

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## **RADİASIYA VƏ DUZ STRESLƏRİNİN TƏSİRİNƏ MƏRUZ QALMIŞ NOXUD VƏ QARĞIDALI BİTKİLƏRİNDƏ ANTIOKSIDANT MÜDAFİƏ SİSTEMİNİN TƏDQIQI**

İxtisas: 2418.01 – Radiobiologiya

Elm sahəsi: 24 - Biologiya elmləri

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş

### **DİSSERTASIYA**

İddiaçı: \_\_\_\_\_ **Mehriban Zəbulla qızı Vəlicanova**

Elmi rəhbər I: \_\_\_\_\_ biologiya elmləri doktoru, professor

**Elimxan Süleyman oğlu Cəfərov**

Elmi rəhbər II: \_\_\_\_\_ biologiya elmləri doktoru, dosent

**Həsən Qərib oğlu Babayev**

**BAKI- 2022**

# M Ü N D Ə R İ C A T

<b>GİRİŞ</b> .....	7
<b>I FƏSİL. ƏDƏBİYYAT İCMALI</b> .....	13
I.1. Duz stresinin bitkilərin inkişafına təsiri .....	13
I.2. Toxumların səpindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsinin bitkilərin inkişafına təsiri .....	19
I.3. Səpindən əvvəl toxumların qamma şüalarla işlənməsinin bitkilərin stress şəraitlərində inkişafına təsiri .....	30
<b>II FƏSİL. TƏCRÜBİ HİSSƏ</b> .....	42
2.1. Tədqiqat obyektı, tədqiqat metodları və cihazları .....	42
2.2. Təcrübələrin qoyuluşu .....	42
2.3. Bitki nümunələrində fotosintez piqmentlərinin (xlorofil <i>a</i> , xlorofil <i>b</i> , karotinoidlər) və antosianların miqdarının təyini .....	45
2.4. Yarpaq nümunələrində malondialdehidin miqdarının təyini .....	45
2.5. Bitki nümunələrində flavonoidlərin ümumi miqdarının təyini .....	46
2.6. Bitki nümunələrində həllolunan ümumi zülalın miqdarının təyini .....	46
2.7. Bitki nümunələrində prolinin miqdarının təyini .....	47
2.8. Yarpaq nümunələrində superoksiddismutaza (SOD) fermentinin aktivliyinin təyini .....	47
2.9. Yarpaq nümunələrində katalaza fermentinin aktivliyinin təyini .....	48
2.10. Yarpaq nümunələrində askorbatperoksidaza fermentinin aktivliyinin təyini .....	48
<b>FƏSİL III. ALINMIŞ NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN İZAHİ</b> .....	50
3.1. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi .....	50
3.1.1. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi .....	52
3.1.2. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş noxud ( <i>Cicer</i>	

<i>arietinum</i> L.) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi .....	54
3.1.3. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud ( <i>Cicer</i>	
<i>arietinum</i> L.) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi .....	56
3.1.4. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən	
qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi .....	58
3.1.5. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş qarğıdalı	
( <i>Zea mays</i> ) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi .....	60
3.1.6. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş qarğıdalı	
( <i>Zea mays</i> ) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi .....	61
3.2. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitki	
hüceyrələrində lipidlərin peroksidləşmə reaksiyalarının gedişinə təsirinin	
tədqiqi .....	63
3.2.1. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən	
noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) hüceyrələrində lipidlərin peroksidləşmə	
reaksiyalarının gedişinə təsirinin tədqiqi .....	64
3.2.2. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş noxud	
( <i>Cicer arietinum</i> L.) hüceyrələrində lipidlərin peroksidləşmə reaksiyalarının	
gedişinə təsirinin tədqiqi .....	65
3.2.3. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud	
( <i>Cicer arietinum</i> L.) hüceyrələrində lipidlərin peroksidləşmə reaksiyalarının	
gedişinə təsirinin tədqiqi .....	66
3.2.4. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən	
qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) hüceyrələrində lipidlərin peroksidləşmə reaksiyalarının	
gedişinə təsirinin tədqiqi .....	69
3.2.5. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş qarğıdalı	
( <i>Zea mays</i> ) hüceyrələrində lipidlərin peroksidləşmə reaksiyalarının gedişinə	
təsirinin tədqiqi .....	70
3.2.6. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş qarğıdalı	
( <i>Zea mays</i> ) hüceyrələrində lipidlərin peroksidləşmə reaksiyalarının	
gedişinə təsirinin tədqiqi .....	71

3.3. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	72
3.3.1. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	73
3.3.2. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	75
3.3.3. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	76
3.3.4. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	79
3.3.5. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	81
3.3.6. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	81
3.4. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi .....	86
3.4.1. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi .....	86
3.4.2. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi .....	88
3.4.3. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi .....	89
3.4.4. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin	

tədqiqi .....	91
3.4.5. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında ümumi zülalin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	92
3.4.6. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında ümumi zülalin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	93
3.5. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyətinə təsirinin tədqiqi .....	95
3.5.1. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin antioksidant müdafiə sisteminin kiçik molekullu antioksidantlarının miqdarına təsirinin tədqiqi .....	95
3.5.1.1. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında prolinin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	96
3.5.1.2. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında prolinin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	101
3.5.1.3. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	105
3.5.1.4. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	108
3.5.1.5. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında antosian və flavonoidlərin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	111
3.5.1.6. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında antosian və flavonoidlərin miqdarına təsirinin tədqiqi .....	114
3.5.1.7. Kiçik molekullu antioksidantların radiasiya və duz stresləri şəraitlərində əlaqəli fəaliyyətinin tədqiqi .....	118

3.5.2. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin antioksidant müdafiə sisteminin böyük molekullu antioksidantlarının (antioksidant fermentlərin) aktivliklərinə təsirinin tədqiqi .....	121
3.5.2.1. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında superoksiddismutaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi .....	123
3.5.2.2. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında katalaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi .....	128
3.5.2.3. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud ( <i>Cicer arietinum</i> L.) yarpaqlarında askorbatperoksidaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi .....	134
3.5.2.4. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında superoksiddismutaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi .....	139
3.5.2.5. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında katalaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi .....	143
3.5.2.6. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı ( <i>Zea mays</i> ) yarpaqlarında askorbatperoksidaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi .....	147
<b>YEKUN</b> .....	152
<b>NƏTİCƏLƏR</b> .....	160
<b>ƏDƏBİYYAT SİYAHISI</b> .....	162
<b>İXTİSARLARIN VƏ ŞƏRTİ İŞARƏLƏRİN SİYAHISI</b> .....	187

## GİRİŞ

**Problemin aktuallığı.** Bitkilər inkişaf prosesində onların böyüməsinə, inkişafına, məhsul verməsinə və məhsuldarlığına mənfi təsir göstərən duzluluq, quraqlıq, yüksək və alçaq temperatur, subasma, ağır metallar, UB və radioaktiv şüalanma və s. kimi ekoloji amillərlə üzləşirlər. Bütün bunlar isə, aydındır ki, sürətli insan artımının qida maddələrinə olan tələbatını və onların qida təminatını təhlükə altına alır. Əksər kənd təsərrüfatı bitkilərinin duz stresinə həssas olmasını [83, v.11, p. 163] nəzərə alsaq, yüksək duzluluğun ətraf mühitin ən “qəddar” abiotik amillərindən biri olması fikrini söyləmək mümkündür.

Məlumdur ki, torpaqda, adətən, müəyyən miqdarda həllolunmuş formada duzlar olur ki, bu da torpağın duzluluğunu müəyyən edir. Müəyyən edilmişdir ki, bu gün dünya üzrə ümumi torpaqların 6 % -i, suvarılan torpaqların isə üçdə bir hissəsi bu və ya digər dərəcədə şoranlaşmışdır [18, s.120]. Əkin sahələri arasında isə suvarılan torpaqların 20 %-i, quru ərazilərin isə 2 %-i birbaşa və dolayı yolla duzlaşmaya məruz qalmışdır [167, c.59, s.651]. Nəzərə alsaq ki, torpaqların şoranlaşması problemi iqlim dəyişmələri və əsasən də kənd təsərrüfatı işlərinin düzgün aparılmaması nəticəsində günbəgün daha da kəskinləşir, onda bu problemin ciddiliyi daha qabarıq şəkildə özünü biruzə verir. Hesab olunur ki, təxirəsalınmaz tədbirlər görülməsə, XXI əsrin ortalarında əkin sahələrinin təxminən 50 %-i şoranlaşacaqdır [148, c.444, s.139].

Qeyd edək ki, torpaqların şoranlaşması Respublikamız üçün də xarakterikdir. Belə ki, ərazi torpaqlarımızın ~522 min hektarı bu və ya digər dərəcədə şoranlaşmaya məruz qalmışdır [1, s.16]. Hesab olunur ki, yaxın gələcəkdə bu rəqəmin ~ 662 min hektara çatması (Respublika ərazisinin 46,6 %-ni təşkil etməsi) gözlənilir [2, s.510].

Torpaqların şoranlığının kənd təsərrüfatı bitkilərinin inkişafı və məhsuldarlığı üçün böyük təhlükə olmasını nəzərə alaraq, son illər şoranlıq stresinin neqativ təsirini azaltmağa yönəlmiş cəhdlər üstünlük təşkil edir. Duz stresinin bitkilərin boyatma və inkişafına mənfi təsirinin, qismən də olsa, azaldılmasına edilən cəhdlərin arasında qamma şüalanmadan istifadə olunmasına xüsusi önəm verilir. Bunun səbəbi, ilk növbədə, yüksək enerjili fotonlardan ibarət olan qamma şüaların sərbəst şəkildə canlı

toxumalara nüfuz etməklə, onlarla qarşılıqlı təsirdə ola bilən ionlaşdırıcı şüalanma olmasıdır. Müəyyən edilmişdir ki, yüksək şüalanma dozalarında bu qarşılıqlı təsir nəticəsində bitkilərin böyümə sürəti və reproduktivlik qabiliyyəti azalır, DNT –də zədələnmələr və morfoloji dəyişikliklər baş verir [138, c.135, s.358; 224, c.38, s.553]. Aşağı dozalarda isə, əksinə, qamma şüalanma fizioloji və biokimyəvi proseslərə stimullaşdırıcı təsir göstərməklə bitkilərin böyüməsini və inkişafını sürətləndirə bilir (“hormesis” hadisəsi) [75, c.511, s.181].

Bitkilərin duzadavamlılığının artırılmasına və yaxud da duz stresinin neqativ təsirinin azaldılmasına yönəlmiş tədbirlər, konkret olaraq, bu məqsədlə radioaktiv şüalanmadan istifadə edilməsi, aydındır ki, fizioloji, biokimyəvi proseslərə əsaslanan tədqiqatların aparılmasını tələb edir. Qeyd olunur ki, bu günə qədər fiziki mutagen kimi qamma şüalanmadan istifadə etməklə bir çox bitkilərin duzadavamlılığının artırılmasına, onun morfogenetik potensialının və fizioloji xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılmasına edilən cəhdlərin və aparılan tədqiqatların əksəriyyəti ciddi olmamışdır [111, c.6, s.190]. Həmçinin də duz artıqlığının bitki hüceyrələrində ciddi metabolik dəyişmələr yarada bilməsinə, belə şəraitdə bitki hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşməsinin sürətlənməsinə, oksigenin müxtəlif fəal formalarının yaranması ilə nəticələnən sərbəst radikal oksidləşmə proseslərinin aktivləşməsinə dair məlumatların olmasına baxmayaraq [196, c.11, s.85], bitkilərin yüksək duzluluq şəraitinə adaptasiya mexanizmlərinin öyrənilməsində və radiasiya amilinin bu prosesdə rolunun detallarının dəqiqləşdirilməsində də arzuolunan nəticələr əldə etmək hələ də mümkün olmamışdır. Əlavə olaraq, oksigenin fəal formalarının toplanmasının hüceyrənin stress amilin təsirinə ilkin reaksiyası hesab olunmasına baxmayaraq [198, c.1, s.1], onların yaranması, sərbəst radikal oksidləşmə proseslərinin sürətlənməsi, ferment aktivliklərinin dəyişməsi və s. kimi suallar da mübahisə doğuran suallardır.

Bu səbəbdən də toxumların səpindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsinin bitkilərin yüksək duzluluq şəraitinə adaptasiya olunmasında rolunun aydınlaşdırılması və belə halda adaptasiya mexanizmlərinin detallarının araşdırılması yüksək elmi əhəmiyyətlə yanaşı, həm də yüksək praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Tədqiqatın məqsədi bitkilərin yüksək duzluluq şəraitinə adaptasiya olunmasında toxumların səpindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsinin rolunun aydınlaşdırılması və adaptasiya mexanizmlərinin detallarının araşdırılması olmuşdur. Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı vəzifələr yerinə yetirilmişdir:

1. Radioaktiv şüalanmanın duz stresi şəraitində yetişən bitkilərin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi;
2. Radioaktiv şüalanmanın duz stresi şəraitində yetişən bitki hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının gedişinə təsirinin tədqiqi;
3. Radioaktiv şüalanmanın duz stresi şəraitində yetişən bitkilərin yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi;
4. Radioaktiv şüalanmanın duz stresi şəraitində yetişən bitkilərin yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi;
5. Radioaktiv şüalanmanın duz stresi şəraitində yetişən bitkilərdə prolin, antosianlar, flavonoidlər və karotinoidlər kimi kiçik molekullu antioksidantlarının miqdarına təsirinin tədqiqi;
6. Radioaktiv şüalanmanın duz stresi şəraitində yetişən bitkilərdə superoksid dismutaza, katalaza və askorbatperoksidaza kimi antioksidant fermentlərinin fəaliyyətinə təsirinin tədqiqi.

**Tədqiqatın elmi yeniliyi.** Tədqiqat işində ilk dəfə olaraq:

- radioaktiv şüalanmanın geniş doza oblastında duz stresi şəraitində yetişən noxud (*Cicer arietinum* L.) və qarğıdalı (*Zea mays*) bitkilərinin boyatma və inkişafına, bitki hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının gedişinə, bitki yarpaqlarında fotosintez prosesinin intensivliyinə, bitkilərin keyfiyyət göstəricilərinə və stress şəraitində onların antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyətinə təsiri tədqiq edilmişdir;

- müəyyən edilmişdir ki, ayrılıqda radioaktiv şüalanma böyük dozalarda, duz isə yüksək konsentrasiyalarda tədqiqat bitkilərinin boyatma və inkişafına inhibirləşdirici

təsir göstərdiyi halda, müəyyən dozalarda radioaktiv şüalanma hətta yüksək konsentrasiyalarda belə duzun neqativ təsirini zəiflədə bilər;

- aydın olmuşdur ki, toxumların səpindən əvvəl kiçik dozalarda qamma şüalarla işlənməsi prolin və karotinoidlər kimi kiçik molekullu antioksidantların sintezinin stimullaşmasına, antioksidant fermentlərin isə fəallaşmasına səbəb olur ki, bu da bitkilərin duz stresinin zərərli təsirindən mühafizə olunmasında müstəsna əhəmiyyət kəsb edir;

- bitkilərin antioksidant müdafiə sisteminin duz stressi şəraitində fəaliyyətində həm kiçik və böyük molekullu antioksidantlar arasında, həm də antioksidant fermentlərin öz aralarında uzlaşmış fəaliyyət göstərə bilməsinə dair təkzibolunmaz nəticələr əldə edilmişdir.

**Elmi və praktiki əhəmiyyəti.** Aldığımız nəticələr bitkilərin duz stressi şəraitinə adaptasiya olunma mexanizmlərinin öyrənilməsində istifadə oluna bilər. Antioksidant fermentlərin aktivliklərinin təyininə dair aldığımız nəticələrdən duz stressi də daxil olmaqla, bitkilərin stress amillərin təsirinə davamlılıq dərəcəsinin qiymətləndirilməsində istifadə edilə bilər.

Qarğıdalı və noxud toxumlarının qamma şüalarla işlənməsinə dair aldığımız nəticələrdən bu bitkilərin duz stressi şəraitində inkişafının stimullaşdırılması üçün istifadə edilə bilər. Duz stressi şəraitində antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyətinə dair aldığımız nəticələr isə antioksidantların biosintezi yoluna məqsədyönlü təsir etməklə, müxtəlif stress amillərin təsirinə davamlı bitki genotiplərinin alınması yolunda perspektivlər açır.

#### **Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar.**

Toxumların səpindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsi duz stressi şəraitində sərbəst radikal oksidləşmə və oksigenin fəal formalarının yaranma intensivliklərini azaldır. Bu səbəbdən də ionlaşdırıcı şüalanma duz stresinin neqativ təsirini müəyyən dərəcədə zəiflətməklə NaCl –un hətta yüksək konsentrasiyalarında belə noxud və qarğıdalı bitkilərinin duz stressi şəraitində normal inkişafını təmin edir.

Toxumların kiçik stimullaşdırıcı dozalarda şüalandırılması zəif duz stressi şəraitində yetişən noxud və qarğıdalı bitkilərinin hüceyrə membranlarında lipidlərin

peroksid oksidləşməsinin qarşısını müəyyən dərəcədə ala bildiyindən duz stresi membranlarda irimiqyaslı zədələnmələr yarada bilmir.

Duz stresinin təsiri zamanı stresə daha az davamlılıq göstərən noxud cücərtilərində sərbəst radikal oksidləşmə proseslərinin intensivliyi və oksigenin fəal formalarının generasiyası qarğıdalı ilə müqayisədə daha yüksək olur ki, bu da özünü antioksidant fermentlərin aktivliklərinin artmasında göstərir.

Duz stresi şəraitində oksigenin həm fəal formalarının miqdarının, həm də antioksidant fermentlərin aktivliklərinin dəyişməsi bitkinin duz stresinə davamlılıq dərəcəsi ilə müəyyən edilir.

Qarğıdalının, noxuddan fərqli olaraq, radiasiya və duz streslərinin təsirinə yüksək davamlılıq göstərə bilməsinin, başqa sözlə, stressdən mühafizə oluna bilməsinin səbəbi onun antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyət xüsusiyyətləri ilə yanaşı, həm də bu bitkinin daxili antioksidant müdafiə potensialından istifadə qabiliyyətləri ilə müəyyən edilir.

Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud və qarğıdalının duz stresi şəraitində boyatma və inkişafı bu bitkilərin antioksidant müdafiə sisteminin ayrı-ayrı elementlərinin balanslaşmış, əlaqəli və koordinasiya olunmuş fəaliyyəti hesabına mümkün olur.

Şoran torpaqlarda noxud və qarğıdalı yetişdirmək üçün toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənmə texnologiyasından istifadə etmək arzuolunan nəticələrə səbəb ola bilər.

**Dissertasiya işinin aprobasiyası.** Dissertasiya işinin nəticələri aşağıdakı elmi konfranslarda müzakirə edilmişdir:

1. XXXIII Межд. Конф. «Актуальные проблемы в современной науке и пути их решения». Москва, 2016, №2, ч.2, с.12-15;
2. XVIII Межд. Конф. «Актуальные проблемы науки XXI века», Москва, 2017, с. 5-9;
3. Межд. Конф. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017». Севастополь, 2017. с. 377-380;
4. Межд. научный форум «Ядерная наука и технологии», посвященный 60-летию Института Ядерной Физики. Алматы, 2017, с. 289;

5. Межд. Научно-практическая конф. «Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы». 2018, Обнинск, с. 65-68;
6. Seventh International Conference on Radiation in Various Fields of Research (RAD 2019). Herceg Novi, Montenegro, June 10 – 14. 2019, p. 369;
7. Международная конференция «Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве». 24 - 27 июня 2019 года Алматы, Республика Казахстан, стр. 227-228;
8. Международная научно - практическая конф. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019», 23 – 26 сентября 2019 года, г. Севастополь, стр. 370-373;
9. VIII съезд по радиационным исследованиям. Москва. 2021, 12-15 октября, с.89;
10. 10<sup>th</sup> Jubilee In. Conf. on Radiation in Various Fields of Research (RAD 2022). Herceg Novi, Montenegro, July 25 – 29. 2022, p. 100.

