and function of Rubisco // Plant Physiology and Biochemistry, – 2008. 46(3), – p. 275–291.
66. Andreev, N. Assessment of the status of wild populations of land snail (escargot) *Helix pomatia* L. in Moldova: the effect of exploitation // Biodiversity and Conservation, – 2006. 15 (9), – p. 2957-2970.
67. Arnott, H.J. Three Systems of Biomineralization in plants with Comments on the Associated Organic Matrix // Biological Mineralization and Demineralization, – 1982. V.23, – p.199-218.
68. Bais, A.F. Ozone depletion and climate change: impacts on UV radiation / A.F. Bais, R.L. McKenzie, G. Bernhard [et al.] // Photochemical and Photobiological Sciences, – 2017. V.14, I.1, – p.19–52.
69. Banaclocha, M.A.M., Bokkon, Í., Banaclocha, H.M. Long-term memory in brain magnetite // Medical Hypotheses, – 2010. V. 74, – p. 254-257.
70. Barber- Zucker, Sh., Keren- Khadmy, N., Zarivach, R. From invagination to navigation: The story of magnetosome-associated proteins in magnetotactic bacteria // Protein Science, – 2016. 25(2), – p. 338-351.
71. Barnes, P.W. Rapid modulation of ultraviolet shielding in plants is influenced by solar ultraviolet radiation and linked to alterations in flavonoids / P.W. Barnes, M.A. Tobler, K. Keefover-Ring [et al.] // Plant, Cell and Environment, – 2016. 39, – p. 222–230.
72. Bendayan, D., Barziv, Y., Kramer, M.R. Pulmonary calcifications: a review // Respiratory medicine, – 2000. 94, – p. 190-193.
73. Ben-Shimon, Sh., Stein D., Zarivach R. Current view of iron biomineralization in magnetotactic bacteria // Journal of Structural Biology: X, – 2021. 5, – p. 1-13.
74. Berger, R. Bissey, J.C., Kliava, J. Lineshapes in magnetic resonance spectra // Journal of Physics Condensed Matter, – 2000. 12(44), – p. 9347-9358.
75. Bergo, E. Role of visible light in the recovery of photosystem II structure and

- function from ultraviolet-B stress in higher plants / E.Bergo, A. Segalla, G.M. Giacometti [et al.] // *Journal of Experimental Botany*, – 2003. V. 54, I.388, – p.1665–1673.
76. Bever, M.M., Borgens, R.B. Eye regeneration in the mystery snail // *Journal of Experimental Zoology*, - 1988. 245 (1), - p. 33-42.
77. Bindschedler, S., Cailleau, G., Verrecchia, E. Role of Fungi in the Biomineralization of Calcite // *Minerals*, - 2016. 6(2). - p. 1-12.
78. Bortolotti, D. Letter to the Editor: Antimicrobial properties of mucus from the brown garden snail *Helix aspersa* / D.Bortolotti, C.Trapella, T. Bernardi [et al.] // *British Journal of Biomedical Science*, - 2016. 73 (1), p. 49-50.
79. Brechignac, F. Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems to improve protection of the environment against radiation: Agreed statements from a Consensus Symposium / F. Brechignac, D. Oughton, C. Mays [et al.] // *Journal of radiation research*, - 2016. V.158, - p. 21-29.
80. Brem, F. Magnetic iron compounds in the human brain: a comparison of tumour and hippocampal tissue / F.Brem, A.M.Hirt, M.Winklhofer [et al.] // *Journal of the Royal Society Interface*, – 2006. 3(11), – p.833-841.
81. Bujold K, Hauer-Jensen M, Donini O, Ramage A, Hartman D, Hendrickson HP, Stamatopoulos J, Naraghi H, Pouliot M, Ascah A, et al. Citrulline as a biomarker for gastrointestinal-acute radiation syndrome: species differences and experimental condition effects. *Radiation Research*. 186(1):71–78. 2016.
82. Burlakova, E.B., Naidich, V.I. Radiation safety as a research problem // *Herald of the Russian Academy of Sciences*, – 2006. 76, p. 591–594.
83. Caldwell, M.M. Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation, and interactions with other climate change factors / M.M. Caldwell, J.F. Bornman, C.L. Ballare [et al.] // *Photochemical and Photobiological Sciences*, – 2007. V.6, I.3, – p.252-266.
84. Cameron R.A.D. The effect of temperature on the activity of three species of Helicid snail (Mollusca: Gastropoda) // *Journal of Zoology*, – 1970. № 162, – p. 303-315.

85. Campodoni, E. Calcium-based biomineralization: a smart approach for the design of novel multifunctional hybrid materials / E.Campodoni, M. Montanari, C. Artusi [et al.] // *Journal of composites science*, - 2021. 5(10), -p.278.
86. Cannon, G., Kiang, J.G. A review of the impact on the ecosystem after ionizing irradiation wildlife population // *International Journal of radiation Biology*. – 2022. 98(6), - p.1054-1062.
87. Chacko, S.M. Beneficial effects of green tea: A literature review / S.M.Chacko, P.T. Thambi, R.Kuttan [et al.] // *Chinese Medicine*, – 2010. V.5, – p. 1-16.
88. Chambarelli, L.L. Temporal and preparation effects in the magnetic nanoparticles of *Apis mellifera* body parts / L.L. Chambarelli, M.A. Pinho, L.G. Abrac-ado [et al.] // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, – 2008. V.320, – p. e207- e210.
89. Chaussidon, M., Gounelle, M. Short-lived radioactive nuclides in meteorites and early solar system processes. // *Comptes Rendus Geoscience*, – 2007. V. 339, I. 14-15, – p. 872-884.
90. Chelik, O., Atak, C., Suludere, Z. Response of soybean plants to gamma radiation: biochemical analyses and expression patterns of trichome development // – *Plant Omics Journal*, – 2014. 7(5), – p.382–391.
91. Cherepanov, D.A. Electron transport through the acceptor side of photosystem I: Interaction with exogenous acceptors and molecular oxygen / D.A.Cherepanov, G.E.Milanovski, A.A.Petrova [et al.] // *Biochemistry*, - 2017. 82, - p. 1249-1268.
92. Clark, M.S. Molecular mechanisms of biomineralization in marine invertebrates // *Journal of Experimental Biology*, – 2020. 223, p. 1-15.
93. Cohen-Cymerknoh, M. Calcium carbonate mineralization is essential for biofilm formation and lung colonization / M.Cohen-Cymerknoh, D. Kolodkin-Gal, A. Keren-Paz [et al.] // *iScience*, – 2022. 25 (5), – p. 1-12.
94. Cuellar-Cruz, M. Biocrystals in plants: a short review on biomineralization processes and the role of phototropins into the uptake of calcium / M.Cuellar-Cruz, K.S. Perez, M.E.Mendoza [et al.] // *Crystals*, - 2020. 10(7), - p.591.
95. Daniel, N. How can EPR spectroscopy help to unravel molecular mechanisms of