**Nəşrlər.** Dissertasiya materialları əsasında 20 elmi əsər (dövri jurnallarda – 10 məqalə, konfrans materiallarında - 5 məqalə, konfrans materiallarında - 5 tezis) çap edilmişdir ki, bunların da ikisi *Web of science*, biri Rusiya AAK –nın, biri isə Ukraina AAK –nın bazasına daxildir.

**Dissertasiyanın strukturu və həcmi.** 187 səhifədən ibarət dissertasiya işi “Giriş” -dən (10646 işarə), “Ədəbiyyat içməli”- dan(58614 işarə), “Təcrübi hissə”-dən (10936 işarə), “Alınmış nəticələr və onların izahı”-dan (129460 işarə), “Yekun”-dan (14981 işarə), “Nəticələr”-dən (2083 işarə) və “Ədəbiyyat siyahısı”-dan ibarət olmaqla, 2 cədvələ, 71 şəkilə malikdir. Ədəbiyyat siyahısı 232 sayda ədəbiyyatdan ibarətdir ki, bunların da təqribən 50 %-i son illəri əhatə edir.

*Tədqiqat işi AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun tematik planına uyğun həyata keçirilmişdir.*

## Ə D Ə B İ Y Y A T İ C M A L I

### **I.1. Duz stresinin bitkilərin inkişafına təsiri**

Torpaqda duzluluğun yüksək olması bitkilərin böyüməsini və məhsuldarlığını məhdudlaşdıran əsas ekoloji amillərdən hesab olunur. Belə ki, yüksək duzluluğun yaratdığı ion və osmotik amillər fotosintezin sürətini və bitkilərin böyüməsini ləngidən oksidləşdirici stressə səbəb olur. Nəticədə, bəzi halofitləri çıxmaq şərti ilə, həm də əksər kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığı azalır [109, s.169; 110, s.26; 156, c.250, s.3; 228, c.58, s.121].

Aydındır ki, bitkilərin kökətrafi ərazilərində yüksək konsentrasiyada duzun olması, ilk növbədə, su udulmasını azaldan osmotik effektdə səbəb olmalı, nəticədə su balansını pozulmalı, hüceyrədaxili suyun miqdarı azalmalı, hüceyrənin uzanması və bölünməsi ləngiməlidir. Duz artıqlığı həm də hüceyrə ağızçıqlarının bağlanması, yarpaqların sahəsinin azalmasına, fotosintezin və böyümənin ləngiməsinə səbəb olmalıdır [92, s.113; 110, s.26; 190, c.160, s.265].

Duzluluğun təsir edən bildiyi və bitkinin boyatma və inkişafı ilə sıx əlaqədə olan həyati vacib fizioloji proseslərdən biri də, məlum olduğu kimi, fotosintezdir. Fotosintez qaz mübadiləsi proseslərindən, fotosintetik pigmentlərdən, fotosistemlərdən, elektron nəqli sisteminin komponentlərindən və karbon metabolizminə daxil olan müxtəlif fermentlərin aktivliklərindən asılı olan mürəkkəb bir prosesdir. Bu səbəbdən də bu komponentlərdən hansısa birinin “zədələnməsi” fotosintezə neqativ təsir edir [63, c.5, s.163].

Hesab olunur ki, duzluluq şəraitində fotosintezin sürətinin azalması, ilk növbədə, hüceyrə ağızçıqlarının bağlanması səbəb olan osmotik stressə əlaqədardır, ikinci növbədə buna səbəb xloroplastların tilakoid membranlarını zədələyə bilən  $\text{Na}^+$  və  $\text{Cl}^-$  ionlarının yüksək miqdarda toplanmasıdır [109, s.169; 110, s.26; 156, c.250, s.3].

Duz stresinin bitkilərdə hiperosmotik stress yaratmasının səbəbi isə aşağıdakı kimi izah olunur. Duzun qida mühitinə daxil olması kök zonası ətrafında həllolunan maddələrin konsentrasiyasının artmasına və torpağın su potensialının azalmasına səbəb olur ki, nəticədə bitkilərin su uda bilməsi çətinləşir və onlar osmotik stressdən “əziyyət” çəkirlər [187, c.6, s.265].

Məlum olduğu kimi, bitkilərin həyatının ilkin və vacib mərhələsi toxumların cücərmə prosesidir ki, şitillərin yetişməsi, bitkilərin boyatmasının və inkişafının sürətlənməsi, həmçinin də onların məhsuldarlığının artması əhəmiyyətli dərəcədə bu prosesdən asılı olur. Bitkilərin yetişdiyi mühitdə duzların yol verilən həddən artıq olması osmotik və ion stressi səbəbindən cücərtilərin inkişafına və böyüməsinə mane olur [108, s.2; 109, s.169; 110, s.26; 170, c.42, s.203].

Tədqiqat işlərinin birində göstərilir ki, yüksək duzluluq şəraiti toxumların şişməsi, metabolizmin aktivləşməsi, rüşeym toxumalarının əmələ gəlməsi, cücərtilərin böyüməsinin sürətlənməsi kimi vacib inkişaf proseslərinə də mənfi təsir etməklə toxumların cücərməsinə mane olur [219, s.321].

Duzluluq şəraitində toxumların zəif hidrolizi və qida ehtiyatının məhdud köçürülməsi həm də amilazanın (nişastanı oliqosaxaridlərə parçalayan və toxumların cücərməsi üçün çox vacib olan ferment) aktivliyini inhibirləşdirir [115, c.21, s.1].

Rajakumar [186, c.3, s.20] müəyyən etmişdir ki, duz stresinin şiddətlənməsi (NaCl –un konsentrasiyasının 0 – 300 mM intervalında artması) cücərmə faizini azaldır və bu proses böyük miqdarda prolin toplanması, nişasta və zülalın miqdarının isə azalması ilə müşayiət edilir. Tədqiqatın nəticələrindən aydın olur ki, 100 və 200 mM konsentrasiyalı NaCl  $\alpha$ -amilazanın aktivliyinin azalması hesabına cücərməni 3 – 6 gün ləngidir, cücərmə faizini isə 61 %-ə qədər azalda bilir [199, c.43, s.1659].

Duz konsentrasiyasının artması ilə cücərmə faizinin və orta cücərmə müddətinin azalması düynünün 6 müxtəlif genotipində də müşahidə edilmişdir [44, c.5, s.250].

Toxumların cücərməsinə maneçilik törədən və bu prosesi ləngidən amillər sırasına su balansının pozulması nəticəsində hüceyrə membranlarının, xloroplastların və mitoxondrilərin bioloji strukturunun dağılması da daxil edilir [79, c.103, s.551;185, s.139].

Qeyd olunur ki, bitkilərin duzluluq səbəbindən zədələnməsi toxumların cücərməsindən başlayır və bitkinin məhvinə qədər davam edir [175, c.154, s.674].

Qeyd edək ki, torpaqda  $\text{Na}^+$  ionları adətən çoxluq təşkil etdiyindən duzluluq problemi əsasən bu ionun mövcudluğu ilə əlaqədar olur. Tədqiqat işlərinin əksəriyyəti də bu səbəbdən  $\text{Na}^+$  ionlarının nəqli mexanizminin və bu ionların bitki hüceyrələrinə təsirinin öyrənilməsinə həsr edilmişdir [185, s.139].

Bu gün formalaşmış fikrə əsasən bitkilərin kök sisteminin ətrafında  $\text{NaCl}$  duzunun yığılması  $\text{Na}^+$  və  $\text{Cl}^-$  ionlarının toksikliyini yaradır ki, bu da ion homeostazını pozmaqla bitki hüceyrələrində qidalanma rejimini dəyişir [173, c.60, s.324].

$\text{Na}^+$  ionları hüceyrələri birbaşa zədələməklə yanaşı, həm də onların bitkilərin kök zonasında çox miqdarda olması ionların antaqonizmi səbəbindən  $\text{K}^+$  ionlarının köklər vasitəsilə mənimsənilməsinə mane olur [229, c.25, s.131].  $\text{K}^+$  ionları isə membran potensialının, fermentlərin aktivliklərinin, turqor hüceyrələrinin saxlanmasında həyati vacib rol oynadığından hüceyrə daxilində bu ionlarının azlığı bitkilərin boyatma və inkişafının ləngiməsi ilə nəticələnir [84, c.6, s.1].

Sitoplazmada çox miqdarda  $\text{Na}^+$  ionlarının toplanması zülal sintezi, ferment aktivliyi kimi hüceyrə metabolizmini də pozur [114, s.5].

Duz stresi şəraitində  $\text{Na}^+$  və  $\text{K}^+$  ionlarının homeostazının saxlanması çox vacibdir. Lakin  $\text{NaCl}$  stresi halında  $\text{Na}^+$  və  $\text{Cl}^-$  ionlarının artıq miqdarda toplanması,  $\text{K}^+$  və  $\text{Ca}^{2+}$  ionları ehtiyatının isə tükənməsi hesabına ion disbalansının yaranması yüksək  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  nisbəti yaradır [64, s.76; 183, c.22, s.291; 184, c.7, s.1; 209, c.50, s.11].

$\text{Na}^+$  ionlarının yüksək miqdarda bitkilərə daxil olması və onlarda toplanması bir çox fermentlər üçün də arzuolunan deyil. Buna səbəb kimi  $\text{Na}^+$  ionlarının vacib fermentlərdə  $\text{K}^+$  ionlarının birləşmə saytında onlarla rəqabətə girə bilməsi göstərilir [220, s.194]. Əlavə olaraq,  $\text{Na}^+$  ionlarının axını yetkin yarpaqlarda xloroz və nekroz yaratmaqla yanaşı, həm də zülal sintezinin və fermentlərin aktivliklərinin pozulması hesabına yarpaqların vaxtından əvvəl qocalmasına səbəb olur [47, s.2].

Hesab olunur ki, yüksək duzluluq cücərtilər səviyyəsində bitkilərin böyüməsinə osmotik və ion stresləri hesabına təsir edir. Belə ki, osmotik və ion stresləri

oksidləşdirici stress yaradır, fotosintezin sürətini azaldır və nəticədə bitkilərin boyatma və inkişafı ləngiyir. Bu fikri Mişra və s. tədqiqat işlərinin nəticələri də təstiqlənir [156, c.250, s.3]. Duz stresinin fəsadlarından birinin də belə şəraitlərdə yüksək sürətlə yaranan oksigenin fəal formalarının olması Gill və Tuteja tərəfindən də irəli sürülmüşdür [100, c.51, s.26; 101, c.48, s.909].

Oksigenin fəal formalarının yaranması aşağıdakı kimi izah olunur. Hesab olunur ki, yüksək duzluluğun bitkilərə təsiri hüceyrə aşırıqlarının bağlanmasına səbəb olur və bunun da nəticəsində CO<sub>2</sub> –nin qəbulu və yarpaq toxumalarında onların fiksasiyası zəifləyir. Yüksək duzluluq şəraitlərində həmçinin də CO<sub>2</sub> –nin Kalvin tsikli hesabına bərpa olunması ləng həyata keçir, nəticədə xloroplastların məruz qaldığı yüksək həyəcanlanma enerjisi halı yaranır və elektronların nəqli sistemində pozulmalar baş verir. Bu proseslərin məntiqi sonluğu kimi oksidləşdirici stressə səbəb olan oksigenin çoxlu sayda superoksid (O<sub>2</sub><sup>\*-</sup>), sinqlet oksigen (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>), hidroksil radikal (OH<sup>\*</sup>) və hidrogen peroksidi (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) kimi fəal formaları yaranır [51, c.56].

Yüksək duzluluq həm də su defisiti yaradır ki, bu da əlavə oksigenin fəal formalarının yaranmasına səbəb olur [74, c.65, s.1241].

Qeyd edək ki, bitki hüceyrələrində oksigenin fəal formaları aerob metabolizm nəticəsində fasiləsiz olaraq bütün hüceyrədaxili orqanellərdə, əsasən də xloroplastlarda, mitoxondrilərdə, peroksisomlarda yaranır [109, s.169; 110, s.26]. Sadəcə olaraq, stress şəraitlərində onların yaranması intensivləşir və hüceyrələr oksidləşdirici stressə məruz qalır. Məsələn, xloroplastlarda CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> nisbətinin azalması fototənəffüs prosesinin sürətlənməsi hesabına H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> –nin sintezinə stimullaşdırıcı təsir göstərir [112, c.23, s.853]. Oksigenin bu fəal forması isə təbiəti etibarlı ilə yüksək reaksiya qabiliyyətlidir. O, lipidlərin peroksid oksidləşməsinə, zülalların, nuklein turşularının və DNT -nin oksidləşməsinə yaratmaqla, bitkilərin normal metabolizminə maneçilik törədir [211, s.270].

Məlum olduğu kimi, bitkilər özlərinin metabolizmini oksigenin fəal formalarının zərərli təsirindən qoruyan unikal sistemə - antioksidant müdafiə sistemə malikdirlər. Bu sistem katalaza (KAT), superoksid dismutaza (SOD), askorbatperoksidaza (APX), monodehidroaskorbat reduktaza (MDHAR), dehidroaskorbat reduktaza (DHAR),

peroksidaza (POD), qlutation-S-transferaza (GST) və qlutationreduktaza (GR) kimi ferment təbiətli antioksidantlardan və qlutation (GSH), askorbat (AsA), tokoferol, prolin, karotinoidlər kimi ferment olmayan antioksidantlardan təşkil olunub [181, c.2, s.340; 210, c.8, s.1]. Hesab olunur ki, antioksidant sistemin, hüceyrələri oksidləşdirici stressdən mühafizə edən bu komponentləri, müəyyən mənada uzlaşmış fəaliyyət göstərirlər [177, s.261].

Tədqiqat işlərinin birində qarğıdalının duzadavamlılığı ilə fərqlənən 2 hibridi üçün yüksək konsentrasiyalarda NaCl duzunun və kadmiumun SOD, KAT, POD, APX, GR kimi fermentlərin antioksidant aktivliklərinə və lipidlərin peroksidləşmə reaksiyasının məhsulu olan malondialdehidinin (MDA) miqdarına təsiri qiymətləndirilmişdir [45, c.45, s.177]. MDA-nın miqdarının artmasına əsasən müəlliflər NaCl –un və Cd -un yüksək konsentrasiyalarda oksidləşdirici stress yaratması fikrini söyləmişlər. Alınmış nəticələrdən aydın olmuşdur ki, NaCl stressi hər iki hibrid üçün POD, SOD, KAT, APX və GR fermentlərinin aktivliklərini artırdığı halda, kadmium stressi şəraitində yalnız POD, SOD və APX fermentləri yüksək aktivlik nümayiş etdirir. Həmçinin də müəyyən edilmişdir ki, hər iki stressin birgə təsiri şəraitində tədqiq olunan fermentlərin aktivlikləri stressorların ayrılıqda təsiri şəraitlərindəki aktivlikləri ilə müqayisədə daha yüksək olur [45, c.45, s.177].

Mehmud və s.-in [153, c.16, s.4299] işində duz stressinin raps bitkisinə (*Brassica napus* L. - kələmçiçəyikimilər fəsiləsinin kələm cinsinə aid bitki) təsiri öyrənilmişdir. Bu təsir qeyri-üzvi qida maddələri, MDA və prolin tərkibi, həm də antioksidant ferment aktivliyi parametrlərinə əsasən qiymətləndirilmişdir. Tədqiqatlar bitkinin dörd növü üzərində və 2 müxtəlif şəraitdə (0 mmol/l NaCl, 120 mmol/l NaCl) aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, duz stressi şəraitində bütün növ bitki yarpaqlarında həm prolinin miqdarı, həm də SOD, POD və KAT kimi antioksidant fermentlərin aktivlikləri əhəmiyyətli dərəcədə artır.

Hind küncütünün (*Sesamum indicum*) *Orxangazi* və *Cumhuriyyət* kimi iki fərqli sortlarının duz konsentrasiyasının artmasına reaksiyası Koca və s. [134, c.60, s.344] tərəfindən öyrənilmişdir. Antioksidant fermentlərin aktivliklərinin müxtəlif sortların nəzarət nümunələrində təxminən eyni olması, təcrübə nümunələrində isə sortdan

asılılığın olması müəyyən edilmişdir. Sortlardan biri (*Cumhuriyyət* sortu) duz stresinə yüksək tolerantlıq nümayiş etdirmişdir və həmin sortda antioksidant fermentlərin aktivlikləri, inkişaf parametrləri, prolinin toplanması da yüksək olmuşdur.

Duz stresinin qarğıdalı bitkisinin (*Zea mays* L.) boyatma və inkişafına, həmçinin də bu bitkinin məhsulvermə qabiliyyətinə təsirinin araşdırılması qida təminatı və təhlükəsizliyi baxımından çox vacibdir. İki müxtəlif qarğıdalı sortunun (*Pioneer X8F932* və *DK-C61-42*) tədqiqinə həsr olunmuş işlərdən birində [191, c.48, s.1361] müəyyən edilmişdir ki, nisbətən yüksək (100 mM və ondan böyük) konsentrasiyalarda duz stresi qarğıdalının hər iki sortunda köklərin və tumurcuqların böyüməsini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, duz stresi dozadan asılı olaraq cücərtilərin yaş kütləsinin azalmasına səbəb olur və *DK-C61-42* sortu *Pioneer X8F932* sortu ilə müqayisədə duz stresinə daha yüksək tolerantlıq nümayiş etdirir. Həmçinin də müəyyən edilmişdir ki, həllolunan zülalın ümumi miqdarı hər iki sortda duz stresinin şiddətlənməsinə mütənasib olaraq artır və 150 mM konsentrasiya halında maksimum olur. İşdə duz stresi şəraitində POD və KAT fermentlərinin fəaliyyətinə də müəyyən aydınlıq gətirilmişdir. Aydın olmuşdur ki, POD fermenti *DK-C61-42* sortunda 125 mM duz konsentrasiyasında ən yüksək aktivlik nümayiş etdirdiyi halda, *Pioneer X8F932* sortunda bu fermentin aktivliyi 50 mM konsentrasiya halında ən yüksək olur. KAT fermenti duz stresi şəraitində fərqli aktivlik nümayiş etdirmişdir. Belə ki, *DK-C61-42* sortunda duz stresi bu fermentin aktivliyini azaltmış, *Pioneer X8F932* sortunda isə yüksək duzluluq halında bu fermentin aktivliyində artım müşahidə edilmişdir [191, c.48, s.1361].

Duz stresinin düyünün *Giza 178* və *Giza 177* sortlarında SOD, KAT və POD fermentlərinin aktivliklərini artırması [46, c.103, s.275], duzadavamlı düyü sortunun isə yüksək peroksidaza və nisbətən kiçik SOD aktivliyi nümayiş etdirməsi [98, c.18, s.301] müəyyən edilmişdir.

Tədqiqat işlərinin təhlilinə yekun vuraraq, hesab etmək olar ki, yüksək duzluluq şəraiti bitkilərdə neqativ morfoloji, fizioloji və biokimyəvi dəyişmələr yaratmaqla yanaşı, həm də məhsuldarlığın aşağı düşməsinə və bəzi hallarda hətta bitkinin məhvinə də səbəb ola bilər.

Burada belə bir faktı da qeyd etmək yerinə düşərdi. Belə ki, seleksiya və gen mühəndisliyi yolu ilə duza tolerant bitki sortlarının yaradılması ilə yanaşı, duzluluq şəraitində oksigenin fəal formalarının və metilqlioksalın detoksikasiyası, qida maddələrinin homeostazının saxlanması və duzun udulma intensivliyinin azaldılması və s. prosesləri əhatə edən duzadavamlılıq mexanizmlərinin öyrənilməsi də xüsusi əhəmiyyət kəsb edir [183, c.22, s.291; 184, c.7, s.1]. Bu deyilənləri nəzərə alaraq, hesab olunur ki, ekzogen fitoprotektorlardan istifadə osmotik tənzimləmə, oksigenin fəal formalarının detoksikasiyası və ion homeostazının saxlanması baxımından bitkilərin duz stresinə tolerantlığını artırmağın əsas yollarından biridir [183, c.22, s.291; 184, c.7, s.1]. Bununla yanaşı, şoranlığın toxumların cücərməsinə göstərdiyi mənfi təsir bitkinin növündən və mühitin duzluluq səviyyəsi və s. kimi digər amillərdən asılı olaraq dəyişə bilər [109, s.169; 110, s.26; 115, c.21, s.1].

## **I.2. Toxumların səpindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsinin bitkilərin inkişafına təsiri**

Son illərin tədqiqatları göstərir ki, ionlaşdırıcı şüalanmanın yüksək sürətli elektronlar və  $\gamma$ -şüalar kimi növləri DNT və RNT molekullarını denaturasiya edir, genetik materialı zədələyir və son nəticədə hüceyrənin bütövlüyünə və bitki matabolizminə təsir edir [20, s.8]. Buna baxmayaraq, ionlaşdırıcı şüalanmanın tətbiq sahələri kifayət qədər genişdir və bu şüalanma növü həm də kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığını və keyfiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırmaq üçün istifadə potensialına malikdir [230, c.3, s.95]. Bunun səbəbi  $\gamma$ -şüalanmanın yüksək nüfuzetmə qabiliyyətinə malik olması ilə yanaşı, həm də onların yüksək enerji daşıyıcıları olmasıdır (bu şüaların enerjisi 10 keV -dan bir neçə yüz kiloelektron volta qədərdir) [137, c.33, s.199].

Qeyd edək ki, qamma şüalanmanın müxtəlif növ bitkilərə təsirinin yaratdığı fizioloji effektlərinə həsr olunmuş çoxlu sayda tədqiqat işləri vardır [130, c.19, s.58; 225, c.48, s.195]. Məsələn, müəyyən edilmişdir ki, yüksək intensivlikli qamma şüalar bitkilərin bioloji və fizioloji xüsusiyyətlərini dəyişə bilər [131, c.2, s.135], xloroplastlarda ultrastruktur və metabolik dəyişmələr yarada bilər [129, c.47, s.314; 224, c.38, s.553], karbon mübadiləsinə və piqment sisteminin effektivliyinə təsir edə

bilir, fotolitik zədələnmələri artırır və fotosintezin effektivliyini azaldır [205, c.8, s.133].

Çoxlu sayda tədqiqat işlərinin nəticələrindən aydın olur ki, qamma şüalanma kiçik dozalarda bitkilərin boyatma və inkişafına müsbət, yüksək dozalarda isə mənfi təsir göstərir. Məsələn, Mokobia and Anomohanran [162, c.2, s.181] gamma şüalanmanın 0,15 kQr dozada Nigeriyanın bir qrup kənd təsərrüfatı bitkilərinə müsbət təsir edə bilməsini müəyyənləşdirmişlər. Çauhan və s. [78, c.2, s.356] 25 krad şüalanma dozəsindən istifadə etməklə yüksək məhsuldar arpa mutantı ala bilmiş, Siddiqi və başq. [200, s.339] isə bu dozadan yüksək dozalarda qamma şüalanmanın arpa bitkisinin məhsuldarlığına və məhsuldarlıq xüsusiyyətlərinə ingibirləşdirici təsirini aşkar etmişlər. Başqa bir təcrübədə isə 10 krad dozada qamma şüaların təsirinə məruz qalmış arpa bitkisinin məhsuldarlığında artım müşahidə olunmuşdur [208, c.7, s.981]. Kiçik dozalı (10 krad və daha aşağı) radiasiyanın bitkilərin böyüməsinə və inkişafına müsbət təsiri bir neçə digər işlərdə də öz təsdiqini tapmışdır [54, s.19; 77, s.596; 91, s.913].

Qamma şüaların toxumların keyfiyyətinə də müsbət təsir göstərməsi müəyyən edilmişdir. Məsələn, Kattak və Klopfenşein [128, c.63, s.169] 5-15 krad dozalarda radiasiyanın təsirinin bəzi dənli bitkilərin hündürlüyünü azaltdığını, lakin onların məhsuldarlığını və zülal və əsas amin turşuları kimi tərkib elementləri baxımından qida keyfiyyətini yaxşılaşdırdığını müəyyənləşdirmişlər. Hesab olunur ki, hətta belə yüksək dozalardan boyla bağlı arzuolunan əlamətlərə malik mutant forma almaq üçün istifadə oluna bilər [152, c.21, s.56]. Mahdi və s. isə [149, c.67, s.493] Kattak və Klopfenşteinin işinin [128, c.63, s.169] nəticələrinə əsaslanmaqla, lobyanın keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün toxumların şüalanmasından istifadə etmişlər. Singh və Datta da [202, c.79, s.139] toxumların aşağı dozalarda qamma şüalarla işlənməsinin taxılda zülal, ümumi nuklein turşusu və ümumi karotinoid tərkibini artırdığını göstərmişdir. 0,15 kQr şüalanma dozasında zülal tərkibində oxşar formada artımın olması Maşev və s. [151, c.21, s.56] və Coksel və s. [82, c.73, s.506] tərəfindən də təstiqlənmişdir. Həmçinin də müəyyən edilmişdir ki, daha yüksək dozalarda (1 – 20 kQr doza intervalında) ümumi nuklein turşusu səviyyəsində azalma müşahidə olunur [150, c.114, s.1237].

Qeyd edək ki, kənd təsərrüfatında toxumların, ümumiyyətlə götürdükdə isə kənd təsərrüfatı məhsullarının, qamma şüalarla işlənməsi üsulundan uzun illərdir ki, uğurla istifadə edilir. Yüksək dozalarda qamma şüalarla sterilizasiya işlənməsini aparmaqda məqsəd məhsulun saxlanması zamanı onun xarab olmasına səbəb olan müxtəlif zərərverici mikroorqanizmləri zərərsizləşdirməkdirsə, stimullaşdırıcı işlənməni aparmaqda məqsəd isə bitkilərin boyatma və inkişafını sürətləndirməkdir.

Son illərin tədqiqat işlərinin nəticələri göstərir ki, kiçik dozalarda toxumların səpindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsi bitkilərin boyatma və inkişafını sürətləndirir [90, c.2, s.75; 36, c.245], vegetasiya periodunu qısalda [217, c.6, s.2448], məhsuldarlığı artırır [68, s.33], bəzi hallarda hətta onların keyfiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırır [36, c.253] bilir. Məsələn, toxumların qamma şüalarla işlənməsinin şəkər çuğundurunda şəkərin, dənli bitkilərdə zülalın, kartofda nişastanın, dərman bitkilərində faydalı alkaloidlərin, meyvə və tərəvəz bitkilərində vitaminlərin miqdarını artırır bilməsinə dair məlumatlar vardır [43, c.22, s.80]. Dediklərimizdən aydın olur ki, kənd təsərrüfatında tətbiq olunan radiasiya texnologiyası bitkilərin keyfiyyətini və məhsuldarlığını yaxşılaşdırmaq hesabına onların becərilməsinin iqtisadi səmərəliliyini artırmağa imkan verən texnologiyadır.

Qeyd edək ki, bitki toxumlarının radiasiya stimullaşdırılması ilə bağlı bir çox məsələnin ötən əsrin 60-80-ci illərində həll olunmasına baxmayaraq, bu texnologiyanın köməyi ilə davamlı məhsul artımı və məhsul keyfiyyətində zəmanətli yaxşılaşma əldə etmək hələ də mümkün olmamışdır və bu səbəbdən də əlavə tədqiqatların aparılmasına ehtiyac duyulmuşdur. Belə ki, o vaxtdan keçən təxminən 70 il ərzində rayonlaşdırılmış sortlar və məhsullar dəsti, demək olar ki, tamamilə dəyişmiş [43, c.22, s.80], hər bir məhsul və növ üçün optimal doza diapazonunu, doza gücünü və şüalanma ilə əkin arasındakı vaxtı təyin etmək zərurəti yaranmışdır. Bu deyilənlər Çuryukin və Geraskinin işlərində öz təcrübə təsdiqini tapmışdır [43, c.22, s.80]. Onlar arpa bitkisinin (Nur sortu) toxumlarını  $^{60}\text{Co}$  şüalanma mənbəyinin köməyi ilə 2 - 50 Qr doza oblastında qamma şüalarla şüalandırmış və cücərmə enerjisi, cücərmə qabiliyyəti, boyun uzunluğu, əsas kökün uzunluğu, köklərin sayı kimi parametrlərə əsasən bitkinin şüalanmaya reaksiyasını öyrənmişlər.

Yüksək nüfuzetmə qabiliyyətinə malik olan qamma şüaların daha effektiv vasitə olması, həm də iqtisadi cəhətdən səmərəli olması onlardan müxtəlif bitkilərin boyatma və inkişafını sürətləndirmək üçün istifadə yollarında perspektivlər açmışdır [164, c.59, s.1; 165, c.17, s.63].

Müəyyən edilmişdir ki, qamma şüalanmanın təsiri bitki hüceyrələrində və toxumalarında bir sıra sitoloji, genetik [107, c.15, s.1160], morfogenetik, biokimyəvi [52, c.36, s.38] və fizioloji [182, c.8, s.519] dəyişikliklərə səbəb olur. Bu səbəbdən də qamma şüalarla işlənmə bitkilərdə genetik dəyişiklik yarada bilən geniş yayılmış üsullardan hesab olunur. Aydın olmuşdur ki, bitkilərin şüalanmaya həssaslığı, bu şüalanmanın bitkilərdə yaratdığı genetik, sitoloji, biokimyəvi, fizioloji və morfogenetik dəyişmələr, son nəticədə həm də onların boyatma və inkişafında baş verən dəyişmələr bitkilərin növ müxtəlifliyindən və tətbiq olunan şüalanma dozəsindən əhəmiyyətli dərəcədə asılı olur [116, c.42, s.2165; 87, c.50, s.1].

Ədəbiyyat materiallarının təhlilindən aydın olur ki, qamma radiasiyasının bitkilərdə baş verən fizioloji və biokimyəvi prosesləri dəyişdirə bilən sürətli və etibarlı vasitə olması artıq qəbul olunmuşdur. Həm də qəbul olunmuşdur ki, qamma şüalanma bir şox bitkilərin xüsusiyyətlərini və məhsuldarlığını yaxşılaşdırmağa imkan verən ən vacib fiziki vasitələrdən biridir. Qeyd edək ki, qamma şüalanma texnologiyasından istifadə həm normal, həm də stres şəraitlərdə arzu olunan xüsusiyyətlərə malik bir çox mədəni bitkilərin alınmasına və onların məhsuldarlığının artırılmasına yönəlmiş seleksiya işlərində və genetik tədqiqatların aparılmasında mühüm rol oynamışdır [73, c.45, s.473]. Bir çox tədqiqatlar nəticəsində aydın olmuşdur ki, ionlaşdırıcı şüalanma olan radioaktiv şüalanma nisbətən kiçik dozalarda hüceyrə poliferasiyasını, boyatma və inkişafı, fermentlərin aktivliyini, bitkilərin stresə davamlılığını və məhsuldarlığını artırmağa qadirdir [131, c.2, s.135].

Qamma şüalanmanın bitkilərin boyatma və inkişafını ştimullaşdırma bilməsi aşağıdakı kimi izah olunur. Hesab olunur ki, toxumlarda ilkin inkişaf üçün lazım olan material və enerji mənbəyi mövcud olur və ləpələrdə saxlanılan maddələrin aktivləşdirilməsi üçün yalnız stimulyatorlara ehtiyac vardır. Belə olan halda  $\gamma$ -şüalanma, kiçik dozalarda fermentativ aktivliyi artırmaq və embrionu

həyəcanlandırmaqla, hüceyrələrin bölünmə sürətini stimullaşdırır ki, bu da təkcə toxumların cücərməsinə deyil, həm də vegetativ böyüməyə müsbət təsir göstərir [176, c.5, s.5806].

Digər tərəfdən toxumların yüksək dozalarda  $\gamma$ - şüalarla işlənməsi bitki hüceyrələrinin vacib komponentlərinə neqativ təsir göstərir. Neqativ təsirin səbəbi  $\gamma$ -şüalanmanın atom və molekullarla qarşılıqlı təsirdə olmasıdır ki, bunun da nəticəsində zülal sintezinə, fermentlərin aktivliyinə, hormonal balansına, su mübadiləsinə və yarpaqlarda qaz mübadiləsinə təsir edən sərbəst radikalların yaranmasıdır [225, c.48, s.195].

Qeyd edək ki, toxumların qamma şüalarla səpindən əvvəl şüalandırılmasının biokimyəvi və fizioloji prosesləri stimullaşdırma bilməsi çoxlu sayda faktlarla sübut olunmuşdur. Məsələn, toxumların əvvəlcədən  $^{60}\text{Co}$  mənbəyinin köməyi ilə müxtəlif dozalarda şüalandırılmasının *Magnolia champaca* bitkisinin cücərməsinə, inkişafına və cücərtilərin böyüməsinə təsiri araşdırılmışdır [230, c.3, s.195]. Nəticələrdən aydın olmuşdur ki, bu bitki üçün yarımletal doza (LD50) 30 Qr, letal doza isə 80 Qr -ə bərabərdir. Bu zaman 10 Qr şüalanma dozası şüalanmış toxumlar üçün stimullaşdırıcı olmuşdur. Bundan yüksək dozalar isə intensiv sərbəst radikallar yaratmaqla, cücərtilərin inkişafına ingibirləşdirici (ləngidici) təsir göstərmişdir.

*Lathyrus chrysanthus* bitkisinin toxumlarının qabaqcadan fərqli dozalarda *in vitro* şəraitdə  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin toxumlarının cücərməsinə və cücərtilərin böyüməsinə təsirinin araşdırılmasına dair aparılan tədqiqatların nəticələri isə nisbətən aşağı dozalarda şüalanmış toxumların cücərmə faizinin, cücərtilərin boyunun (həm də köklərin uzunluğunun), cücərtilərin yaş və quru kütləsinin, cücərti yarpaqlarında ümumi xlorofilin miqdarının artmasını göstərdi. Yüksək (> 150 Qr) dozalarda isə radiasiya stresi özünü aşkar şəkildə bütün parametrlərdə əhəmiyyətli azalmaların olması ilə göstərdi. Toxumların ən yüksək cücərmə faizi (62.4 %) 150 Qr -ə bərabər şüalanma dozası halında tədqiqatın başlanmasından 7 gün sonra qeydə alındı. Bu müddət ərzində cücərmə faizinə dair nisbətən kiçik göstərici isə 100 Qr dozada müşahidə edildi. Bitkinin becərilməyə başlanmasından 14 gün sonra isə cücərtilərin böyüməsinə dair ən yaxşı nəticə (75.7 %) yenidən 150 Qr dozada, nisbətən kiçik nəticə



Məlum olduğu kimi, *Terminalia arjuna* (*T. arjuna*) ürək xəstəliyinin müalicəsində istifadə edilən effektiv dərman bitkilərindən hesab olunur. Adi üsullardan istifadə etməklə bu bitkinin çoxaldılmasına edilən cəhdlər toxumlarının çətin cücərməsi və cücərtilərin yaxşı inkişaf etməməsi səbəbindən müəyyən çətinliklərlə bağlıdır. Cücərmənin yaxşılaşdırılması məqsədi ilə sulfat turşusu, boyatma hormonları (məsələn, gibberellin turşusu) və s. kimi kimyəvi maddələrdən istifadə edilməsi isə müxtəlif ekoloji problemlər yaradır. Akshatha və s. [52, c.36, s.38] bu bitkinin toxumlarını 0 - 200 Qr doza oblastında  $\gamma$ -şüalarla şüalandırmış və qamma radiasiyasının onun böyüməsinə və biokimyəvi tərkib komponentlərinə təsirini öyrənmişlər. Aydın olmuşdur ki, 25 Qr şüalanma dozası halında cücərmə sürəti şüalanmamış toxumlarla müqayisədə 2 dəfə yüksək olur. Kiçik şüalanma dozalarında cücərmə faizində, böyümə sürəti indeksində və quru kütləyə hesablanmış nisbi böyümə sürətində də artım müşahidə edilmiş və prolin və xlorofilin miqdarı da şüalanma dozasının artmasına uyğun olaraq artmışdır. Hesab olunur ki, kiçik dozalarda radioaktiv şüalarla işlənmədən *T. arjuna* –nın cücərmə və boyatmasını stimullaşdırmaq, həmçinin də bitkidə prolin və fenollu birləşmələr kimi bitki metabolitlərinin artırılması üçün istifadə etmək olar.

Qamma şüalanmanın təsirinin fenol birləşmələrin toplanmasını və xlorofillərin miqdarını dəyişdirə bilməsi digər işlərdə də öz təsdiqini tapmışdır [129, c.47, s.314; 226, c.38, s.553].

Qeyd olunur ki, qamma şüalanmanın bu təsirinin əsasında suyun hidrolizi nəticəsində yaranan sərbəst radikalların antioksidant müdafiə sistemini fəallaşdırması dayanır [59, c.27, s.84; 129, c.47, s.314].

Kənd təsərrüfatı bitkilərinin  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi göstərdi ki, belə təsir nəticəsində cücərmə sürətlənir, bitkilərin məhsuldarlığı ilə yanaşı, həm də onların stresə davamlılığının artmasına səbəb olan prolinin miqdarı artır [85, c.1, s.251]. Kiçik dozalı  $\gamma$ - şüalanmaya uyğun biotexnologiya yanaşmalardan istifadə etməklə dərman bitkilərində fenollu birləşmələr, salisil turşusu, kumarin turşusu, kofein turşusu, flavonoidlər, antosianlar kimi bioloji aktiv metabolitlərin yaranmasını artırmaq mümkün olmuşdur [56, c. 17, s. 359]. Müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüaların antioksidant

sistemi aktivləşdirməsinə əsasən bitkilərin radiohəssaslığını müəyyənləşdirmək mümkün oldu ki, bundan da ekoloji indikator kimi istifadə etməyin mümkünlüyü aydın oldu [97, c.121, s.22; 214, c.101, s.923].

Dediklərimizdən aydın olur ki,  $\gamma$ -radiasiyasının bitkilərə digər təsiri oksigenin fəal formalarının (sərbəst radikalların) yaranmasının sürətlənməsidir. Gamma şüalanmanın bioloji təsirinin əsasında da məhz suyun hidrolizi nəticəsində sərbəst radikalların əmələ gəlməsi dayanır [59, c.27, s.84]. Daha dəqiq desək,  $\gamma$ -şüalanmanın bioloji təsirinin əsasında qamma kvantların hüceyrənin atom və molekulları, əsasən də su molekulları ilə qarşılıqlı təsir nəticəsində oksigenin fəal formalarının (radikal və qeyri-radikal təbiətli birləşmələrin) yaranması dayanır [137, c.33, s.199]. Yaranmış radikallar bitki hüceyrələrinin əsas komponentlərini zədələyə və ya modifikasiya edə bilər və şüalanma dozəsindən asılı olaraq bitkilərin morfolojiyasına, anatomiyasına, biokimyasına və fiziologiyasına fərqli şəkildə təsir edə bilər [60, c.35, s.791]. Bu təsirlərə tilakoid membranların genişlənməsini, fotosintezdə dəyişiklikləri, antioksidant sistemin modulyasiyasını və fenol birləşmələrin toplanmasını özündə əks etdirən hüceyrə quruluşunda və bitki metabolizmində baş verən dəyişikliklər daxildir [59, c.27, s.84]. Nisbətən kiçik dozalı ionlaşdırıcı şüalanmanın bitkilərə və fotosintez edən mikroorqanizmlərə təsiri özünü hüceyrələrin sürətlənmiş proliferasiyasında, cücərmə sürətinin, hüceyrə böyüməsinin, ferment aktivliyinin, stresə davamlılığın və məhsuldarlığın artmasında göstərir [88, c.80, s.968]. Toxumların yüksək dozada qamma şüalarla işlənməsi isə zülal sintezini, hormonal balansını, yarpaqlarda qaz mübadiləsini, su mübadiləsini poza bilər və ferment aktivliyini dəyişdirə bilər [57, c.61, s.288].