- flavin-dependent photoreceptors? / N. Daniel, R. Rodriguez, S. Weber [et al.] // *Frontiers in Molecular Biosciences*, – 2015. 2(49), – p. 1-14.
96. Desouky, O., Ding, N., Zhou G. Targeted and non-targeted effects of ionizing radiation // – *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, – 2015. 8(2), – p. 247-254.
 97. Dibrov, E., Robinson, K.M., Lemire, B.D. The COQ5 gene encodes a yeast mitochondrial protein necessary for ubiquinone biosynthesis and the assembly of the respiratory chain // *The Journal of Biological Chemistry*, – 1997. 272(14), – p. 9175-9185.
 98. Dixit, A., Rohilla, A., Singh, V. A new perspective in therapeutics // *International Journal of pharmaceutical and chemical sciences*, – 2012. 1(4), – p. 1678-1683.
 99. Dresco, P.A. Preparation and Properties of Magnetite and Polymer Magnetite Nanoparticles / P.A. Dresco, V.S. Zaitsev, R.J. Gambino [et al.] // *Langmuir*, – 1999. 15(6), – p. 1945-1951.
 100. Drozdov, A.S., Nikitin, P.I., Rozenberg, J.M. Systematic Review of Cancer Targeting by Nanoparticles Revealed a Global Association between Accumulation in Tumors and Spleen // *International Journal of Molecular Sciences*, – 2021. V.22, – p. 1-25.
 101. Dufrene, Y.F. Imaging modes of atomic force microscopy for application in molecular and cell biology / Y.F. Dufrene, T. Ando, R. Garcia [et al.] // *Nature nanotechnology*, – 2017. V.12, – p. 295-307.
 102. Elshafie, H.S., Camele, I. An Overview of the Biological Effects of Some Mediterranean Essential Oils on Human Health // *Biomed research International*, – 2017. 2017, – p. 1-6.
 103. Elzenga, J.M., Pins, B.A. Light-induced Polar pH Changes in Leaves of *Elodea Canadensis* // *Plant Physiol*, – 1989. V.91, – p. 62-67.
 104. Ensikat, H., Weigend, M. Distribution of biominerals and mineral-organic composites in plant trichomes // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, – 2021. 9(2021), -p. 1-14.
 105. Ensikat, H.J., Mustafa, A., Weigend, M. Complex patterns of multiple

- biomineralization in single-celled plant trichomes of the Loasaceae // *American Journal of Botany*, – 2017. 104 (2), – p. 195-206.
106. Evans, J.R. Enhancing C3 photosynthesis // *Plant Physiology*, – 2010. 154(2), – p. 589-592.
107. Farzin, A. Magnetic Nanoparticles in Cancer Therapy and Diagnosis / A. Farzin, S.A. Etesami, J. Quint [et al.] // *Advanced Health Care Materials*, – 2020. 9(9), – p. 1-8.
108. Faseela, P., Puthu, J.T. Intraspecific variation in sensitivity of high yielding rice varieties towards UV-B radiation // *Physiology and Molecular Biology of Plants*, – 2019. 25(3), p. 727–740.
109. Fiette, L., Slaoui M. Necropsy and Sampling Procedures in Rodents // *Drug Safety Evaluation: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology*, – 2011. 691, – p. 39-56.
110. Firenzuoli, F. Essential Oils: New Perspectives in Human Health and Wellness / F. Firenzuoli, V. Jaitak, G. Horvath [et al.] // *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, – 2014. 2014, – p. 467363.
111. Fischer, E.R. Scanning Electron Microscopy / E.R. Fischer, B.T. Hansen, V. Nair [et al.] // *Current Protokols in Microbiology*, – 2012. № 2, – p. 1-25.
112. Fisher, H., Ferromagnetic resonance and magnetic characteristics of intact magnetosome chains in *Magnetospirillum gryphiswaldense* / H. Fisher, G. Mastrogiacomo, J.F.Loffler [et al.] // *Earth and Planetary Science Letters*, – 2008. 270(3-4), – p. 200-208.
113. Francis Harbitz, M.D. Extensive calcification of the lungs as a distinct disease // *JAMA Internal medicine*, – 1918. 21 (1), –p. 139-146.
114. Frederic, M., Nathalie L.R., Benjamin M. The formation and mineralization of mollusk shell // *Frontiers in Bioscience S4*, – 2012. Jan; 1, – p.1099-1125.
115. Gareev, K.G. Magnetotactic bacteria and magnetosomes: basic properties and applications / K.G. Gareev, D.S. Grouzdev, P.V. Kharitonskii [et al.] // *Magnetochemistry*, -2018. 7(6), - p.86.
116. Gilbert, P. Biomineralization: Integrating mechanism and evolutionary history /

- P.Gilbert, K.D.Bergmann, N. Boekelheide [et al.] // *Science Advances*, – 2022. 8(10), – p. 1-16.
117. Glauert, A.M., *Biological Specimen Preparation for Transmission Electron Microscopy* / A.M. Glauert, P.R. Lewis [et al.] // – New York: Princeton University Press, –1998, –348 p.
118. Goswami, P. Magnetotactic bacteria and magnetofossils: ecology, evolution and environmental implications / P. Goswami, K. He, J. Li [et al.] // *Biofilms and microbiomes*, - 2022. 8(1) – p.43.
119. Gubin, S.P. Magnetic nanoparticles: preparation, structure and properties / S.P. Gubin, Y.A. Koksharov, G.B. Khomutov [et al.] // *Russian Chemical Reviews*, – 2005. 74 (6), – p. 489-520.
120. Gudkov, S.V. Effect of ionizing radiation on physiological and molecular processes in plants / M. Grinberg, V.S. Sukhov, V.A. Vodeneev // *Journal of Environmental Radioactivity*, – 2019. №202, – p. 8-24.
121. Hassanpour, P. Biomedical applications of aluminum oxide nanoparticles / P. Hassanpour, Y. Panahi, A. Ebrahimi-Kalan [et al.] // *Micro & Nano Letters*, – 2018. 13(9), – p. 1227-1231.
122. He, H. Physiological and ecological significance of biomineralization in plants / H.He J.Kuo, H.Lambers [et al.] // *Trends in Plant Science*, – 2014. 19(3), – p. 166-174.
123. Hideg, E., Vass, I. UV-B induced free radical production in plants leave and isolated thoylakoid membrane // *Plant Science*, – 1996, V.2, – p. 251–260.
124. Hollosy, F. Effect of ultraviolet radiation on plant cells // *Micron*, – 2002. V.33, – p.179 –197.
125. Hong, M. Biomineralization of bone tissue: calcium phosphate-based inorganics in collagen fibrillar organic matrices / M.Hong, J.H. Lee, H.S.Jung [et al.] // *Biomaterials research*, - 2022. V.26, - p.42.
126. Hongru, L. UV-B irradiation differentially regulates terpene synthases and terpene content of peach / Liu Hongru, Cao Xiangmei, Liu Xiaohong [et al.], // *Plant, Cell and Environment*, – 2017. 40 (10), – p. 2261-2275.

127. Hopewell, T. Trichome biomineralization and soil chemistry in brassicaceae from Mediterranean ultramafic and calcareous soils / T. Hopewell, F. Selvi, H. Ensikat [et al.] // *Plants*, - 2021. 10(2), - p. 377.
128. Horner H.T., Kausch, A.P., Wagner B.L. Ascorbic Acid: A Precursor of Oxalate in Crystal Idioblasts of *Yucca torreyi* in Liquid Root Culture // *International Journal of Plant Sciences*, – 2000. 161(6), – p. 861-868.
129. Ishikawa, A. Functional shell matrix proteins tentatively identified by asymmetric snail shell morphology / A.Ishikawa, K.Shimizu, Y.Isowa [et al.] // *Scientific Reports*, – 2020. 10(9768), – p. 1-12.
130. Jajic, I., EPR spin labeling measurements of thylakoid membrane fluidity during barley leaf senescence / I.Jajic, A.Wisniewska-Becker, T.Sarna [et al.] // *Journal of Plant Physiology* – 2014. №171, – p. 1046–1053.
131. Janetta Nithia, S.M., Shanthi N. Effect of enhanced solar UV B (280–320 nm) radiation on secondary pigment synthesis in some plants // *International Journal of Environmental and Agriculture Research*, – 2017. 3(1), – p.111–115.
132. Jenkins, G.I. Photomorphogenic responses to ultraviolet-B light // *Plant, cell and environment*, – 2017. 40 (11), – p. 2544-2557.
133. Jess, S., Marks, R.J. Effect of temperature and photoperiod on growth and reproduction of *Helix aspersa* var. *maxima* // *The Journal of Agricultural Science*, – 1998. 130(3), – p. 367-372.
134. Jiang, T. Nanoparticles for tumor targeting / T. Jiang, K. Jin, X. Liu [et al.] // *Biopolymer-Based Composites. Drug Delivery and Biomedical Applications*, – 2017, – p. 221-267.
135. Jiang, Z. Versatile polymer-initiating biomineralization for tumor blockade therapy / Z. Jiang, Y. Liu, R. Shi [et al.] // *Advanced materials*, -2022. 34(19), - p.1-14.
136. Jing, Zhu. Effect of Ionizing Radiation on the Bacterial and Fungal Endophytes of the Halophytic Plant *Kalidium schrenkianum* / Sun Xiang, Zhang Zhi-Dong, Tang Qi-Yong [et al.] // *Microorganisms*, – 2021. 1050. – p. 1-18.
137. Julie, A.R. Effects of Ionizing Radiation on Biological Molecules—Mechanisms

- of Damage and Emerging Methods of Detection / A.R. Julie, N. Bansal, J. Qian, W. Zhao [et al.] // *Antioxidants & Redox Signaling*, – 2014. 21, 2, – p. 260-292.
138. Kataria, S., Jajoo, A., Guruprasad, K.N. Impact of increasing Ultraviolet-B (UV-B) radiation on photosynthetic processes // *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, – 2014. 137, – p. 55-66.
139. Kavetsky, T., Detection of superoxide dismutase with manganese and magnetic nanoparticles in *Juniperus Communis* based biomaterials by EPR spectroscopy / T. Kavetsky, R. Khalilov, A. Akbarzadeh [et al.] // *Advances in Biology and Earth Sciences*, – 2017. 3(3), – p.167-175.
140. Khalilov, R.I. Accumulation of Magnetic Nanoparticles in Plants Grown on Soils of Apsheron Peninsula / R.I. Khalilov, A.N. Nasibova, V.A. Serezhenkov [et al.] // *Biophysics*, – Moscow: – 2011. 56(2), – p.316-322.
141. Khalilov, R.I. Kadirov, F.A., Guliyev I.S., Nasibova, A.N. Study of effects of physical factors on physical-chemical properties characteristics of petroleum // *Koordinasion Birləşmələrin Kimyası: Analitik Kimyanın Aktual Problemləri, Beynəlxalq elmi konfransı*, – Baku- BDU: – 2017, – səh.210.
142. Khalilov, R.I. Physicochemical properties of oil (petroleum) samples containing nanoparticles. / R.I. Khalilov, I. Guliyev, F.Kadirov [et al.] // *Journal of Radiation Researches*, - 2018. V.5, i.2, - p.342-346.
143. Khalilov, R.I., Hangulov, S.V., Goldfield M.G. Photosynthesis membrane: ESR study photosynthetic primary reaction // *Biophysics of Membrane*, – 1981. – p. 67-87.
144. Khalilov, R.I., Nasibova, A.N., Youssef, N. The use of EPR signals of plants as bioindicative parameters in the study of environmental pollution // *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, - 2015. 7(1), - p.172-175.
145. Khalilov, R.I., Nasibova. A.N. Influence of radioecological factors on paramagnetic properties in fragments of photosystem // *News of Baku University*, – 2008. №2, p. 50-57.
146. Khomutov, G.B. Biomimetic nanosystems and novel komposite nanobiomaterials // *Biophysics*, – 2011. 56 (3), – p.843-857.