Qeyd olunur ki, bitkilər radiasiyanın təsirinə məruz qalacağı hər hansı digər abiotik stres amilinin təsiri kimi "hiss edir" və oksidləşdirici stres siqnalı yaratmaqla, bu təsire özünəməxsus formada reaksiya verir. Nəticədə oksigenin yüksək reaksiya qabiliyyətli fəal formaları yaranır ki, bunlar da karbohidratlar, zülallar, yağlar, nuklein turşuları və s. kimi struktur və funksional üzvi molekullarla reaksiyaya girərək hüceyrə pozulmaları yaradır [55, c.22, s.151; 59, c.27, s.84; 168, c.67, s.395]. Bununla birlikdə, bitkilərdə sərbəst radikalları zərərsizləşdirən və hüceyrə zədələnmələrini aradan

qaldıran antioksidativ müdafiə sisteminin fəaliyyəti intensivləşir və metabolik yolları müsbət modulyasiya edən müdafiə ilə əlaqəli çoxlu sayda genlər işə düşür.

Gamma şüalanma müxtəlif metabolik yollarda iştirak edən ayrı-ayrı fermentlərin fəaliyyətinə də təsir göstərir [141, c.2, s.292].

Məlum olduğu kimi, oksigenin fəal formaları bitkilərin əksər degenerativ reaksiyalarının əlavə məhsullarıdır və onlar hüceyrə komponentlərini zədələməklə metabolizmə təsir edə bilər [95, c.146, s.359]. Oksidləşdirici stresin hərtərəfli öyrənilməsi göstərdi ki, ətraf mühitin əlverişsiz amillərinin bitkilərə təsiri hüceyrələrdə sürətlə oksigenin superoksid radikal ( $O_2^{*-}$ ), hidrogen peroksidi ( $H_2O_2$ ), hidroksil radikal ( $HO^*$ ) kimi aktiv formalarının yaranmasına səbəb olur [226, c.83, s.227]. Bunlar isə membran lipidlərinə, zülallara və DNT –yə qarşı yüksək reaksiya qabiliyyətinə malik olduğundan hüceyrələrdə irimiqyaslı zədələnmələr yaradır [133, c.76, s.112; 160, c.144, s.1205].

Hesab olunur ki, bioloji sistemlərin müxtəlif növ ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirinə məruz qalması ilkin mərhələdə şüalanma enerjisinin udulmasından başlayan və sonda bioloji zədələnməyə səbəb olan bir prosesdir. Bu zaman molekulların birbaşa (məsələn, nuklein turşuları və ya zülallar kimi əsas molekulların ionlaşması) və ya dolayı yolla zədələnməsi baş verə bilər. İkinci halda bioloji zədələnmələrin yaranmasının səbəbi şüalanma enerjisinin mühit tərəfindən udulması hesabına oksigenin aktiv formalarının yaranmasıdır [93, c.68, s.231]. İonlaşdırıcı şüalanmanın əsas hədəfinin su molekulları olması danılmazdır. İlkin mərhələdə su molekullarının həyəcanlanması və ionlaşması baş verir ki, nəticədə ionlaşmış su molekulları ( $H_2O^+$ ) və  $H^+$  və  $OH^-$  kimi ilkin sərbəst radikallar yaranır. Bunlar isə, öz növbəsində oksigenin aktiv formalarının sonrakı növlərini (məsələn,  $H_2O_2$ ) əmələ gətirməklə, zəncirvari reaksiyalar yaradır [146, c.78, s.323]. Yüksək sitotoksiki xassəyə malik olan bu molekullar, hüceyrə komponentlərinin oksidləşdirici zədələnmələrini yaratmaqla, normal metabolizmi ciddi şəkildə poza bilər [65, c.39, s.287]. Bu səbəbdən də bitkilər üçün, ümumiyyətlə götürdükdə isə bütün orqanizmlər üçün hüceyrədə oksidləşdirici-reduksiyaedici balansın saxlanması çox vacibdir. Orqanizmlərin maraqlı xüsusiyyətlərindən biri normal biokimyəvi və fizioloji fəaliyyəti təmin edən və

hüceyrənin oksidləşdirici-reduksiyaedici statusunu nəzarətdə saxlayan bir neçə antioksidant müdafiə mexanizmlərinə malik olmasıdır. Müəyyən edilmişdir ki, bitki hüceyrələri oksigenin aktiv formalarını zərərsizləşdirən bir neçə fermentlə (peroksidaza, katalaza, superoksid dismutaza, glutation redüktaza və s.) və ferment olmayan digər antioksidantlarla (askorbat, glutation, tokoferol və s.) təmin olunmuşlar [159, c.9, s.490].

Oksigenin yüksək reaksiya qabiliyyətli bu formaları, məlum olduğu kimi, hüceyrənin membran lipidlərinin peroksid oksidləşməsinə səbəb olmaqla yanaşı, həm də zülalların quruluşuna və DNT -nin strukturuna zərər vura bilir [198, c.1, s.1]. Belə təsir nəticəsində yaranan malondialdehidi (MDA) maddəsinin miqdarına əsasən müəyyən edilən lipidlərin peroksidləşmə səviyyəsi hüceyrə membranlarında stresin yaratdığı oksidləşmənin göstəricisi kimi qəbul edilir [69, c.68, s.477]. Məsələn, Çusreeaeom və Khamsuk [81, c.1285, s.1] bitkilərin müxtəlif dozalarda həm kəskin, həm də xroniki radioaktiv şüalanmanın təsirinə fizioloji cavab reaksiyası kimi tək MDA –nın deyil, həm də antioksidant prolinin tərkibini araşdırmaqla, deyilən fikrə müəyyən aydınlıq gətirmişlər. Tədqiqatçılar laboratoriya şəraitində yetişdirilən mədəni bitki kulturalarını bir halda Cs -137 izotopunun köməyi ilə 0, 20, 40, 60 və 80 Qr dozalarda (doza gücü 3.7 Qr/dəq) kəskin qamma şüalanma ilə, digər halda isə Co -60 şüalanma mənbəyinin köməyi ilə 0, 21, 41, 62 və 82 Qr (doza gücü 0.0057 Qr/dəq) dozalarda xroniki  $\gamma$ -şüalanma ilə şüalandırmışlar. Nəticələrdən aydın olmuşdur ki, MDA -nın miqdarı xroniki şüalanma halında şüalanma dozasının artması ilə tədricən artır, kəskin şüalanma halında isə 40 Qr şüalanma dozasında nəzarət bitki ilə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olur. Xroniki şüalanma 21, 41, 62 Qr dozalarda cüdərtillərin boyatmasını stimullaşdırmaqla, bitkilərin inkişafına müsbət təsir göstərdiyi halda, kəskin şüalanmanın təsiri 20 Qr dozada ən yüksək olur və 20 Qr –dən yüksək dozalarda isə tədricən azalır. Həmçinin də müəyyən edilmişdir ki, kəskin şüalanma halında orta letal doza (LD50) və boyu 50 % azaldan doza (GR50) uyğun olaraq 74 və 66 –a bərabər olur.

Qeyd edək ki, kiçik dozalarda qamma şüalanmanın bitkilərin böyüməsinə və inkişafına stimullaşdırıcı təsirinə dair sübut olunmuş məlumatların kifayət qədər

olmasına baxmayaraq [129, c.47, s.314; 224, c.38, s.553], stimullaşmanın əsasını təşkil edən molekulyar mexanizmlə bağlı məlumatlar hələ də məhdud saydadır. Bu səbəbdən də müxtəlif dozalı qamma radiasiyanın bitkilərin böyüməsinə təsir mexanizmlərinin öyrənilməsinə həsr olunmuş işlərə son illər daha çox önəm verilir. Tədqiqat işlərinin birində şüalanmış toxumlardan istifadə edilməklə *Arabidopsis* bitkisinin böyüməsinin stimullaşdırılmasında oksigenin fəal formalarının və absis turşusunun roluna aydınlıq gətirilmişdir [178, c.115, s.243]. Nəticələr 50 Qr qamma şüalanma dozası halında cücərmə indeksinin, köklərin uzunluğunun və bitkinin yaş kütləsinin maksimum olmasını göstərdi. Hidrogen peroksidin ( $H_2O_2$ ) miqdarının və antioksidant fermentlərin aktivliklərinin toxumların qamma şüalarla işlənməsi halında şüalanmamışlarla müqayisədə daha yüksək olması müəyyən edilmişdir. Aydın olmuşdur ki, oksigenin fəal formalarının intensiv generasiyası bitkinin böyüməsini əhəmiyyətli dərəcədə ləngidir. Bundan əlavə, endogen absis turşusunun kiçik dozalı qamma şüalanma halında induksiya edilməsi müəyyən edilmişdir. Müəlliflərin fikrincə, kiçik dozalı qamma şüalanmanın stimullaşdırıcı təsir prosesində oksigenin fəal formaları və absis turşusu siqnal ötürülməsində əhəmiyyətli rol oynayır.

Son illər aparılmış işlərin nəticələrinin təhlilindən aydın olur ki, kiçik stimullaşdırıcı dozalarda qamma şüalanma cücərən toxumların sayını və böyümə enerjisini artırır, həm bitkilərin boyatma və inkişafını, həm də tənəffüs və fotosintez proseslərini sürətləndirir və son nəticədə məhsuldarlığın artmasına səbəb olur. Bütün bunların hamısının kökündə isə inkişafın ilkin mərhələsində şüalanmış toxumların metabolizmində sürüşmələrin olması, daha dəqiq desək, qida maddələrinin səfərbər olması, oksidləşdirici proseslərin intensivləşməsi, RNT və DNT –nin nukleotid tərkibinin dəyişməsi dayanır [20, s.8]. Yüksək dozalarda şüalanmanın təsiri isə bitkilərin böyüməsinin ləngiməsinə, eybəcər formaların yaranmasına və bəzi hallarda hətta bitkilərin məhvinə səbəb olur. Buna səbəb sərbəst radikalların yaranması, nuklein turşularının miqdarının azalması, DNT mutasiyaları, ferment sistemlərini də əhatə edən oksidləşdirici proseslərin aktivləşməsi, yəni oksidləşdirici stressdir. Bitkilərin böyüməsinin ləngiməsini həm də fizioloji boy hormonları olan auksinlərin sintezinin (miqdarının) ingibirləşməsi ilə əlaqələndirirlər [20, s.8].

Qamma şüalanmadan istifadənin maraqlı cəhəti ondan ibarətdir ki, şüalanma dozasından asılı olaraq, bu şüalanma növündən həm də bitkilərin müxtəlif abiotik stress şəraitlərinə davamlılığını təmin etmək üçün onlarda əlverişli morfoloji, anatomik, biokimyəvi və fizioloji dəyişmələr yaratmaq üçün istifadə etmək olur [61, c.198, s.486].

Məsələn, toxumların kiçik dozalarda (15, 30, 45 və 60 Qr) səpindən əvvəl qamma şüaların təsirinə məruz qalması və kalium xloridlə (60 mq/kq torpaq) işlənməsi *Brassica rapa* L. (şalğam-turp) bitkisinin boyatmasını yaxşılaşdırmaqla yanaşı, həm də kadmiumun (25,50, 75 və 100 mq / kq torpaq) toksiki təsirini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Bu zaman həm də peroksidaza və katalaza fermentlərinin aktivlikləri artır [48, c.2, s.435]. Kadmiumun təsiri ilə bu bitkinin köklərində prolinin, alkaloidlərin, fenollu birləşmələrin toplanması baş verir və qamma şüalanma halında bu birləşmələrin toplanması daha da intensivləşir [49, c.3, s.408].

### **I.3. Səpindən əvvəl toxumların qamma şüalarla işlənməsinin bitkilərin stress şəraitlərində inkişafına təsiri**

**Duz stresi şəraiti.** Torpaqların şoranlığının kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığı üçün böyük təhlükə olması danılmaz faktdır. Bu baxımdan son illər şoranlıq stresinin neqativ təsirini müxtəlif üsullarla azaltmağa cəhdlər edilir. Bu üsullar arasında qamma şüalanmadan istifadə xüsusi yer tutur. Məlum olduğu kimi, yüksək şüalanma dozalarında yüksək enerjili fotonlardan ibarət olan qamma şüalanma seli sərbəst şəkildə canlı toxumalara nüfuz etməklə, onlarla qarşılıqlı təsirdə ola bilər. Müəyyən edilmişdir ki, yüksək şüalanma dozalarında belə qarşılıqlı təsir nəticəsində bitkilərin böyümə sürəti və reproduktivlik qabiliyyəti azalır, DNT –də zədələnmələr və morfoloji dəyişikliklər baş verir [138, c.135, s.357; 224, c.38, s.553]. Aşağı dozalarda isə, əksinə, qamma şüalanma enerjisi fizioloji və biokimyəvi proseslərdə istifadə olunmaqla, bitkilərin böyüməsini və inkişafını stimullaşdırır (sürətləndirə) bilər [75, c.511, s.181].

Qamma şüalanmadan istifadə etməklə stress amilinin neqativ təsirini azaltmağa edilən cəhdlərdən birini Vanq və s. [222, c.40, s.174] etmişlər. Onların tədqiqat işinin

nəticələrindən aydın olmuşdur ki, toxumların əvvəlcədən 50 Qr dozada qamma şüalarla işlənməsi yüksək dağlıq ərazidə yetişən arpa bitkisinin NaCl stresi şəraitində inkişafını nəzərəcarpacaq dərəcədə stimullaşdırma bilər. Qeyd olunur ki, stimullaşdırıcı radiasiya effekti duzun yaratdığı oksidləşdirici stresi zəiflədə bilər. Oksidləşdirici stresin zəifləməsi özünü, ilk növbədə, lipidlərin peroksid oksidləşməsi reaksiyasının məhsulu olan malondialdehidinin və hidrogen peroksidin miqdarının azalmasında, həmçinin də antioksidant fermentlərin aktivliklərinin və prolinin miqdarının artmasında göstərir. Transmissiya elektron mikroskopiyaya üsulunun nəticələrinə əsaslanmaqla, müəlliflər həm də müəyyənləşdirmişlər ki, toxumların səpindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsi duz stresinin xloroplastların ultrastrukturunda yaratdığı zədələnmələri azalda bilər. Transkripsiya analizinin nəticələri isə, əlavə olaraq, göstərmişdir ki, toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi duz stresi ilə əlaqəli genlərin ekspressiyasını gücləndirə bilər. Ümumiyyətlə götürüldükdə, müəlliflərin aldıkları nəticələrin hamısı toxumların səpindən əvvəl gamma şüalarla işlənməsinin arpa cücərtilərinin duz stresinə tolerantlığını artırma biləcəyini göstərir.

Bitkilərin duzadavamlılığının artırılmasına yönəlmiş tədbirlər, konkret olaraq bu məqsədlə radioaktiv şüalanmadan istifadə edilməsi, aydındır ki, fizioloji, biokimyəvi proseslərə əsaslanan tədqiqatların aparılmasını tələb edir. Qeyd olunur ki, bu günə qədər fiziki mutagen kimi qamma şüalanmadan istifadə etməklə sitrus bitkisi olan limonun duzadavamlılığının artırılmasına, onun morfoqenetik potensialının və fizioloji xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılmasına edilən cəhdlərin, aparılan tədqiqatların əksəriyyəti ciddi olmamışdır [111, c.6, s.190]. Bunu əsas götürərək, Helaly və Hanan El-Hosieny *in vitro* mutageniz üsulları tətbiq etməklə bu məsələni həll etməyə çalışmışlar. Bu məqsədlə onlar yeni ayrılmış protoplastları müxtəlif dozalarda qamma şüalarla şüalandırmış, onları kultivasiya etmiş və regenerasiyası üçün inkubasiya etmişlər. Sonra protoplastın yaşama qabiliyyəti və böyümə meyarları qiymətləndirilmişdir. Əlavə olaraq, regenerasiya olunan tumurcuqların şoranlığa qarşı tolerantlığı və bunun da antioksidant sistemlə əlaqəsi qiymətləndirilmişdir. Aydın olmuşdur ki, şüalanmış protoplast hətta ən yüksək NaCl duzluluğunda (8000 mq/l) belə böyümə qabiliyyətinə malik olur və radiasiyanın təsirinə həssaslıq (LD) yalnız 20 krad

şüalanma dozasında qeydə alınır. Qeyd olunur ki, şüalanma formalaşan toxumaların yüksək duzluluq şəraitinə dözümlülüyünü artırmaqla, yüksək duzluluq şəraitinin embriogen kallusa və tumurcuqların böyüməsinə zərərli təsirlərini azalda bilir. Şüalanma həm də yüksək duzluluğun ümumi xlorofilin, ümumi şəkərin, ümumi həllolunan zülalın miqdarına etdiyi mənfi təsirinin qarşısını almaqla bərabər, karotinoidlərin və öyrənilən bütün osmoregulyatorların (prolinin, ümumi həllolunan fenolların, qlitsin betainin) miqdarını da artırır. Kifayət qədər geniş spektrli bu tədqiqat işinin nəticələri göstərdi ki, şüalanma, üstəlik, hüceyrə zədələnməsinin də qarşısını ala bilir ki, bu da özünü Na və Cl ionlarının miqdarının və lipidlərin peroksidləşməsi səviyyəsinin (membran sızmasının və H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> -nin miqdarının) azalmasında göstərir. Müəlliflər yüksək duzluluq şəraitində şüalanmanın antioksidant fermentlərin aktivliklərinə təsirinə də aydınlıq gətirə bilmişlər. Aydın olmuşdur ki, yüksək duzluluq şəraitində superoksiddismutaza, peroksidaza, askorbat peroksidaza, katalaza və qlutation reduktaza fermentlərinin aktivlikləri şüalanmış tumurcuqlarda şüalanmamış tumurcuqlarla müqayisədə daha yüksək olur ki, bu da hüceyrələrin yüksək duz konsentrasiyasının yaratdığı oksidləşdirici stresdən qorunmasını təmin edir [111, c.6, s.190].

Məlum olduğu kimi, insanların qida rasionunda əhəmiyyətli dietik dəyərə malik olan paxlalı bitkilərin məhsuldarlığının artırılmasına bu gün böyük ehtiyac vardır. Son onilliklərdə onların məhsuldarlığının artırılmasına edilən cəhdlərin arzuolunan nəticələr verməməsinin səbəblərindən biri bu qəbildən olan bitkilərin ətraf mühitin quraqlıq, şoranlıq, kiçik və yüksək temperaturlar və s. kimi abiotik amillərin təsirinə tab gətirə bilməmələridir. Sadalanan stres amillərin təsiri bu bitkilərdə molekulyar səviyyədə morfoloji, biokimyəvi və fizioloji dəyişmələr yaratdığından bütün bunlar son nəticədə məhsuldarlığın azalmasına səbəb olur [142, c.308, s.965]. Bu səbəbdən də paxlalı bitkilərin öyrənilməsi ilə məşğul olan tədqiqatçılar əsas diqqətlərini onların stres amillərə davamlılığının və məhsuldarlığının artırılmasına yönəltilmişlər. Dünya üzrə əkin sahələrinin 20 % -dən çoxunun müxtəlif dərəcəli şoranlaşmaya məruz qalmasını [167, c.59, s.651; 212], noxudun (*Cajanus cajan* L.) isə paxlalı bitkilər arasında insanların qida rasionunun tərkib hissələrindən biri olmasını nəzərə alaraq,

Kumar və s. bu bitkinin toxumlarını səpindən əvvəl gamma şüalarla şüalandırmış və bununla da bu bitkinin duz stresinə davamlılığını artırmağa çalışmış və toxumları şüalandırılmış bitkilərdə duz stresinin yaratdığı fizioloji və biokimyəvi dəyişmələrinin mexanizminə aydınlıq gətirməyə çalışmışlar [142, c.308, s.965]. Bu məqsədlə onlar bitkinin toxumlarını 2.5, 5, 10, 20, 50 və 100 Qr dozalarda  $\gamma$ - şüalarla şüalandırmış və həm şüalanmış, həm də şüalanmamış toxumları (nəzarət), 80 və 100 mM konsentrasiyalı NaCl duzuna malik torpaqda yetişdirmişlər. Aydın olmuşdur ki,  $\gamma$ - şüalanma kiçik dozalarda bu bitkinin duz stresinə davamlılığını stimullaşdırır. Toxumların şüalanması halında duz stresi şəraitində karbon qazı ayrılması, qaz mübadilə xüsusiyyətləri də özünü normal formada biruzə verir. Müəlliflərin fikrincə, bitkinin duz stresinə reaksiyası ilə toxumların şüalanması arasında mövcud olan əlaqənin əsasında qaz mübadiləsinin saxlanması ilə yanaşı, həm də antioksidant fermentlərin fəaliyyəti, membranın sabillik indeksi ( $K^+$  -un  $Na^+$  -a nisbəti), həmçinin də prolinin və glisin betainin miqdarı dayanır [141, c.2, s.292].