147. Khomutov, G.B. Potapenkov, K.V. Koksharov, Y.A. [et al.]. Magnetic nanoparticles in biomimetic and biological systems: generation of iron oxide magnetic nanoparticles in DNA complexes, isolated chloroplasts and high plants. // XII International Conference on Nanostructured Materials (Nano-2014), – Moscow: Russia, – 13-18 July, – 2016, – p. 1.
148. Kim, J.B. Differentially expressed genes in response to gamma-irradiation during the vegetative stage in *Arabidopsis thaliana* / J.B. Kim, S.H. Kim, B.K. Ha [et al.] // *Molecular Biology Report*, – 2014. 41(4), – p. 2229–2241.
149. Kim, N.D. Chemopreventive and adjuvant therapeutic potential of pomegranate (*Punica Granatum*) for human breast cancer / N.D. Kim, R. Mehta, W. Yu [et al.] // *Breast Cancer Research and Treatment*, – 2002. 71(3), – p. 203-217.
150. Kim, S. Intra-mitochondrial biomineralization for inducing apoptosis of cancer cells / S. Kim, L.Palanikumar, H.Choi [et al.] // *Chemical science*, - 2018. I.9, - p.1-10.
151. Kim, V.P. Planar nanosystems on the basis of complexes formed by amphiphilic polyamine, magnetite nanoparticles, and DNA molecules / V.P. Kim, A.V. Ermakov. E.G. Glukhovskoy [et al.] // *Nanotechnologies in Russia*, – 2014. 9(5), – p.280-287.
152. Kirschvink, J.L. The horizontal magnetic dance of the honeybee is compatible with a single-domain ferromagnetic magnetoreceptor // *BioSystems* – 1981. 14(2), – p.193–203.
153. Kirschvink, J.L., Kobayashi-Kirschvink, A., Woodford, B.J. Magnetite biomineralization in the human brain // *Proceedings of the National Academy of Sciences. USA Biophysics*, – 1992. V.89, – p. 7683-7687.
154. Knox, P.P. Hybrid complexes of photosynthetic reaction centers and quantum dots in various matrices: resistance to UV irradiation and heating / P.P. Knox, E.P. Lukashev, V.V. Gorokhov [et al.] // *Photosynthesis Research*, – 2019. 139(1-3), – p. 295-305.
155. Kohno, H. Pomegranate seed oil rich in conjugated linoleic acid suppresses chemically induced colon carcinogenesis in rats / H. Kohno, R. Suzuki, Y. Yasui

- [et al.] // *Cancer Science*, – 2004. 95(6), – p. 481-486.
156. Komeli, A. Molecular mechanisms of compartmentalization and biomineralization in magnetotactic bacteria, // *Microbiology reviews*, – 2012. **(36)**, p. 232-255.
157. Koubouris, G.C., Ultraviolet-B radiation or heat cause changes in photosynthesis, antioxidant enzyme activities and pollen performance in olive tree / G.C. Koubouris, N. Kavroulakis, I. T. Metzidakis [et al.] // *Photosynthetica*, – 2015. 53 (2), – p. 279-287.
158. Kovacs, C.S. The role of biomineralization in disorders of skeletal development and tooth formation / C.S. Kovacs, C. Chaussain, P. Osdoby [et al.] // *Nature Reviews Endocrinology*, – 2021. 17, – p. 336-349.
159. Kraegen, E. Development of muscle insulin resistance after liver insulin resistance in high-fat-fed rats / E. Kraegen, P. Clark, A. Jenkins [et al.] // *Diabetes*, – 1991. 40 (11), – p. 1397–1403.
160. Kramer, G.F. Influence of UV-B radiation polyamines, lipid peroxidation and membrane lipid in cucumber / G.F. Kramer, H.A. Norman, D.T. Krizek [et al.] // *Phytochemistry*, – 1991. V.7, – p. 2101–2112.
161. Kumar, M.J. *Strobilocercus fasciolaris* infection with hepatic sarcoma and gastroenteropathy in a Wistar colony / M.J. Kumar, P.L. Reddy, V. Aparna [et al.] // *Veterinary Parasitology*, – 2006. V.141, – p.362–367.
162. Kumar, S., Natalio, F., Elbaum, R. Protein-driven biomineralization: Comparing silica formation in grass silica cells to other biomineralization processes // *Journal of Structural Biology*, – 2021. 213 (1), – p. 1-12.
163. Lesin, V.Í., Koksharov, Y., Khomutov, G.B. Magnetic nanoparticles in petroleum // *Petroleum Chemistry*, – 2010. 50(2), – p. 102-105.
164. Lesin, V.I., Koksharov, Yu.A., Khomutov, G.B. Viscosity of liquid suspensions with fractal aggregates: magnetic nanoparticles in petroleum colloidal structures // *Colloids and surfaces A: Physicochemical and Engineering. Aspects*, – 2011. V. 392, – p. 88–94.
165. Levan, G., Fredga, K. Isozyme polymorphism in three species of land snails //