Strateji əhəmiyyətli qida məhsullarından biri də, məlum olduğu kimi, düyü (*Oryza sativa* L.) bitkisidir. Düyü insanların qida təhlükəsizliyinin təminatında taxıldan sonrakı yerlərdən birini tutur. Bu baxımdan onun həm qida keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasına, həm də əlverişsiz şəraitlərdə məhsuldarlığının artırılmasına ehtiyac vardır. Düyü bitkisi həm də duz stresinə (əsasən də, bitkinin inkişafının ilkin mərhələsində) yüksək dərəcədə həssaslıq göstərən bitkidir və duz artıqlığı onun bütün metabolik proseslərinə mənfi təsir göstərməklə, məhsul itkisinə səbəb olur [193, c.6, s.263]. Son illərin tədqiqatları göstərdi ki, düyünün müxtəlif dozalarda  $\gamma$  - şüalanmaya məruz qalması onların həm quraqlığın, həm də yüksək duzluluğun təsirinə tolerantlığını artırır [204, c.6, s.421].

Gamma şüalanmanın duz stresi şəraitində yetişən düyü toxumlarının inkişafına təsiri geniş şəkildə Dehpour və s. [85, c.1, s.251] tərəfindən öyrənilmişdir. Onlar düyünün müxtəlif dozalarda şüalandırılmış toxumlarını duz stresi şəraitində yetişdirmiş və bitkinin inkişafını, fizioloji parametrlərini, zülal və prolin tərkibini tədqiq etmişlər. Nəticələr göstərmişdir ki, ən kiçik cücərmə faizi və zoğların (cavan budaqların) ən kiçik uzunluğu 15 mM/l duz konsentrasiyası və 300 Qr şüalanma dozası

halında müşahidə edilir. 100 Qr doza halında isə bütün duz konsentrasiyalarında cücərtilərin uzunluğu ən böyük olur. Bu zaman şüalanma dozasının və duz konsentrasiyasının artması prolinin miqdarının artmasına, zülalın miqdarının isə azalmasına səbəb olur.

Gamma şüalanmanın duz stresi şəraitində yetişən düyü bitkisinin antioksidant müdafiə sistemini fəallaşdırma bilməsinə dair də nəticələr alınmışdır [147, c.2014, s.1]. Daha dəqiq desək, istinad edilən işdə alınmış nəticələr APX, KAT və GR fermentlərinin aktivliklərinin artmasını göstərmişdir ki, bu da müəlliflər tərəfindən antioksidant müdafiənin aktivləşməsi faktı kimi qəbul olunmuşdur.

Düyü üzərində aparılan tədqiqat işlərindən biri də Taylandda yetişdirilən və geniş yayılmış ətirli düyü növünə həsr olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, bu düyüyə ətir verən 2-asetil-1-pirrolin birləşmələridir. Qeyd olunur ki, düyüdə bu birləşmələrin toplanması bitkinin böyümə sürətindən və prolinin miqdarından əhəmiyyətli dərəcədə asılı olur. Prolinin və 2-asetil-1-pirrolinin miqdarına təsir edən bəzi amillərin olması da vurğulanır [194, c.6, s.1]. İstinad edilən bu tədqiqat işində  $\gamma$ -şüalanmanın və duz stresinin ətirli KDML 105 düyü sortunun 5 günlük cücərtilərində prolinin və 2-asetil-1-pirrolinin miqdarına təsiri öyrənilmişdir [195, c.35, s.938]. Müəyyən edilmişdir ki, NaCl –un 20 mM - dan kiçik konsentrasiyası şəraitində şüalanmış toxumlardan yetişən cücərtilərdə prolinin və 2-asetil-1-pirrolinin miqdarı normal şəraitdə şüalanmış toxumlardan yetişən cücərtilərlə müqayisədə çox olur. Müəlliflərin fikrincə, duz stresi şəraitində  $\gamma$ -şüalanmadan istifadə düyüdə 2-asetil-1-pirrolinin miqdarını artırmaq üçün istifadə edilə bilər.

Hanafy Əhməd və s. [104, c.4, s.1139]  $\gamma$ -şüalanmanın duz stresi şəraitində yetişən digər bir bitkinin (*Ambrosia maritima* L.) inkişafına təsirini öyrənmişlər. Müəyyən etmişlər ki, toxumların 40 və 80 Qr dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi bu bitkinin duz stresinə davamlılığını artırır ki, bu da özünü nəzarət bitki ilə müqayisədə bitkinin boyunun, yaş və quru kütləsinin, fotosintetik pigmentlərin miqdarının artmasında göstərmişdir. Həmçinin də aydın olmuşdur ki, radioaktiv şüalanma ümumi şəkərin və ümumi həllolunan fenolların miqdarını artırmaqla, duzun neqativ təsirini azalda bilər.

Torpağın duzluluğunun bitkilərinin böyüməsini və fizioloji reaksiyaları məhdudlaşdıran ciddi amil olmasını nəzərə alaraq, El-Beltagi və s. [89, c.41, s.104] isə digər bir bitkinin (*Vigna sinensis* -un) böyüməsi prosesində torpağın duzluluğunun neqativ təsirini  $\gamma$ -şüalanma ilə azaltmağa çalışmışlar. Onlar həm duzun, həm şüalanmanın, həm də duz və şüalanmanın birgə təsirinə aydınlıq gətirmək üçün fərqli tədqiqatlar aparmışlar. Aydın olmuşdur ki, torpaqda duzluluğun artması nəzarət bitki ilə müqayisədə təcrübə bitkisinin böyüməsini ləngidir, onlarda fotosentetik piqmentlərin miqdarını, ümumi karbohidrat tərkibini və mineral udulmasını azaldır, ümumi fenol, prolin və ümumi sərbəst amin turşuları tərkibini, həmçinin də lipidlərin peroksid oksidləşməsini artırır. Toxumların əkindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsi isə duzluluq şəraitində yetişən bitkinin boyatmasını, fotosintetik piqmentlərin, ümumi karbohidratın, ümumi fenolun, prolinin, ümumi sərbəst amin turşularının miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Sadaladığımız tədqiqat işlərinin nəticələrinə əsaslanmaqla,  $\gamma$ -şüalanmanın duz stresinin zərərli təsirini müəyyən dərəcədə zəiflədə bilməsi fikrini söyləmək mümkündür. Belə bir fikir Mohammed və s. tərəfindən də söylənilmişdir [161, c.8, s.199; 162, c.25, s.181]. Həmçinin də hesab etmək olar ki, toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin cücərtilərin böyüməsini və bəzi fizioloji prosesləri aktivləşdirməsi faktından quraqlıq və ya duzluluq kimi abiotik amillərin təsirinə nəzarət etmək üçün istifadə edilə bilər.

Qamma şüalanmanın kiçik dozalarda bitkilərin duz stresinə qarşı dözümlülüyünü artırma bilməsinə dair nəticələr Qi və s. [179, s.1010] tərəfindən də alınmışdır. Onlar müəyyən etmişlər ki, 50 Qr şüalanma dozası halında *Arabidopsis* cücərtilərinin duz stresinə cavab reaksiyası cücərmə indeksinin və köklərin uzunluğunun maksimal artması ilə nəticələnir, bu şüalanma dozasında  $H_2O_2$  və MDA –nın miqdarları nəzarət bitkiləri ilə müqayisədə xeyli kiçik olur və duz stressi şəraitində antioksidant fermentlərin aktivlikləri və prolinin miqdarı şüalanmış bitkilərdə şüalanmamışlarla müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olur.

Müəlliflərin aldıkları bu nəticələrə əsaslanmaqla, hesab etmək olar ki, qamma şüalanma kiçik dozalarda, böyük ehtimalla, fizioloji reaksiyaları modulyasiya etmək

və stres siqnallarının ötürülməsini stimullaşdırmaq yolu ilə duz stresinin *Arabidopsis* cücərtilərində təsirini zəiflədə bilər.

Çiçək ətirli və yüksək dekorativ dəyərli *Şirin osmantus* (*Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour.) bitkisinin şoranlığa qarşı yüksək həssaslığa malik olması onun landşaftda yayılmasını ciddi şəkildə məhdudlaşdırır. Geng və s. [96, c.10, s.1] bu bitkinin yüksək duzluluğa davamlılığını artırmaq məqsədi ilə yeni yanaşma üsulundan, yəni toxumların qabaqcadan qamma şüalarla işlənməsi üsulundan istifadə etmişlər. Onların apardıqları tədqiqat işlərinin nəticələrindən aydın olmuşdur ki, toxumların qamma şüalarla işlənməsi antioksidant aktivliyi və oksigenin fəal formalarının balansını dəyişdirmək yolu ilə bu bitkinin duz stresinə davamlılığını artırma bilər. Bu tədqiqat işinin nəticələrinə əsaslanmaqla, hesab etmək olar ki, hüceyrələrdə oksigenin aktiv formalarının balansının tənzimlənməsi bitkilərin duz stresi şəraitinə adaptasiya olunması üçün çox vacibdir və bu nəticələrdən *Şirin osmantus* -un duz stresinə tolerantlığını artırmaq üçün potensial yanaşma kimi istifadə etmək olar.

Araşdırdığımız işlərin nəticələrindən aydın olur ki, kənd təsərrüfatı bitkilərinin duzadavamlılıq mexanizmində iştirak edən prolinin sintezi şüalanmış bitkilərdə şüalanmamışlarla müqayisədə daha yüksək olur. *In vitro* təcrübələr də prolinin bitkilərin radiasiya mühafizəsinin təmin olunmasında, həmçinin də onların yüksək və aşağı temperatur, duzluluq və qələvilik və s. kimi digər abiotik stressorların təsirindən qorunmasında iştirakını sübut edir [132, c.88, s.424]. Belə çıxır ki, prolin toplanmasına duz stresindən mühafizə mexanizmlərindən biri kimi baxmaq olar.

Toxumalarda prolinin miqdarının şüalanma dozəsindən asılı olaraq artmasına dair də məlumat vardır [62, c.59, s.206].

Qamma şüalanmanın duz stresi şəraitində yetişən eyni bir bitkinin müxtəlif populyasiyalarına təsirinə dair alınmış nəticələr də xüsusi maraq kəsb edir. Belə işlərdən biri Paxlakimilər fəsiləsinin *Medicago* cinsinə aid olan çoxillik *Medicago sativa* (L.) Gabe's bitkisinin tədqiqinə həsr olunmuşdur [188, c.18, s.1095]. Bu bitkinin iki müxtəlif *Mareth* və *Gannouch* populyasiyaları tədqiqat obyektinə kimi seçilmiş və yüksək duzluluqla qamma şüalanmanın (350 Qr dozada) onların morfoloji və fizioloji parametrlərinə təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, ilkin böyümə fazasında

bitkinin hər iki şüalanmış populyasiyasının duza davamlılığı şüalanmamışla müqayisədə kifayət qədər yüksək olur.

Müzakirələrə yekun vuraraq, abiotik stres amillərinin təsirinə davamlılığından asılı olaraq, bitkilərin kiçik dozalı ionlaşdırıcı qamma şüaların təsirinə cavab reaksiyasının onlarda müxtəlif formada morfoloji, fizioloji və biokimyəvi dəyişmələr yarada bilməsi fikrini söyləmək mümkündür. Bu dəyişmələr özünü membran lipidlərinin peroksid oksidləşməsində (MDA –nın və  $H_2O_2$  –nin toplanmasında), sərbəst radikalların yaranmasında və antioksidant müdafiə sisteminin fəallaşmasında (antioksidant fermentlərin aktivliklərinin, prolin kimi qeyri-fermentativ antioksidantların isə miqdarının artmasında) göstərir.

Burada bir maraqlı yanaşmanı da qeyd etmək düzgün olardı. Belə ki, son illər qeyd olunan dəyişmələrdən bitkilərin stres amillərinin təsirinə davamlılığının artırılması məqsədi ilə istifadə olunmasına cəhdlər edilir. Məsələn, belə cəhdlərdən biri Bəyaz [67, c.96, s.257] tərəfindən edilmişdir. Tədqiqatçının qeyd etdiyi kimi, onun işinin məqsədi toxumların səpindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsinin bitkinin yüksək duzluluq və quraqlıq streslərindən qorunmasında rolunu aydınlaşdırmaqdır və bu prosesdən məqsədyönlü istifadə etməkdir. Bu tədqiqat işində ot bitkisi olan *Vicia sativa* L. –in toxumları 100 Qr dozada şüalandırılmış və kontrol toxum nümunələri ilə birlikdə laboratoriya şəraitində yetişdirilmişdir. 14 günlük cücərtilər üzərində aparılan morfofizioloji və biokimyəvi analizlərin nəticələrindən aydın olmuşdur ki, toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi duz və yaxud da quraqlıq stressi ilə birlikdə quru kütlə toplanmasını, katalaza, superoksiddismutaza və askopbatperoksidaza fermentlərinin aktivliklərini, həmçinin də prolinin miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Alınmış nəticələrə əsaslanaraq müəllif hesab edir ki, toxumların səpindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsi tədqiq etdiyi bitkinin duz və quraqlıq streslərinə davamlılığını artırdığı üçün antioksidantların miqdarını tənzimləmək yolu ilə bitkinin stresə davamlılığını requlyasiya edir.

**Quraqlıq stressi şəraiti.** Düyü bitkisinin duz stresinə həssas olması ilə yanaşı, quraqlığa da həssas olması məlumdur. Bunu nəzərə alaraq, Kadhimi və s. [124, c.8, s.52] bu bitkinin quraqlığa davamlılığı ilə fərqlənən MR269 genotipi üzərində

tədqiqatlar aparmışlar. Tədqiqatçılar adı çəkilən bitkinin toxumlarının səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi üsulundan və quraqlığı emitasiya edən polietilenqlükol maddəsindən istifadə etmişlər. Təcrübə üçün toxumlar yüksək dozada (350 Qr)  $\gamma$ -şüalarla şüalandırılmış və 0, 10 və 20% -li polietilen qlükol (PEG-6000) ilə gücləndirilmiş standart mühitdə yetişdirilmişdir. Şüalanmış toxumların 20 % -li polietilenqlükol mühitində yetişdirilməsi göstərmişdir ki, bu halda köklərin uzunluğu, quru kütlə, xlorofilin, prolinin və karbohidratların miqdarı şüalanmamışlarla müqayisədə xeyli yüksək olur. Müəlliflərin gəldiyi son nəticə isə bundan ibarət olmuşdur ki, radioaktiv şüalanma quradlıq şəraitində bitkinin yetişməsini təmin etməklə yanaşı, həm də qeyd olunan göstəricilərin yaxşılaşmasına kömək edir.

Quraqlıq stresi soya bitkisinin də istehsalını məhdudlaşdıran əsas amillərdəndir. Quraqlıq stresi şəraitində bu bitkinin məhsuldarlığını artırmaq üçün müxtəlif vasitələrdən istifadəyə cəhdlər edilməsinə baxmayaraq, arzuolunan nəticələr almaq mümkün olmamışdır. Son illər bu məqsədlə toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinə müraciət edilmişdir [164, c.59, s.1; 165, c.17, s.63]. 20 Qr (təcrübə) dozada  $\gamma$ -şüalarla soya toxumları şüalandırılmış və həm şüalanmış, həm də şüalanmamış toxumları 2 müxtəlif nəmlikli (yaxşı suvarılan – 80 %-li və quraq – 35 %-li) torpaqda yetişdirilmişdir. Toxumların şüalanması halında xlorofilin miqdarı, fotosintetik aktivliyi, fosfoenolpiruvat karboksilaza və ribülozo-1,5-bifosfat karboksilaza/oksigenaza fermentlərinin aktivlikləri quraqlıq stresinə məruz qalmış bitkilərlə müqayisədə yüksək olur. Bu halda həllolunan şəkərin, ümumi zülalın və prolinin miqdarı da artır, peroksidaza və superoksiddismutaza fermentləri isə yüksək fəallıq nümayiş etdirir. Nəticələr 20 Qr qamma şüalanma dozasının su defisitinin dağıdıcı təsirini qismən tarazlaşdırdığını göstərir. Qamma şüalanmanın bu qoruyucu təsiri quraqlıq stresinin təsiri ilə kiçilmiş xloroplastların ölçüsünün artmasına və xloroplast ultrastrukturunun müəyyən dərəcədə yenidən bərpa olunmasına gətirib çıxarır.

Bu tədqiqat işində alınan nəticələr, ümumilikdə, əkindən əvvəl soya toxumlarının kiçik dozalarda (20 Qr) qamma şüalarla işlənməsinin bu bitkinin

quraqlığa davamlılığını artırmaq və su çatışmazlığı səbəbindən məhsul itkisini minimuma endirmək üçün istifadə edilə biləcəyini söyləməyə əsas verir.

**İstilik stresi şəraiti.** Toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin bitkilərin yüksək temperatur stresinə tolerantlığını artırma bilməsinə dair də nəticələr alınmışdır. Buğdanın ətraf mühitin temperatur artımına (istilik stresinə -İS) həssas olması məlumdur və həm də məlumdur ki, istilik stresi buğdanın məhsuldarlığını aşağı salmaqla yanaşı, onun keyfiyyət göstəricilərinə də mənfi təsir göstərir [117, s.365]. Qamma şüalanmanın bitkilərin biotik və abiotik streslərə davamlılığı ilə bağlı biokimyəvi və molekulyar parametrləri dəyişə bilməsi faktına [218, c.93, s.967] əsaslanaraq, Kumar və s. [139, c.174, s.637] buğda toxumlarını 0.2, 0.25 və 0.3 kQr dozalarda şüalandırmaqla, səpindən əvvəl toxumların qamma şüalarla işlənməsinin nisbətən yüksək temperatur şəraitində ( $38^{\circ}\text{C}$ , gündə bir saat fasiləsiz, ardıcıl 3 gün) inkişaf edən buğdanın endosperm toxumlarının temperatura tolerantlığına və keyfiyyətinə təsirini öyrənmişlər. Müəyyən edilmişdir ki,  $\gamma$ -şüalanma belə şəraitlərdə superoksiddismutaza və qlutation peroksidaza fermentlərinin aktivliklərinin artması hesabına  $\text{H}_2\text{O}_2$ -nin toplanmasını tənzimləyir. İşdə göstərilir ki,  $\gamma$ -şüalanma istilik stresi şəraitində həmçinin də AGPasa, SSS (nişasta sintaza) və  $\alpha$  – amilaza fermentlərinin aktivliklərini tənzimləmək yolu ilə nişasta və amilozanın sintezini də stabilləşdirir. Müəlliflərin fikrincə, təqdim olunan işdə alınan məlumatlar buğda toxumlarının inkişafı prosesində istilik stresinin təsirini azaltmaqla yanaşı, həm də onların qida maddələri ilə zəngin olmasını təmin edən sadə, ucuz və istifadəçi üçün rahat olan texnologiyayı tətbiq etməyə imkan verir.

Qeyd edək ki, kiçik dozalarda qamma şüalanmanın bitkilərin ətraf mühitin stres amillərinə qarşı tolerantlığını artırdığına dair məlumatların kifayət qədər olmasına baxmayaraq, stresə davamlılığın təməlinə duran mexanizmlər hələ də dəqiqliyi ilə aydınlaşdırılmayıb. Belə bir cəhdi, daha dəqiq desək, istilik stresi halında *Arabidopsis* cücərtilərində yarana biləcək neqativ effektlərin kiçik dozalı qamma şüalanmanın təsiri ilə azalmasına cavabdeh olan fizioloji və molekulyar mexanizmləri araşdırmaq cəhdini Zhang və s. [231, c.128, s.181] etmişlər. Tədqiqatçılar bu məqsədlə istilik şoku yaratmadan əvvəl bitkinin toxumlarını müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüaların təsirinə məruz

qoymuşlar. Aydın olmuşdur ki, 50 Qr şüalanma dozası halında istilik stresinə məruz qalmış cücərtilər daha yaxşı inkişaf edir. Bu şüalanma dozasında istilik stresi şəraitində nəzarət bitki ilə müqayisədə cücərtilərdə superoksid anion radikalların yaranma sürəti, hidrogen peroksidinin və malondialdehidin miqdarları əhəmiyyətli dərəcədə kiçik olur. Aydın olmuşdur ki, kiçik dozalarda şüalanmış cücərtilərdə nəzarət bitkilərlə müqayisədə antioksidant fermentlərin aktivlikləri, glutathionun və prolinin miqdarları da əhəmiyyətli dərəcədə artır və seçilmiş genlərin transkripsiya ekspressiyasının istiliyə davamlılıqla əlaqəli olan bəzi komponentlərinin istilik şoku altında stimullaşması baş verir.

**Ağır metal stresi şəraiti.** Ağır metalların da bitkilərin böyüməsinə və inkişafına mənfi təsir göstərən əsas ətraf mühit çirkləndiricilərindən olması məlumdur. Ərazi torpaqlarının ağır metallarla çirklənməsinin əsas yükü sürətli sənayeləşmənin və şəhərsalmanın üzərinə düşür və bu çirklənmə növünün bitkilərdə molekulyar səviyyədə fizioloji prosesləri dəyişdirə bilməsinə və yabanı bitkilərin biomüxtəlifliyinin, mədəni bitkilərin isə məhsuldarlığının azalmasına səbəb ola bilməsinə dair məlumatlar kifayət qədərdir. Məsələn, Tibetdə yetişən dağlıq arpanın məhsuldarlığının azalma səbəblərindən birinin ağır metal çirklənməsi olması hesab olunur. Vanq və s. [222, c.40, s.174] müxtəlif dozalarda (50 – 300 Qr doza oblastında) qamma şüalanmanın ağır metal stresi şəraitində yetişən arpanın fizioloji-biokimyəvi və molekulyar mexanizmlərinə təsirini araşdırmış və 50 Qr dozada  $\gamma$ -şüalanmanın qurğuşun/kadmium stresi şəraitində yetişən arpa cücərtilərinin inkişafını stimullaşdırdığını göstərə bilmişlər. Oksidləşdirici parametrlərə dair onların aldığı nəticələr isə 50 Qr şüalanma dozasında ağır metal stresi altında  $H_2O_2$  və MDA-nın səviyyəsinin nəzarət bitki ilə müqayisədə aşağı, antioksidant fermentlərin aktivliklərinin və prolinin miqdarının isə əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olduğunu göstərmişdir. Transmissiya elektron mikroskopu 50 Qr dozada şüalanmış cücərtilərdə şüalanmamış cücərtilərlə müqayisədə ağır metal stresi şəraitində xloroplastların daha yaxşı ultrastruktura malik olmalarını, transkripsiya ekspressiyası analizi isə belə şəraitdə 50 Qr şüalanma dozasının ağır metal nəqli və absis turşusunun metabolizmi ilə əlaqəli olan genlərin ekspressiyasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir etməsini göstərmişdir. Müəlliflər hesab edirlər ki, ağır

metalların kənd təsərrüfatı bitkilərinə toksiki təsirini azaltmaq üçün potensial texnologiya kimi toxumların və yaxud da cücərtilərin qamma şüalarla işlənməsindən istifadə etmək olar. Başqa sözlə desək, müəlliflərin fikrincə, kiçik dozalarda  $\gamma$ -şüalanma bitkinin ağır metal stresinə davamlılığını təmin edən fizioloji-biokimyəvi və molekulyar mexanizmləri gücləndirə bilər.

Ağır metalların bitkilərin inkişafına neqativ təsirini qamma şüalanma ilə azaltmağın mümkünlüyü Qi və s. –nin tədqiqat işində də sübut olunmuşdur [178, c.115, s.243; 180, c.175, s.1490]. Bu tədqiqat işində *Arabidopsis thaliana* bitkisinin quru toxumları əvvəlcədən 25 – 150 Qr doza oblastında qamma şüalarla şüalandırılmış, daha sonra bir variantda 75 mkm CdCl<sub>2</sub>, digər variantda isə 500 mkm Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> konsentrasiyalı duz mühitində yetişdirilmişdir. Metal stressi şəraitinə cavab reaksiyası kimi inkişaf parametrlərinin, fizioloji və molekulyar dəyişikliklərin təyini 50 Qr -ə bərabər qamma şüalanma dozasının *Arabidopsis* -in cücərmə indeksinə və köklərinin uzunluğuna maksimum müsbət təsir etməsini göstərmişdir. 50 Qr şüalanma dozası halında həm də cücərtildə nəzarət bitki ilə müqayisədə hidrogen peroksidinin və malondialdehidin miqdarının xeyli az olması, antioksidant fermentlərin aktivliklərinin və prolin miqdarının isə əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olması müəyyən edilmişdir. Bundan əlavə, seçilmiş genlərin transkripsiya ekspressiyasının təhlili ağır metal detoksikasiyasının bəzi komponentlərinin kadmium/qurğuşun stressi şəraitində kiçik dozalı qamma şüalanmanın təsiri ilə stimullaşdırıldığı müəyyən edilmişdir.

Müəlliflərin aldıkları nəticələrə əsaslanmaqla, hesab etmək olar ki, kiçik dozalı qamma şüalanma fizioloji reaksiyaları və genlərin ekspressiyası səviyyələrini modulyasiya etmək yolu ilə ağır metal stresinin *Arabidopsis* –a təsirini müəyyən dərəcədə yüngülləşdirə bilər.

## İ F Ə S İ L

### T Ə C R Ü B İ H İ S S Ə

**2.1. Tədqiqat obyektı** Tədqiqat obyektı kimi qarğıdalı və noxud bitkiləri seçilmişdir.

1. Noxud (*Cicer arietinum* L.) bitkisi paxlalılar (Fabacie ) fəsiləsinə aid birillik bitkidir. Təcrübə üçün yerli “Uqunənə” sortu seçilmişdir.

2. Qarğıdalı (*Zea mays*) birillik mədəni ot bitkisidir. Qarğıdalıkimilər (*Zea*) nəslinin dənli bitkilər (Poaceae) fəsiləsinin yeganə mədəni nümayəndəsidir. Təcrübə üçün yerli “Zaqatala 68” sortu götürülmüşdür.

Seçilmiş bitkilər duzadavamlılıqlarına görə fərqlənməklə yanaşı, həm də fotosintez xassələrinə (mexanizminə) görə bir-birlərindən xeyli dərəcədə fərqlənən bitkilər qrupuna aiddirlər. Daha dəqiq desək, noxud (*Cicer arietinum* L.) C<sub>3</sub>, qarğıdalı (*Zea mays*) isə C<sub>4</sub> bitki qrupunun üzvləridir.

**Tədqiqat metodları** olaraq, spektrofotometriya, sentrifüqasiya, fotokolorimetriya, biometriya, radiometriya, metodlarından istifadə edilmişdir.

#### **Tədqiqat cihazları:**

“RUXUND” markalı <sup>60</sup>Co qamma - şüalanma mənbəyi, КФК-2 УХЛ 4.2 markalı kolorimetr (Rusiya), “JENWEY-67” markalı (United Kingdom) spektrofotometri, “HİMAC –CT 15 RE” markalı (United Kingdom) sentrafuqa, “СДЛ-1” markalı (Rusiya) dielektrik separator, “Файна - М” markalı (Rusiya) rütubət ölçən, Dry Box /Incubator PH-070A markalı termostat (China), Electronic Balance ABT markalı elektron tərəzi (Czech Republic), PHS-25 markalı pH-metr (China), becərmə kamerası (fitotron).

#### **2.2. Təcrübələrin qoyuluşu:**

Bitkilərin inkişafının toxumların vəziyyətindən, onların nəmlik dərəcəsindən əhəmiyyətli dərəcədə asılı olmasını nəzərə alaraq, təcrübə üçün zədələnməmiş, təxminən eyni ölçülərə malik və nəmliyi 16 – 17 % olan toxumlardan istifadə

edilmişdir. Bunun üçün toxum nümunələri əvvəlcədən “СДЛ - 1” (Rusiya) markalı elektrik separatorunun köməyi ilə separasiya edilmiş və “Файна - М” (Rusiya) markalı nəmlik ölçən dielkometrin köməyi ilə onların nəmliyi müəyyən edilmişdir.

Seçilmiş toxumlar РУХУНД qamma-şüalanma qurğusunda  $^{60}\text{Co}$  şüalanma mənbəyindən istifadə edilməklə, səpindən əvvəl 1, 5,10, 50, 100, 200, 300 Qr -ə bərabər dozalarda şüalandırılmışdır. Kiçik və böyük şüalanma dozalarının seçilməsində məqsəd seçilmiş dozaların həm stimullaşdırıcı, həm də inhibirləşdirici doza oblastını əhatə etməsi ilə əlaqədar olmuşdur. Geniş intervalda şüalanma dozalarından istifadə isə verilmiş şəraitə uyğun stimullaşdırıcı və inhibirləşdirici doza oblastlarını müəyyənləşdirmək üçün edilmişdir.

Toxumların şüalandırılması üçün onlar xüsusi kağız paketlərdə (hər birində 30 toxum olmaq şərti ilə 3 variantda) yerləşdirilmiş və həmin paketlərdə də qamma şüalarla işlənmişlər. Şüalanmış və şüalanmamış toxumlar ayrı-ayrılıqda petri qablarında qaranlıq şəraitdə (toxumların torpaq altında cücərməsinə oxşar olaraq) cücərdilmişdir (şəkil 2.1).



**Şəkil 2.1. Toxumların cücərdilməsi və kökəmələgəlmə**

Köklər yaranan anda cücərtilər 500 ml həcmli vegetasiya qablarına köcürülmüşdür (şəkil 2.2).

Vegetasiya qablarında eyni vaxtda, eyni temperatur və eyni işıqlılıq şəraitində üç müxtəlif formada cücərtilər yetişdirilmişdir:

1. Müxtəlif dozalarda şüalanmış toxumlar adi su mühitində yetişdirilmişdir (məqsəd toxumların cücərməsinə yalnız şüalanmanın təsirini araşdırmaq olmuşdur);



**Şəkil 2.2. Cücərtilərin vegetasiya qablarında yetişdirilməsi**

2. Şüalanmamış toxumlar müxtəlif konsentrasiyalı duz mühitində yetişdirilmişdir (məqsəd toxumların cücərməsinə yalnız duzun təsirini araşdırmaq olmuşdur);
3. Müxtəlif dozalarda şüalanmış toxumlar müxtəlif konsentrasiyalı duz mühitində yetişdirilmişdir (məqsəd toxumların cücərməsinə şüalanma və duzun birgə təsirini araşdırmaq olmuşdur).

Duz mühiti NaCl duzundan istifadə edilməklə yaradılmışdır. 1, 5, 10, 50, 100 və 200 mM konsentrasiyalı duz mühitindən istifadə etmək məqsədmüvafiq hesab edilmişdir. Duz mühiti yaratmaq üçün əvvəlcə 1000 ml suya 58,5 q NaCl əlavə etməklə 1 M NaCl məhlulu hazırlanmışdır. Bu məhlulu adi su ilə durulaşdırmaq yolu ilə 500 ml həcmli vegetasiya qablarında yuxarıda qeyd olunan konsentrasiyalarda duz mühiti yaradılmışdır.

Bütün hallarda hidroponik cücərdilmə üsulundan istifadə edilmişdir və çalışılmışdır ki, toxumların təbii şəraitdə (torpaq altında) yetişdirilməsinə identik şərait yaradılsın. Başqa sözlə desək, becərmə prosesi laboratoriyada (fitatronda) qaranlıq şəraitdə 12 saatlıq gecə-gündüz rejimi yaradılmaqla aparılmışdır. Köklərin torpaq altında qaranlıq şəraitdə olmasını təmin etmək məqsədi ilə vegetasiya qabları əvvəlcədən qara kağızla örtülmüş vəziyyətdə olmuşdur. Xüsusi közərmə lampalarının köməyi ilə temperaturun gündüz  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ , gecə  $15\pm 1^{\circ}\text{C}$  olmasına, lüminessent lampaların köməyi ilə gündüz işıqlanmasının  $37,6 \text{ Vt/m}^2$  -ə, nəmlik dərəcəsinin isə gündüzlər 55%, gecələr 70% -ə bərabər olmasına nail olunmuşdur. Kameranın nəmlik

rejimi kamerada xüsusi qadlarda yerləşdirilmiş su vasitəsilə tənzimlənmişdir. Yetişmə kamerasına yerləşdirilmiş termometrin köməyi ilə temperatur, lyüksmetrin köməyi ilə işıqlılıq, psixrometrin köməyi ilə isə nəmlik rejimləri nəzarətdə saxlanılmışdır.

Nəticələr hər üç halda kontrollarla müqayisəli təhlil edilmişdir.

### **2.3. Bitki nümunələrində fotosintez piqmentlərinin (xlorofil *a*, xlorofil *b*, karotinoidlər) və antosianların miqdarının təyini**

Fotosintez piqmentlərinin və antosianların miqdarının təyini üçün Sims və Qamonun [201, c.81, s.344] istifadə etdikləri tənliklərdən istifadə etmişik:

$$\begin{aligned}K_{xl.a} &= 0.01373 \cdot A_{663} - 0.000897 \cdot A_{537} - 0.003046 \cdot A_{647} \\K_{xl.b} &= 0.02405 \cdot A_{647} - 0.004305 \cdot A_{537} - 0.005507 \cdot A_{663} \\K_{antosian} &= 0.08173 \cdot A_{537} - 0.00697 \cdot A_{647} - 0.002228 \cdot A_{663} \\K_{karot.} &= \{A_{470} - [17.1 \cdot (K_{xl.a} + K_{xl.b}) - 9.479 \cdot K_{antosian}]\} / 119.26\end{aligned}$$

(burada  $K_{xl.a}$ ,  $K_{xl.b}$  və  $K_A$ , uyğun olaraq, xlorofil *a* - nın, xlorofil *b* - nin və antosianların konsentrasiyalarıdır).

Qeyd edək ki, Sims və Qamonun təklif etdiyi üsula əsasən toxumaların ekstraksiyası üçün 80:20 həcm nisbətində (pH 7.8) aseton/Tris bufer məhlulu götürülür və karotinoidlərin təyini üçün xlorofil və antosianların mövcudluğuna görə korreksiya olunmuş düsturlardan istifadə edilir.

Standart məhlul hazırlamaq üçün Tris buferindən (pH 7,8) istifadə etmişik.

Spektrofotometrin köməyi ilə həm təcrübə, həm də standart məhlulların 470 nm, 537 nm, 647 nm və 663 nm dalğa uzunluqlarında optiki sıxlıqlarını ölçmüş və yuxarıdakı tənliklərin köməyi ilə xlorofil *a* -nın, xlorofil *b* -nin, antosianların və karotinoidlərin miqdarını müəyyənləşdirmişik (mkmol ml<sup>-1</sup> – lərlə).

### **2.4. Yarpaq nümunələrində malondialdehidin miqdarının təyini**

Malondialdehidin (MDA) sərbəst radikalların hüceyrə membranlarında yaratdığı lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyasının məhsulu olması məlumdur. Həm də məlumdur ki, MDA –nın miqdarına əsasən stress şəraitlərdə hüceyrə membranlarında baş verən dağıntıların miqyası haqqında fikir söyləmək olur (ədəbiyyat icmalı). Bu

səbəbdən də bu cür tədqiqatların aparılması zamanı MDA –nın miqdarının təyininə xüsusi önəm verilir.

Tədqiqat işimizdə MDA –nın miqdarının təyini üçün Okava və b.-nın [169, c.95, s.355] istifadə etdikləri üsuldən istifadə etmişik. Nümunələrin optik sıxlıqlarını spektrofotometrik üsulla 532 və 600 nm dalğa uzunluqlarında təyin etmişik.

MDA -nın konsentrasiyasını hesablamaq üçün

$$C_{\text{MDA}} = \frac{(D_1 - D_2) \cdot V_2}{\varepsilon \cdot L \cdot V_1} \text{ düsturundan istifadə etmişik.}$$

İfadədə  $\varepsilon$  -ekstinksiya əmsalıdır və ədədi qiyməti  $156 \text{ mM}^{-1} \text{ sm}^{-1}$  -ə bərabərdir.  $D_1$  və  $D_2$  532 və 600 nm dalğa uzunluğunda optik sıxlıqlar,  $V_1$  – kub sm-lərlə ümumi həcm,  $V_2$  –kub sm-lərlə küvetin son həcmi,  $L$  – küvetin sm -lərlə uzunluğudur.

MDA –nın konsentrasiyasını, metodikaya uyğun olaraq, mmol/l -lərlə hesablamışıq. Alınmış nəticələri bir qram quru kütləyə görə korreksiya etmişik.

## **2.5. Bitki nümunələrində flavonoidlərin ümumi miqdarının təyini**

Bitki yarpaqlarında flavonoidlərin ümumi miqdarını Lombayeva və b. -nin [29, c.2, s.67] işləyib hazırladığı metodikaya uyğun olaraq müəyyənləşdirmişik.

Metodikaya uyğun olaraq, nümunələrin optik sıxlıqlarını 414 nm dalğa uzunluğunda spektrofotometrik üsulla

$$X = \frac{D \cdot K^V}{m} \cdot \frac{m_s}{D_s \cdot K_s^V} \cdot \frac{100}{100 - W} \cdot 100$$

düsturunun köməyi ilə müəyyən etmişik (burada  $W$  – qurudulma prosesində kütlə itkisidir – faizlə,  $K^V$  –məhlulun durulaşdırılma əmsalıdır ki, onun da qiyməti 1250 –yə bərabərdir,  $K_s^V$ - rutin məhlulunun durulaşdırılma əmsalı olub, qiyməti 2500 -ə bərabərdir,  $m$  və  $m_s$ , uyğun olaraq, xam nümunənin və rutin qramlarla kütləsidir,  $D$  və  $D_s$  isə, uyğun olaraq, tədqiq olunan məhlulun və rutin məhlulunun optik sıxlıqlarıdır.

## **2.6. Bitki nümunələrində həllolunabilən ümumi zülalın miqdarının təyini**

Həllolunabilən zülalın miqdarını Sedmak və Qrossberqin [197, c.79, s.548] təklif etdiyi metoda əsasən təyin etmişik. Qeyd edək ki, təklif olunan bu metod Folin

məhlulu ilə qələvi mis məhlulu qarışığının zülalla reaksiyaya girməsinə əsaslanır. Məlum olduğu kimi, bu reaksiya nəticəsində göy rəng yaranır. Zülalın ümumi miqdarı isə yaranmış göy rəngin intensivliyinin kolorimetrlə ölçülməsinə əsasən təyin edilir. Bu məqsədlə kalibrlemə əyriləri qurulur ki, bunun da əsasında zülalın miqdarı (mq/ml –lərlə)  $m = \frac{A \cdot E}{H}$  düsturunun köməyi müəyyənləşdirilir (düsturda A - zülalın kalibrlemə əyrisinə əsasən müəyyənləşdirilmiş miqdarı, H - bitki nümunəsinin kütləsi, E – isə məhlulun durulaşdırma əmsalıdır).