- Hereditas, – 1972. № 71, – p. 245-252.
166. Li, T., Hu Y., Zhang B. Biomineralization induced by *Colletotrichum acutatum*: a potential strategy for cultural relic bioprotection // *Frontiers in Microbiology*, - 2018. V.9, - p.1-14.
167. Li, X. Biosynthesis of Nanoparticles by Microorganisms and Their Applications / X. Li, H. Xu, Z.S. Chen [et al.] // *Journal of nanomaterials*, – 2011. 2011, – p.1-12.
168. Liang, X. Uranium phosphate biomineralization by fungi / X. Liang, S. Hillier, H. Pendlowski [et al.] // *Environmental microbiology*, – 2015. 17(6), – p. 2064-2075.
169. Liu Q. Regeneration of excised shell by the invasive apple snail *Pomacea canaliculata* / Q. Liu, L.L.Zhao, S.Yang [et al.] // *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, - 2017. 50 (1), - p. 17-29.
170. Lukashev, E.P. The Effects of ultraviolet irradiation on hybrid films of photosynthetic reaction centers and quantum dots in various organic matrices / E.P. Lukashev, I.P. Oleinikov, P.P. Knox [et al.] // *Biophysics*, – 2017. 62(5), – p. 722-727.
171. Machin, J. The permeability of the epithelium of terrestrial snails to water vapor // *The Biological Bulletin*, - 1968. 134 (1), - p. 87-95.
172. Majeran, W. Structural and metabolic transitions of C4 leaf development and differentiation defined by microscopy and quantitative proteomics in maize / W. Majeran, G. Friso, L. Ponnala [et al.] // *Plant Cell*, – 2010, 22(11), 3509-3542.
173. Mann, S., Sparks, N.H., Board R.G. Magnetotactic Bacteria: Microbiology, Biomineralization, Palaeomagnetism and Biotechnology // *Advances in Microbial Physiology* – 1990. № 31, – p. 125-181.
174. Manzari, M.T. Targeted drug delivery strategies for precision medicines / M.T. Manzari, Y. Shamay, H. Kiguchi [et al.] // *Nature Reviews Materials*, – 2021. 6, – p. 351-370.
175. McDermott, M. Advancing Discovery of Snail Mucins Function and Application / M. McDermott, A.R. Cerullo, J.Parziale [et al.] // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, – 2021. № 9, – p. 1-12.

176. Miura, S. The Effects of Radioactive Contamination on the Forestry Industry and Commercial Mushroom-Log Production in Fukushima // Agricultural Implications of the Fukushima Nuclear Accident, – 2016. -9162, – p. 145–160.
177. Mohanpuria, P., Rana, N.K., Yadav, S.K. Biosynthesis of nanoparticles: technological concepts and future applications // Journal of Nanoparticle Research, – 2008. 10(3), – p. 507–517.
178. Mustafa, A., Ensikat, H.J., Weigend, M. Ontogeny and the process of biomineralization in the trichomes of Loasaceae // American Journal of Botany, – 2017. 104 (3), – p. 367-378.
179. Muxworthy, A.R., McClland, E. Review of the low-temperature magnetic properties of magnetite from a rock magnetic perspective // Geophysical Journal International, – 2000. 140(1), – p. 101-114.
180. Naisbett-Jones, L.C. Magnetoreception in fishes: the effect of magnetic pulses on orientation of juvenile Pacific salmon / L.C. Naisbett-Jones, N.F. Putman, M.M. Scanlan [et al.] // The Journal of Experimental Biology, – 2020. 223 (10), – p. 1-6.
181. Nasibova, A.N. Influence of UV and GAMMA radiation on paramagnetic properties in fragments of photosystem 2 / A.N. Nasibova, İ.Y. Fridunbekov, N.N. Nabiyeu [et al.] // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Research., — 2016. 7(4), — p. 24-32.
182. Nasibova, A.N. Identification of the EPR signals of fig leaves (*Ficus carica* L.) / Aygun Nasibova, Rovshan Khalilov, Huseyn Abiyev [et al.] // Eurasian Chemical Communications, - 2021. V.3, - p.193-199.
183. Nasibova, A.N. Study of Endogenous Paramagnetic Centers in Biological Systems from Different Areas / A.N. Nasibova, R.I. Khalilov, H.A. Abiyev [et al.] // Concepts in Magnetic Resonance Part B, Magnetic Resonance Engineering, 2021. 2021, — p.1-5.
184. Nasibova, A.N. Study of some biophysical and biochemical parameters in stress – exposed laboratory rats (*Wistar albino*) / A.N. Nasibova, R.I. Khalilov, M.A. Bayramov [et al.] // Journal of Radiation Researches, 2021. 8(2), — p. 42-51.

185. Nasibova, A.N. The use of EPR signals of snails as bioindicative parameters in the study of environmental pollution // *Advances in Biology & Earth Sciences*, – 2019. 4(3), – p.196-205.
186. Nasibova, A.N., Achmedov, I.S., Khalilov, R.I. The effect of UV-B radiation on the thylakoid membranes of chloroplasts of higher plants // – Bulgaria. *Proceedings of the University of Rousse*, – 2009. – p. 171-177.
187. Nasibova, A.N., Khalilov R.I. Preliminary studies on generating metal nanoparticles in pomegranates (*Punica Granatum*) under stress // *International Journal of Development Research*, – 2016. 6(3), – p. 7071-7078.
188. Nasibova, A.N. Formation of magnetic properties in biological systems under stress factors // *Journal of Radiation Researches*, - 2020. 7(1), - p.5-10.
189. Newar, J., Ghatak, A. Studies on the Adhesive Property of Snail Adhesive Mucus / *Langmuir: the ACS journal of surfaces and colloids*, – 2015. 31(44), – p. 12155–12160.
190. Nudelman, F. In vitro models of collagen biomineralization / F. Nudelman, A.J.Lausch, N.A.Sommerdijk [et al.] // *Journal of Structural Biology*, – 2013. **183** (2), – p. 258-269.
191. Nudelman, H. Understanding the biomineralization role of magnetite-interacting components (MICs) from magnetotactic bacteria / H. Nudelman, Y.Z.Lee, Y.L. Hung [et al.] // *Frontiers in microbiology*, – 2018. 9, – p. 1-14.
192. Okland, J. Effects of acidic water on freshwater snails: results from a study of 1000 lakes throughout Norway // *Environmental pollution*, – 1992. 78(1-3), – p. 127-130.
193. Pankhurst Q.A. Progress in applications of magnetic nanoparticles in biomedicine / Q.A. Pankhurst, N.K.T. Thanh, J. Dobson [et al.] // *Journal of Physics D: Applied Physics.*, – 2009. 42 (22), – p. 224001, 1-5.
194. Parkinson, C. Diagnostic necropsy and selected tissue and sample collection in rats and mice / C.M. Parkinson, A. O'Brien, T. M. Albers [et al.] // *Journal of Visualized Experiment*, – 2011. 54, – p. 2-7.
195. Pawlikowski, M. Biomineralogical Phenomenon of Mineralization (Calcification)

- of Arteries // *International Journal of Cardiac and Pulmonary Rehabilitation*, – 2018. 2018 (01), – p. 1-8.
196. Peluso, I., Serafini M. Antioxidants from black and green tea: from dietary modulation of oxidative stress to pharmacological mechanisms // *British Journal of Pharmacology*, – 2017. 174(11), – p. 1195-1208.
197. Ponomar, V.P. Synthesis and magnetic properties of magnetite prepared by chemical reduction from hematite of various particle sizes // *Journal of Alloys and Compounds*, – 2018. V.741, – p. 28-34.
198. Quintana, C., Cowley, J.M., Marhic, C. Electron nanodiffraction and high resolution electron microscopy studies of the structure and composition of physiological and pathological ferritin // *Journal of Structural Biology*, – 2004. V.147, – p.166-178.
199. Raines, C.A. Increasing photosynthetic carbon assimilation in C3 plants to improve crop yield: Current and future strategies // *Plant Physiology*, – 2011. 155 (1), – p. 36–42.
200. Rietveld, A., Wiseman, S. Antioxidant Effects of Tea: Evidence from Human Clinical Trials // *The Journal of Nutrition*, – 2003. 133(10), – p. 3285S-3292S.
201. Shen, L. pH-responsive variation of biomineralization via collagen self-assembly and the simultaneous formation of apatite minerals / L.Shen, H. Bu, H. Yang [et al.] // *Journal of Applied Polymer Science*, – 2020. 137 (29), – p. 1-12.
202. Shtarkman, I.N. Effect of amino acids on X-ray-induced hydrogen peroxide and hydroxyl radical formation in water and 8-oxoguanine in DNA / I.N. Shtarkman, S.V. Gudkov, A.V. Chernikov, [et al.] // *Biochemistry*, – Moscow: – 2008. 73(4), – p. 470-478.
203. Simon, M.D. Diamagnetically stabilized magnet levitation // *American Journal of Physics*, – 2001. 69(6), – p. 702-714.
204. Singh, P. Biological Synthesis of Nanoparticles from Plants and Microorganisms / P. Singh, Y.J. Kim, D. Zhang [et al.] // *Trends in Biotechnology*, – 2016. 34(7), – p. 588-599.
205. Smith, J. T., Willey, N. J., Hancock, J. T. Low dose ionizing radiation produces

- too few reactive oxygen species to directly affect antioxidant concentrations in cells
// – Biology letters, – 2012. 8(4), – p. 594-597.
206. Song, K.E. Hormesis effects of gamma radiation on growth of quinoa (*Chenopodium quinoa*) / K.E. Song, S. Shim, S.H. Lee [et al.] // International Journal of Radiation Biology, – 2021. 97(7), – p. 906-915.
207. Song, X. Recent advances of shell matrix proteins and cellular orchestration in marine molluscan shell biomineralization / X.Song, Z. Liu, L.Wang [et al.] // Frontiers in Marine Science, - 2019. V.6, - p.1-12.
208. Stormer, F., Myserud, I., Slagsvold, T. Evolution and possible storage of information in a magnetite system of significance for brain development // Medical Hypotheses, – 2011. V. 76, – p. 901-904.
209. Stormer, F.C., Laane, C.M.M. Is magnetite involved in the formation of neurodegenerative diseases? // Medical Hypotheses, – 2009. V. 47, – p. 203-204.
210. Sueoka, N., A new function of green tea: prevention of lifestyle-related diseases / N., Sueoka, M. Suganuma, E. Sueoka [et al.] // Annals of the NY Academy of Sciences, – 2001. V.928, – 274-280.
211. Swartz, H. M. Advances in probes and methods for clinical EPR oximetry / H. M. Swartz, H.Hou, N.Khan [et al.] // Advances in Experimental Medicine and Biology, – 2014. №812, – p. 73–79.
212. Takahashi, T., Kokubo, R., Sakaino, M. Antimicrobial activities of eucalyptus leaf extracts and flavonoids from *Eucalyptus maculate* // Letters in applied microbiology, – 2004. 39(1), – p. 60-64.
213. Teruel - Andreu, C. *Ficus carica* Fruits, By-Products and Based Products as Potential Sources of Bioactive Compounds: A Review / C. Teruel - Andreu, L. Andreu-Coll, D. López-Lluch [et al.] // *Agronomy*, – 2021. 11(9), – p.1834-1839.
214. Thirumurugan, T., Kaur, K. Biological synthesis and characterization of gold nanoparticles from pomegranate // International Journal of Future Biotechnology, – 2013. 2(2), – p. 1-11.
215. Thomas, J. Contribution to understand the biomineralization of bones / J. Thomas, W. Hartmut, B. Kruppke [et al.] // Journal of Bone and Mineral