### **2.7. Bitki nümunələrində prolinin miqdarının təyini**

Prolinin təyini üçün Beitis və b.-nın [66, c.39, s.206] təklif etdiyi metoddan istifadə etmişik. Nəzarət nümunə olaraq, toluol götürülmüşdür. Metodikaya uyğun olaraq, prolinin miqdarını qırmızı-narıncı rəngdə alınmış toluol fraksiyasının 520 nm dalğa uzunluğunda optik sıxlığına və standart L - prolinə əsasən qurulmuş korrelyasiya əyrisinə əsasən (mq/q quru kütlə vahidi ilə) təyin etmişik.

### **2.8. Yarpaq nümunələrində superoksiddismutaza (SOD) fermentinin aktivliyinin təyini**

Superoksiddismutaza (SOD) fermentinin aktivliyini spektrofotometrik üsulla Giannopolites və Ries -in [99, c.59, s.309-310] təklif etdiyi metoda əsasən təyin etmişik. Təklif olunan metodikaya uyğun hazırlanmış bitki qarışığının işıqda inkubasiyasından sonra spektrofotometrik üsulla optik sıxlıqlarının (560 nm dalğa uzunluğunda) dəyişməsinə müəyyənləşdirmişik.

Optik sıxlığın dəyişməsinə 3 müxtəlif variant üçün hesablamışıq:

- tam tərkibli  $E_1$  təcrübə variantı üçün;
- yarpaq-ferment ekstraktı əvəzinə 2.65 ml fosfat buferi daxil edilmiş  $E_2$  yoxlama variantı üçün;
- qaranlıqda saxlandıqdan sonra aktivliyinə baxılan  $E_3$  yoxlama variantı üçün.

SOD -un aktivliyini

$$A = \frac{[E_n - E_t]}{E_n} \cdot 100 \%$$

düsturunun köməyi ilə (faizlərlə) hesablamışıq.

Düsturda  $E_n$  və  $E_t$  uyğun olaraq, nəzarət və təcrübə variantlarının optik sıxlıqları,  $\Delta E = E_n - E_t$  isə həmin optik sıxlıqların dəyişməsidir. Qeyd edək ki,  $E_n = E_3 - E_2$ ,  $E_t = E_1 - E_2$  kimi təyin edilir, SOD - un aktivlik vahidi isə yaranmış formazanın 50% inhibirləşməsi qəbul edilir.

## **2.9. Yarpaq nümunələrində katalaza fermentinin aktivliyinin təyini**

Katalaza (KAT) fermentinin aktivliyini Rios - Gonzales və b.-nin [189, c.162, s.924-925] təklif etdiyi metodun köməyi ilə təyin etmişik. Məlum olduğu kimi, bu metodun əsasında spektrofotometrik üsul dayanır.

Nəzarət variantında qarışığa, metodikaya uyğun olaraq, ferment ekstraktının əvəzinə kalium-fosfat buferi məhlulu əlavə etmişik.

Optik sıxlığın azalmasını, metodikaya uyğun olaraq, fermentin aktivliyinin ölçüsü kimi qəbul etmişik.

Qarışıqın spektrofotometrik üsulla təyin edilmiş optik sıxlığının əsasında (240 nm dalğa uzunluğunda) katalazanın aktivliyini  $\text{mkmol}/(\text{mq}\cdot\text{dəq})$  vahidləri ilə

$$A = \Delta E (OS) \cdot \frac{V}{\varepsilon \cdot b}$$

düsturunun köməyi ilə hesablamışıq ( $V$  - küvetin,  $b$  - isə ferment ekstraktının həcmi,  $\Delta E(OS)$  – optik sıxlığın dəyişməsi,  $\varepsilon = 39.4 \text{ mM}^{-1}\cdot\text{sm}^{-1}$  -ə bərabər ekstinksiya sabitidir).

## **2.10. Yarpaq nümunələrində askorbatperoksidaza fermentinin aktivliyinin təyini**

Askorbatperoksidaza (APO) fermentinin aktivliyini də Rios - Gonzales və b.-nin [189, c.162, s.924-925] işləyib hazırladığı metodikaya uyğun təyin etmişik. Hazırlanmış qarışıqların optik sıxlıqlarını spektrofotometrin köməyi ilə (290 nm dalğa uzunluğunda) ölçmüşük.

$$A = \Delta E(OS) \cdot \frac{V}{\varepsilon \cdot b}$$

düsturundan istifadə etməklə və ölçmə nəticəsində optik sıxlığa dair aldığımız nəticələrin əsasında  $\text{mkmol}/(\text{mq}\cdot\text{dəq})$  vahidləri ilə APO –nun aktivliyini təyin etmişik.

Nəzarət variantında ferment ekstraktı əvəzinə kalium - fosfat buferi məhlulundan istifadə etmişik.

Hər iki halda reaksiyanın ilk 30 saniyəsi ərzində optik sıxlığın azalmasını aktivliyin ölçüsü kimi qəbul etmişik.

İfadədə  $V$  və  $b$ , uyğun olaraq, küvetin və ferment ekstraktının həcmi,  $\Delta E(OS)$  – nümunələrin optik sıxlıqlarının dəyişməsi,  $\varepsilon$  - isə ədədi qiyməti  $2.8 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$  - ə bərabər olan ekstinksiya sabitidir.

Təcrübələri üçqat bioloji və üçqat analitik təkrarlanma yolu ilə aparmışıq ki, bu da xətası  $\pm 20\text{-}25\%$  -ə qədər olan nəticələr əldə etməyə imkan vermişdir.

Nəticələri variasiya statistikasının standart metodları ilə *Sigma Plot* proqramında statistik işləmiş, cədvəl və şəkillərdə isə ölçülən kəmiyyətlərin orta riyazi qiymətlərini göstərmişik.

Nəzarət və təcrübə nümunələrinə dair aldığımız nəticələrin fərqi *Styudentin t* - meyarı əsasında qiymətləndirmişik [144, s.328]. Fərqlərin dürüslüyü  $|t| > 2$  ( $p < 0.05$ ) şərtini ödəmişdir.

### III FƏSİL

#### ALINMIŞ NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN İZAHİ

##### 3.1. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi

Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi öz sadəliyinə və ucuz başa gəlməsinə görə bu gün ən çox tətbiq olunan işlənmə üsuludur. Qeyd olunur ki, toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi kənd təsərrüfatı bitkilərinin becərilməsinin iqtisadi səmərəliliyini artırmağa imkan verir ki, bu da özünü daha çox bitkilərin boyatma və inkişafının sürətlənməsində, vegetasiya periodunun qısalmasında, məhsuldarlığın artmasında və məhsulun maya dəyərinin azalmasında göstərir [43, c.22, s.80].

Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi yalnız məhsulun artırılmasına yönələn üsul deyil, bu, həm də kənd təsərrüfatı bitkilərinin keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılması məqsədi ilə həyata keçirilən üsuldur. Məsələn, ayrı-ayrı illərdə aparılmış tədqiqat işlərində toxumları səpinəvvəli qamma şüalarla işlənmiş şəkər çuğundurunda şəkərin, dənli bitkilərdə zülalın, kartofda nişastanın, dərman bitkilərində faydalı alkaloidlərin, meyvəli və tərəvəz bitkilərində vitaminlərin artmasına dair nəticələr alınmışdır [24, c.261; 28, c.25]. 100 Qr dozada qamma şüalarla işlənmiş toxumlardan yetişən buğda cücərtilərində xlorofilin və prolinin miqdarının [72, c.42, s.2281], 20 Qr dozada isə şüalanmış toxumlardan cücərən paxla bitkisinə həllolunan şəkərin, zülalın və prolinin konsentrasiyasının artması qeydə alınmışdır [164, c.59, s.1; 165, c.17, s.63].

Hesab olunur ki, ionlaşdırıcı şüalanma hüceyrədaxili müdafiə sistemini aktivləşdirir, bu da, öz növbəsində, mürəkkəb siqnal yolları zənciri üzrə fizioloji proseslərin stimullaşmasına səbəb olur [206, c.38, s.641]. Başqa bir fikrə əsasən isə toxumların kiçik dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin yaratdığı stimullaşdırıcı effekt fitohormonal balansın dəyişməsinin nəticəsi ola bilər [224, c.38, s.553].

Radioaktiv şüalarla toxumların stimullaşdırılmasından bu gün də bitkilərin məhsuldarlığının artırılmasında və keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılmasında uğurla istifadə edilir. Müəyyən edilmişdir ki, toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi kimyəvi işlənmədən nəinki zəif, bəzən hətta daha yüksək effect verə bilər [27, c.108].

Səpinəvvəli toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin bitkilərin stress şəraitlərdə (o cümlədən, duz stresi şəraitində) inkişafına təsirinə dair tədqiqatların aparılmasına da bu gün xüsusi önəm verilir. Qeyd edək ki, toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin bitkilərin duz stresi şəraitində boyatma və inkişafını stimullaşdırma biləcəyinə dair fikirlər bəzi işlərdə öz təsdiqini tapmışdır [141, c.2, s.292]. Həmçinin də mədəni bitkilərin yalnız yüksək məhsuldarlığı ilə deyil, həm də stress amillərinin təsirinə yüksək davamlılığı ilə fərqlənən çoxlu sortlarını almaq mümkün olmuşdur [85, c.1, s.251; 105, c.16, s.683; 195, c.35, s.938; 204, c.6, s.421].

Yeni yanaşma üsulundan, yəni toxumların əvvəlcədən qamma şüalarla işlənməsi üsulundan istifadə etməklə stress amilinin bitkilərə neqativ təsirini azaltmağa [89; 224], bitkilərin yüksək duzluluğa davamlılığını artırmağa [96, c.10, s.1; 141, c.2, s.292; 181, s.1010] cəhdlər edilməklə yanaşı, həm də radiasiya ilə duz streslərinin yaratdığı fizioloji və biokimyəvi dəyişmələrin mexanizminə aydınlıq gətirməyə çalışmışlar [141, c.2, s.292].

Son illər tədqiqatçılar səpinəvvəli toxumların şüalandırılması üsulundan stress şəraitlərdə bitkilərin inkişafının stimullaşdırılmasına cavabdeh olan genlərin axtarılması üçün bir vasitə kimi də istifadə etməyə cəhdlər edirlər [102, c.213, s123].

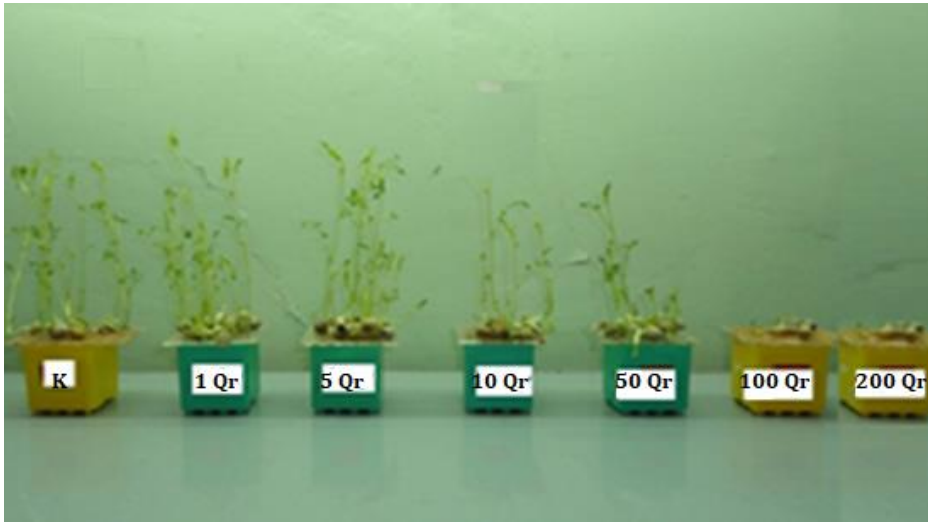
Bu deyilənləri nəzərə alaraq, tədqiqat işimizin əvvəlində cavab mühafizə reaksiyaları kimi toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin noxud bitkisinin həm adi şəraitdə, həm də duz stresi şəraitində boyarma və inkişafına təsirini aydınlaşdırmışıq. Bitkinin  $\gamma$ -şüaların təsirinə reaksiyası həm biometrik göstəricilərdə, həm də MDA, prolin və ümumi zülalın miqdarında baş verən dəyişmələrə əsasən qiymətləndirilmişdir. Bu halda kifayət qədər geniş şüalanma dozası (1 - 200 Qr) və duz konsentrasiyası (1- 200 mM) intervalından istifadə edilmişdir. İonlaşdırıcı şüalanmanın və duzun təsiri həm ayrı-ayrılıqda, həm də birlikdə tədqiq edilmişdir [15, s.5; 118, c.13, s.96].

### 3.1.1. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən noxud (*Cicer arietinum* L.) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi

Tədqiqat işinə toxumların cücərmə faizinin müəyyənləşdirilməsi ilə başlamışıq. Bunun üçün Petri qablarında yetişdirilən toxumların 4 günlük cücərtilərinin sayının cücərmə məqsədi ilə qablarda yerləşdirilmiş toxumların ümumi sayına nisbətini müəyyənləşdirmişik. Aydın olmuşdur ki, toxumların cücərmə faizi bütün hallarda 87 – 92 % arasında dəyişmişdir və bu parametr toxumların şüalanma dozəsindən, demək olar ki, asılı olmamışdır.

Cücərtilərin kök sistemləri formalaşandan sonra onlar vegetasiya qablarına köçürülmüş və onlar üzərində fasiləsiz müşahidələr aparılmışdır.

Şəkil 3.1 –də şüalanmış toxumlardan əmələ gələn ikihəftəlik noxud cücərtilərinin görünüşü təqdim edilmişdir.



**Şəkil 3.1. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş ikihəftəlik noxud cücərtilərinin inkişaf parametrlərinin şüalanma dozəsindən asılılığı**

Şəkildən diqqəti cəlb edən toxumların şüalanma dozəsinin 1 və 5 Qr -ə bərabər qiymətlərində ionlaşdırıcı şüalanmanın bu bitkinin inkişafına stimullaşdırıcı təsir göstərməsi, (10 – 50) Qr doza oblastında, əksinə, şüalanma dozəsinin artması ilə bitkinin boyatma və inkişafının ləngiməsi, 100 Qr –dən yüksək dozalarda isə cücərtilərin, ümumiyyətlə, inkişaf etməməsidir.

Daha sonra ikihəftəlik cücərtilərin biometrik göstəricilərinin (parametrlərinin) təyininə dair ölçmə işləri aparmışıq. Biometrik göstəricilər kimi cücərtilərin boyunun uzunluğu, əsas kökün uzunluğu, köklərin sayı, yarpaqların sayı və ölçüləri, zoğların sayı və zoğlararası orta məsafə təyin edilmişdir.

Toxumları səpindən əvvəl müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud bitkisinin biometrik göstəricilərə dair aldığımız nəticələr cədvəl 3.1 – də təqdim edilmişdir.

**Cədvəl 3.1.**

**Noxud bitkisinin biometrik göstəricilərinin toxumların şüalanma dozasından asılılığı**

Radiasiya dozası, Qr	Cücərtinin boyu, sm	Yarpaqların sayı	Zoğların sayı	Zoğlararası orta məsafə, sm	Əsas kökün uzunluğu, sm	Köklərin sayı	Yarpağın sahəsi, sm <sup>2</sup>
K	18-19	13	8	2.2 - 2.3	7-8	10	48
1	19-20	14	9	2.1 - 2.2	9-10	11	46
5	20-21	15	9	2.3 - 2.4	9-10	12	50
10	19-20	15	8	2.2 - 2.3	8-9	11	46
50	15-16	8	4	2.1 - 2.2	5-6	10	44
100	1-3	2	2	0.5 - 1.0	3-4	9	12
200	1-2	-	-	-	3-4	9	-

Biometrik göstəricilərə dair nəticələrdən aydın olur ki, 1-5 Qr dozalarda şüalandırılmış toxumlardan yetişən bitkilər boyatma intensivliyinə görə nəzarət bitkini üstələyir. Belə ki, bu hallarda bitkinin həm gövdəsinin, həm də köklərinin uzunluqları nəzarət bitki ilə müqayisədə böyük olur. Bu hallarda həmçinin zoğların sayı və zoğlararası məsafə də nəzarətlə müqayisədə böyük olur.

Deməli, toxumların 1-5 Qr dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi halında noxudun əsas biometrik göstəricilərinin böyüməsi müşahidə edilir. Ayrı-ayrı parametrlərin göstərişlərinin maksimal artımı (nəzarətlə müqayisədə ~ 20 %) toxumların 5 Qr dozada şüalanması halında müşahidə edilir. Yüksək dozalar isə bitkinin boyatma və inkişafını, demək olar ki, tamamilə dayandırır. Nəticələr köklərin sayının şüalanma dozasından kəskin asılılığının olmadığını göstərir. Köklərin uzunluğu üçün isə fərqli nəticələr alınır. Daha doğru desək, 1- 10 Qr şüalanma dozası oblastında ionlaşdırıcı şüalanma köklərin inkişafına stimullaşdırıcı təsir göstərir.

Toxumları səpindən əvvəl şüalanmış bitkilərin boyatma və inkişafının öyrənilməsinə dair aldığımız nəticələrə yekun vuraraq, hesab etmək olar ki, noxud bitkisinin toxumları üçün stimullaşdırıcı doza oblastı 1-10 Qr intervalında yerləşir, 10 Qr –dən yüksək dozalar isə bu bitkinin boyatma və inkişafına mənfi təsir göstərir.

### **3.1.2. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş noxud (*Cicer arietinum* L.) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi**

Duz stresinin noxud bitkisinin boyatma və inkişafına təsirini öyrənmək məqsədi ilə bu bitkinin toxumlarını müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişdirmişik. Bu halda duzun təsirini radioaktiv şüalanmanın təsirindən ayırmaq, yəni yalnız duzun təsirinə aydınlıq gətirmək üçün toxumlar radioaktiv şüalarla əvvəlcədən işlənməmişdir.

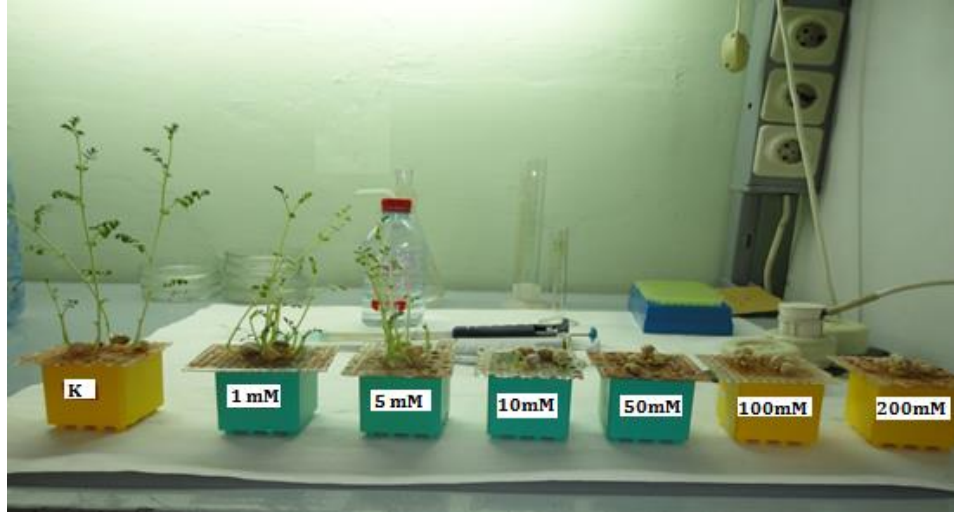
Petri qablarında noxud toxumlarının cücərdilməsinə dair apardığımız tədqiqatların nəticələrindən aydın olmuşdur ki, noxud toxumlarının cücərməsinin duzun konsentrasiyasından kəskin asılılığı mövcuddur. Başqa sözlə, NaCl –un konsentrasiyasının artması toxumların cücərmə sayını kəskin azaldır. Belə ki, əgər bu bitkinin nəzarət nümunəsi üçün cücərmə sayı  $\sim 90$  % təşkil edərsə, 1 mM konsentrasiyalı NaCl mühitində bu rəqəm  $\sim 80$  % -ə bərabər olur. Duz konsentrasiyası 5 mM, 10 mM və 50 mM olan hallarda cücərmə faizi daha da azalaraq, uyğun olaraq,  $\sim 70$  %,  $\sim 50$  % və  $\sim 20$  % -ə bərabər olur. 100 mM və 200 mM kimi yüksək duz konsentrasiyalarında isə toxumlar, demək olar ki, cücərmir.