- Metabolism, – 2020. 38, – p. 456-468.
216. Tikhonov, A.N. Electron transport control in chloroplasts. Effects of photosynthetic control monitored by the intra thylakoid pH / A.N. Tikhonov, G.B., Khomutov, E.K. Rouge [et al.] // *Biochimica et Biophysica Acta*, – 1981. 637, – p. 321-333.
217. Tikhonov, A.N. Induction events and short-term regulation of electron transport in chloroplasts: an overview // *Photosynthesis Research*, – 2015. №125, – p. 65-94.
218. Tikhonov, A.N. pH-Dependent regulation of electron transport and ATP synthesis in chloroplasts // *Photosynthesis Research*, – 2013. №116, – p. 511-534.
219. Tikhonov, A.N. The cytochrome *b₆f* complex at the crossroad of photosynthetic electron transport pathways // *Plant Physiology and Biochemistry*, – 2014. №81, – p. 163-183.
220. Tikhonov, A.N., Subczynski W.K. Oxygenic photosynthesis: EPR study of photosynthetic electron transport and oxygen-exchange, an overview // *Cell Biochemistry and Biophysics*, – 2019. № 77, – p.47–59.
221. Tikhonov, A.N., Vershubskii A.V. Computer modeling of electron and proton transport in chloroplasts // *Biosystems*, – 2014. № 121, – p. 1-21.
222. Tizro, P., Choi C., Khanlou N. Sample Preparation for Transmission Electron Microscopy // *Biobanking*, – 2018. V.1897, p. 417-424.
223. Toi, M. Preliminary studies on the anti-angiogenic potential of pomegranate fractions in vitro and in vivo / M. Toi, H. Bando, C. Ramachandran [et al.] // *Angiogenesis*, – 2003. – 6(2), – p. 121-128.
224. Tombach, B., Reimer, P. Soluble paramagnetic chelates and stabilized colloidal particle solutions of iron oxides as contrast agents for magnetic resonance imaging // *Current medicinal chemistry*, – 2005. 12(23), – p. 2795-2804.
225. Trapella, C. Helix Complex snail mucus exhibits pro-survival, proliferative and pro-migration effects on mammalian fibroblasts / C. Trapella, R. Rizzo, S. Gallo [et al.] // *Scientific Reports*, – 2018. № 8, – p. 1-15.

226. Trembath-Reichert, E. Four hundred million years of silica biomineralization in land plants / E. Trembath-Reichert, J.P. Wilson, S.E. McGlynn [et al.] // PNAS, - 2015. 112(17), - p.5449-5454.
227. Trubitsin, B.V. EPR study of electron transport in the cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803. Oxygen-dependent interrelations between photosynthetic and respiratory electron transport chains / B.V.Trubitsin, V.V.Ptushenko, O.A.Koksharova [et al.] // Biochimica et Biophysica Acta, – 2005. №1708, – p. 238-249.
228. Trubitsin, B.V. EPR study of light-induced regulation of photosynthetic electron transport in photosystem I complexes / B.V. Trubitsin, M.D. Mamedov, L.A.Vitukhnovskaya [et al.] // *FEBS Letters*, – 2003. №544, – p.15-20.
229. Trubitsin, B.V. Short-term regulation and alternative pathways of photosynthetic electron transport in *Hibiscus rosa-sinensis* leaves / B.V. Trubitsin, A.V.Vershubskii, V.I.Priklonskii [et al.] // *Journal of Photochemistry and Photobiology B*, – 2015. №152, – p. 400- 415.
230. **Vecchio, M.G., Loganes, C., Minto, C.** Beneficial and Healthy Properties of Eucalyptus Plants: A Great Potential Use // *The Open Agriculture Journal*, – 2016. 10(1), – p. 52-57.
231. Velkova, L. Structure of hemocyanin from garden snail *Helix lucorum* / L. Velkova, I. Dimitrov, H. Schwarz [et al.] // *Comparative Biochemistry and Physiology*, – 2010. 157(1), – p. 16-25.
232. Vidavsky, N. Studying biomineralization pathways in a 3D culture model of breast cancer microcalcifications / N. Vidavsky, J.A.Kunitake, A.E.Chiou [et al.] // *Biomaterials*, - 2018. 179, -p.71-82.
233. Volkov, V.Y., Volkova, L.A., Bolshakova, O.K. Free radical kinetics in dry bacterial preparations vs residual moisture and temperature // *Magnetic Resonance in Medicine*, – 1995, №.6, p.309 -311.
234. Walz, F. The Verwey transition - a topical review // *Journal of Physics: Condensed Matter*, – 2002. 14(12), – p. 1-8.

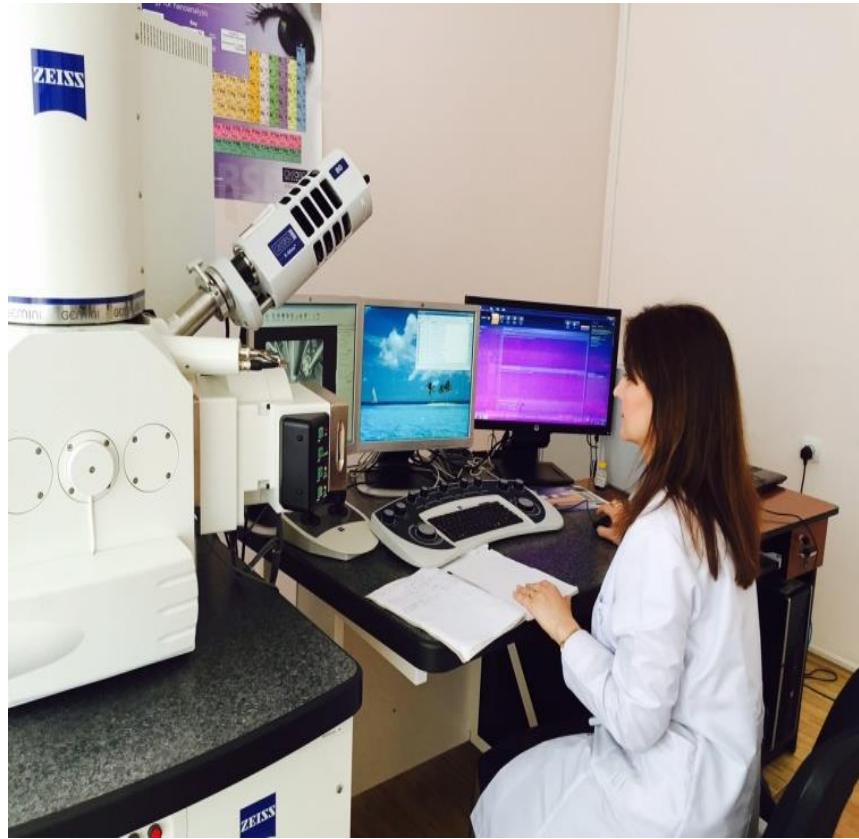
235. Wang, W. Biomineralization: an opportunity and challenge of nanoparticle drug delivery systems for cancer therapy / W. Wang, X. Liu, X. Zheng [et al.] // *Advanced health care materials*, - 2020. 9(22), - p.117.
236. Wiltchko, R., Wiltchko, W. The magnetite-based receptors in the beak of birds and their role in avian navigation // *Journal of Comparative physiology A.*, – 2013. 199(2), – p. 89–98.
237. Winau, F., Westphal, O., Winau, R. Paul Ehrlich - in search of the magic bullet // *Microbes and infection*, – 2004. 6(8). – p. 786-789.
238. Wojcik, G., Piskorz, J., Bulikowski W. Massive peritoneal cavity calcification in the course of advanced ovarian cancer: a case report // *Menopause review*, – 2015. 14(2), – p.149-151.
239. Yao, Sh. Biomineralization: From Material Tactics to Biological Strategy / Sh.Yao, B. Jin, Z. Liu [et al.] // *Advanced Materials*, – 2017. 29(14), – p. 1-16.
240. Yao, Y. Nanoparticle – based drug delivery in cancer therapy and its role in overcoming drug resistance / Y.Yao, Y.Zhou, L.Liu [et al.] // *Frontiers in Molecular Biosciences*, – 2020. V.7, – p. 1-14.
241. Yingjie, L. Redox control of magnetosome biomineralization // *Journal of Oceanology and Limnology*, – 2021. 39, – p. 2070 – 2081.

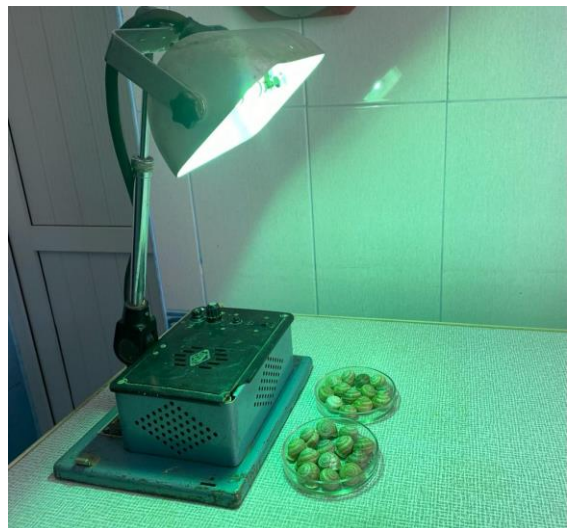
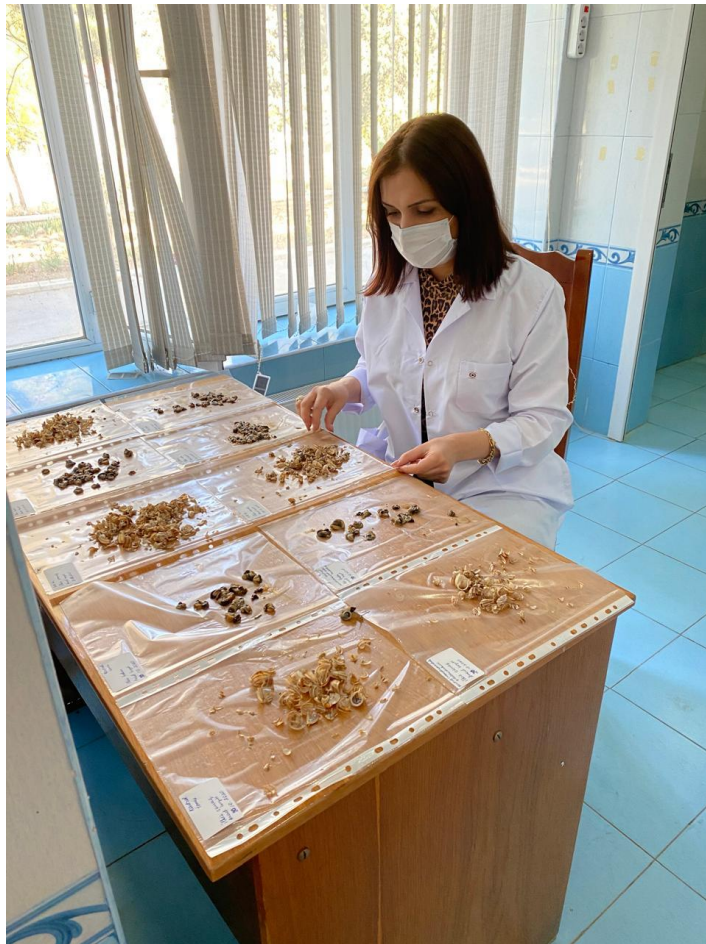
ƏLAVƏLƏR

Sahə və laboratoriya təcrübələrindən fotosəkillər









İXTİSARLARIN VƏ ŞƏRTİ İŞARƏLƏRİN SİYAHISI

ATF – adenzintrifosfat

Aİ – ağ işıq

AOF – antioksidant fəallıq

BAM – bioloji aktiv maddələr

BMN – bioloji maqnit nanohissəcikləri

DNT – dezoksiribonuklein turşusu

EDG – ekspozisiya dozasının gücü

ENZ – elektron nəqliyyat zənciri

EPR – elektron paramaqnit rezonansı

FAR – fotosintetik aktiv radiasiya

FQT – fosfoqliserin turşusu

FMR – ferrimaqnit rezonans

FS – fotosistem

H₂O₂ – hidrogen peroksidi

İŞ – ionlaşdırıcı şüalanma

İR – ionlaşdırıcı radiasiya

İYT – İfrat yüksək tezlik

KEM – Keçirici Elektron Mikroskopu

Qr – Qrey (udulma dozası), 1 Qr=1C/kq

MV – metilviologen

MN – maqnit nüfuzluğu

MTB – maqnetotaktik bakteriyalar

NADFH – nikotinamidadenindinukleotid fosfat

OFF – oksigenin fəal formaları

¹O₂ – sinqlet oksigen

O₂⁻ - superoksid anion radikal

PEQ – polietilenqlikol

RBF – ribulozabifosfat

RBFK – ribulozabifosfatkarboksilaza

SEM – Skanedici Elektron Mikroskopu

SOD – superoksiddismutaza

UB şüalanma – ultrabənövşəyi şüalanma

UB radiasiya – ultrabənövşəyi radiasiya

UB-B – UB-nin $\lambda=280-320$ nm diapazonu

YİQ – yüksək incə quruluş