Müxtəlif konsentrasiyalı NaCl mühitində yetişən noxud bitkisinin görünüşü şəkil 3.2 –də, bu bitkinin müxtəlif konsentrasiyalı duz mühitində biometrik göstəricilərinə dair aldığımız nəticələr isə cədvəl 3.2 –də öz əksini tapmışdır.

Şəkildən görüldüyü kimi, hətta ən kiçik (1 mM) konsentrasiyalı NaCl bitkinin inkişafına əhəmiyyətli ləngidici təsir göstərir. Duzun konsentrasiyasının artması isə bu təsiri daha da gücləndirir. 50 mM –dan yüksək duz konsentrasiyalarında bitkinin inkişafı tamamilə dayanır.

Cədvəl 3.2 –də təqdim edilən nəticələr göstərir ki, həqiqətən də duz stresinin noxud bitkisinin boyatma və inkişafına təsiri kifayət qədər dramatikdir. Bu təsir özünü,

demək olar ki, bütün biometrik parametrlərin kəskin azalmasında göstərir.



**Şəkil 3.2. Müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişən ikihəftəlik noxud cücərtilərinin görünüşü**

Daha dəqiq desək, NaCl –un konsentrasiyasının artması (duz stresinin şiddətlənməsi) cücərtilərin boyunun, yarpaqların sayının və sahəsinin, zoğların sayının və zoğlararası məsafənin, əsas kökün uzunluğunun böyük miqyaslı azalmasına səbəb olur. Köklərin sayında isə, göründüyü kimi, duzun konsentrasiyasından asılı dəyişmələr çox da böyük deyil.

**Cədvəl 3.2.**

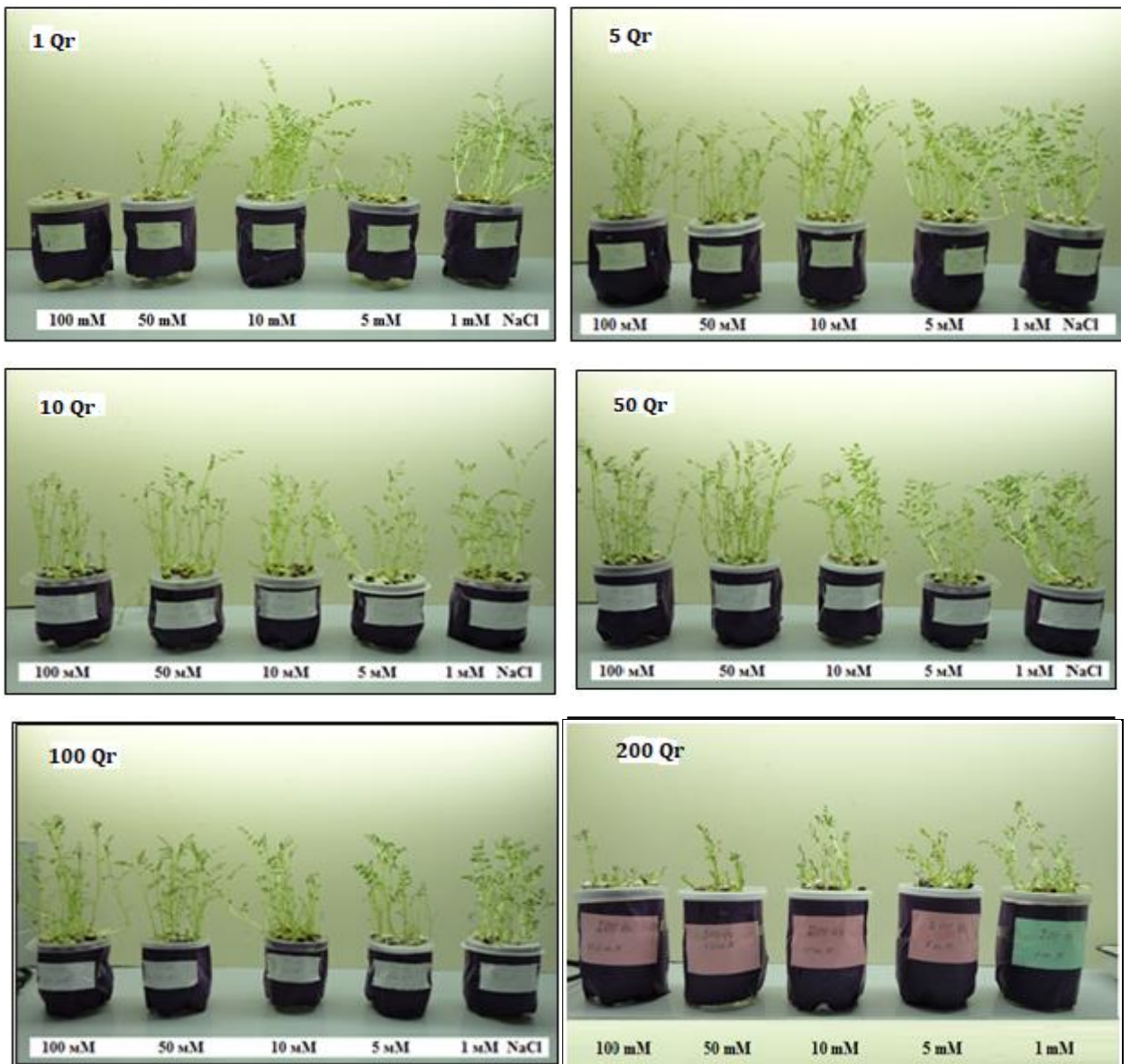
**Noxud bitkisinin biometrik göstəricilərinin NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

NaCl –un konsen- trasiyası, mM	Cücərtinin boyu, cm	Yarpaqların sayı	Zoğların sayı	Zoğlararası orta məsafə, cm	Əsas kökün uzunluğu, sm	Köklərin sayı	Yarpağın sahəsi, cm <sup>2</sup>
K	18	13	8	2.2 - 2.3	7-8	11	47
1	15	9	6	1.8 - 1.9	7-8	12	26
5	11	5	5	1.3 - 1.4	5-6	11	11
10	5	2	2	0.4 - 0.5	3-4	10	0,7
50	2	-	-	-	2-3	8	-
100	-	-	-	-	1-2	8	-
200	-	-	-	-	-	-	-

### 3.1.3. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud (*Cicer arietinum* L.) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi

Belə bir tədqiqatın aparılmasında məqsəd toxumların  $\gamma$ -şüalarla səpindən əvvəl işlənməsinin onların duz stresi şəraitində inkişafına təsirini araşdırmaq olmuşdur. Ona görə də şüalanmanın və duz stresinin əvvəlcədən ayrılıqda təsirinə aydınlıq gətirməyi məqsədmüvafiq hesab etmişdik.

Toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin onların duz stresi şəraitində inkişafına təsiri şəkil 3.3 –də öz əksini tapmışdır.



Şəkil 3.3. Duz stresi şəraitində şüalanmış toxumlardan yetişən ikihəftəlik noxud bitkisinin biometrik göstəricilərinin duz konsentrasiyasından asılılığı

Şəkildən də görüldüyü kimi, geniş spektrdə tədqiqat işləri aparmışıq. Belə ki, 1, 5, 10, 50, 100 və 200 Qr dozalarda şüalandırılmış toxumlar 1, 5, 10, 50 və 100 mM konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişdirilmişdir, yəni kifayət qədər həm geniş şüalanma dozası intervalı, həm də geniş duz konsentrasiyası oblastı seçilmişdir. Bu halda 200 mM duz konsentrasiyasından istifadə edilməməsinin səbəbi bu konsentrasiyada bitkinin inkişaf etməməsi olmuşdur.

Aldığımız nəticələr kifayət qədər maraq kəsb edən nəticələrdir. Nəticələrin xüsusi maraq kəsb etməsinin səbəbi, ilk növbədə, ondadır ki, ayrılıqda  $\gamma$ -şüalanma yüksək dozalarda, NaCl isə yüksək konsentrasiyalarda bu bitkinin boyatma və inkişafına inhibirləşdirici təsir göstərdiyi halda, ikili stress şəraitində hətta bu dozalarda və bu konsentrasiyalarda belə bitki normal inkişaf edə bilər. Belə çıxır ki, ionlaşdırıcı şüalanma duz stresinin neqativ təsirini müəyyən dərəcədə zəiflədə bilər. Daha dəqiq desək, (5 – 100) Qr dozalarda şüalanmış toxumlardan yetişən cücərtilər hətta yüksək duz konsentrasiyalı NaCl məhlulunda belə normal inkişaf edə bilər.

Hesab edirik ki, bu hallarda toxumların udduğu ionlaşdırıcı şüalanma enerjisi requlyator sistemlərinin işini stimullaşdırmaqla, metabolik proseslərin (maddələr mübadiləsinin və enerji mübadiləsinin) gedişinə kömək edir. Bu da, məlum olduğu kimi, bitkilərin boyatma və inkişafı üçün çox vacibdir.

Bir faktı da qeyd edək. Aydınır ki, bitkilər real şəraitlərdə bəzən eyni zamanda bir neçə ətraf mühit amilinin birgə təsirinə məruz qala bilər ki, bu təsirlər də antaqonist, additiv və yaxud da sinergetik toplana bilər. Radiasiya və duz streslərinin birgə təsirinə görə aldığımız nəticələrin bu nöqtəyi nəzərdən izahını vermək olar

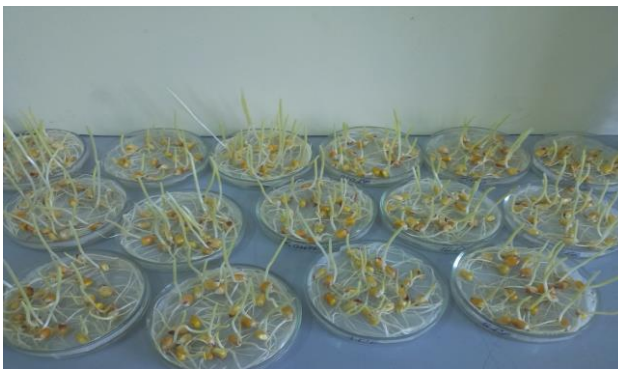
Son illər “kross-adaptasiya” adlandırılan bir hadisə müəyyən diskussiyalara səbəb olmuşdur. Bir çox tədqiqatçıların işlərində təstiqini tapmış bu hadisənin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, bitkilərin hər hansı bir ətraf mühit amilinin təsirinə adaptasiya etməsi onların digər amillərin təsirinə müqavimətini artırır [25, c.37, s.987; 223, c.22, s.498; 232, c.6, s.1]. Hesab edirik ki, bizim aldığımız nəticələr bu fikirlərlə tamamilə uyğunluq təşkil edir.

Noxud bitkisinə dair aldığımız nəticələrə yekun vuraraq, qeyd etmək olar ki, toxumları 1 – 5 Qr dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş və normal şəraitdə yetişən bu bitkinin

biometrik göstəricilərində nəzərəcarpacaq artma müşahidə olunur. Ayrı-ayrı biometrik göstəricilərdə maksimal artım 5 Qr şüalanma dozasında müşahidə edilir. 10 Qr –dən yüksək dozalarda isə ionlaşdırıcı şüalanma bu bitkinin inkişafını ləngidir (biometrik göstəricilərini kiçildir). Duz stresi isə hətta kiçik konsentrasiyalarda (1mM) belə şüalanmamış toxumlardan yetişən bitkilərin biometrik göstəricilərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. NaCl –un konsentrasiyasının (1- 10) mM intervalında artması bu bitkinin inkişafına daha çox ləngidici təsir göstərir, 10 mM –dan yüksək konsentrasiyalar isə bitkinin inkişafını, demək olar ki, dayandırır. Bu tədqiqatın xüsusi maraq kəsb edən nəticəsi ondan ibarətdir ki, toxumların (5 – 100) Qr dozalarda şüalanması bu bitkinin hətta yüksək konsentrasiyalı duz məhlulunda belə normal inkişafını təmin edə bilər.

#### **3.1.4. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən qarğıdalı (*Zea mays*) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi**

Qeyd edək ki, 2 müxtəlif bitkinin tədqiqat obyektinə kimi seçilməsinin səbəbi onların duza davamlılığının fərqlənməsi olmuşdur. Qarğıdalı bitkisinin də, noxudda olduğu kimi, toxumları petri qablarında cücərdilmiş və əmələ gələn cücərtilər adi su ilə doldurulmuş vegetasiya qablarına köçürülmüşdür. Bu bitkinin 5 günlük cücərtilərinin görünüşü şəkil 3.4 –də verilmişdir.

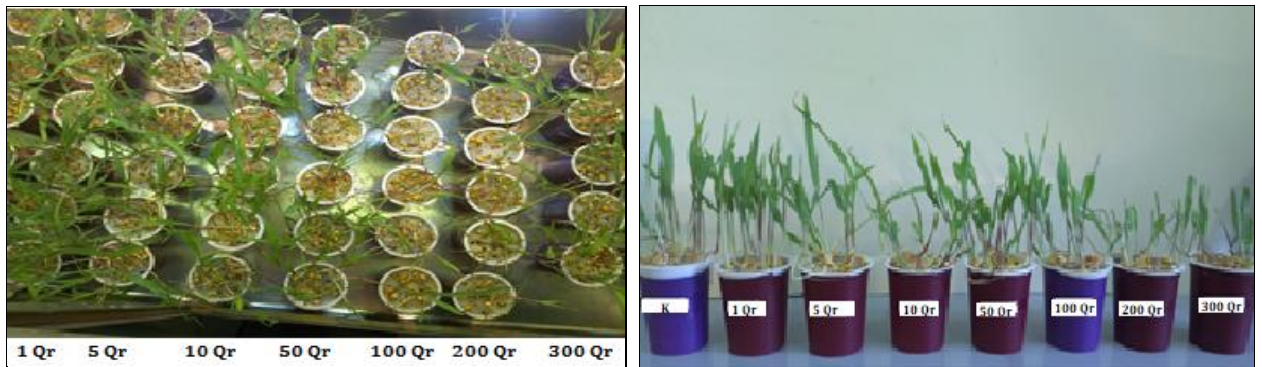


**Şəkil 3.4. Toxumları səpindən əvvəl müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş və adi su şəraitdə yetişdirilmiş qarğıdalı bitkisinin 5 günlük cücərtilərinin görünüşü**

Cücərtilər üzərində mütəmadi müşahidələr aparılmış və onların biometrik göstəricilərində baş verən dəyişmələr qeydə alınmışdır.

Toxumları səpindən əvvəl müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş və adi (normal) şəraitdə yetişdirilmiş qarğıdalı bitkisinin biometrik göstəricilərinin şüalanma dozasından asılılığına dair nəticələr şəkil 3.5 –də öz əksini tapmışdır.

Şəkildən qarğıdalının biometrik göstəricilərinin şüalanma dozasından asılılığı aydın görünür. Daha dəqiq desək, aydın olur ki, 1 və 5 Qr -ə bərabər şüalanma dozaları bu bitkinin inkişafına stimullaşdırıcı, 100 Qr və ondan böyük dozalar isə ləngidici təsir göstərir.



**Şəkil 3.5. Toxumları səpindən əvvəl müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş və adi su şəraitdə yetişdirilmiş qarğıdalı bitkisinin 2 həftəlik cücərtilərinin görünüşü**

Noxud və qarğıdalının biometrik göstəricilərinin toxumların şüalanma dozasından asılılığının müqayisəsi bitki toxumlarının ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirinə həssaslığının eyni olmadığını göstərir. Belə ki, əgər noxud üçün ionlaşdırıcı şüalanma 10 Qr –dən yüksək dozalarda bu bitkinin inkişafına ləngidici təsir göstərsə və 100 Qr və ondan yüksək dozalarda bitkinin inkişafını tamamilə inhibirləşdirsə, qarğıdalı bitkisi üçün ionlaşdırıcı şüalanma 10 Qr –dən yüksək dozalarda bitkinin inkişafını, az da olsa, ləngitsə də və 100 Qr –dən yüksək dozalarda bu ləngimələr nisbətən irimiqyashlı olsa da, o, noxuddan fərqli olaraq, yüksək şüalanma dozalarında belə inkişaf edə bilər.

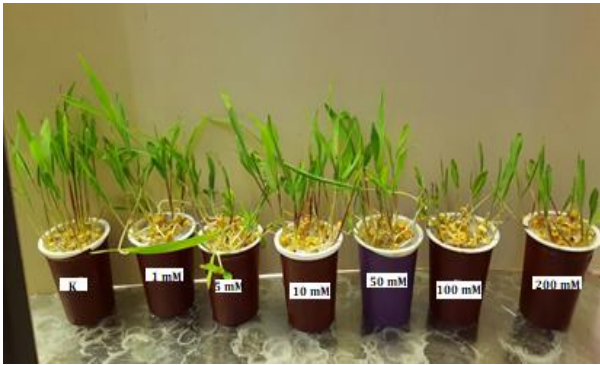
Aldığımız nəticələr qarğıdalı və noxud toxumlarının ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirinə davamlılığının fərqli olmasını göstərir. Daha doğrusu, bu nəticələr qarğıdalı

toxumlarının noxudla müqayisədə ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirinə daha yüksək davamlılıq göstərməsinin sübutu kimi götürülə bilər [122, s.73].

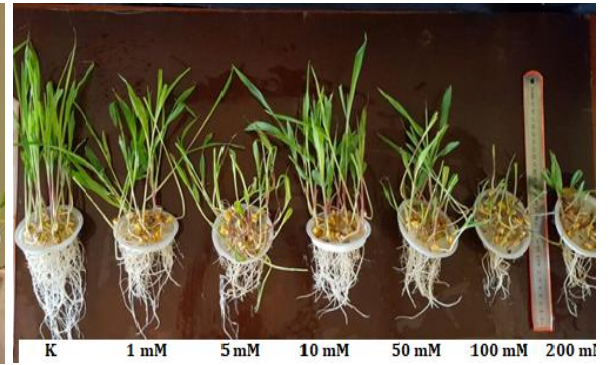
### **3.1.5. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş qarğıdalı (*Zea mays*) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi**

Tədqiqat işimizin növbəti hissəsinin aparılmasında məqsəd yalnız duz stresinin qarğıdalı bitkisinin boyatma və inkişafına təsirini aydınlaşdırmaq olduğundan bu halda bitkinin şüalanmamış toxumlarından istifadə edilmişdir.

Müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişdirilən qarğıdalı bitkisinin boyatma və inkişaf parametrlərinin duz konsentrasiyasından asılılığına dair nəticələr şəkil 3.6 – da və şəkil 3.7 - də verilmişdir.



**Şəkil 3.6. Qarğıdalı bitkisinin 2 həftəlik cücərtilərinin boy parametrlərinin NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**



**Şəkil 3.7. Qarğıdalı bitkisinin 2 həftəlik cücərtilərinin kök parametrlərinin NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Təqdim olunan şəkillərdən aydın olur ki, duz bütün konsentrasiyalarda qarğıdalının biometrik göstəricilərinə təsir göstərir. Daha dəqiq desək, NaCl –un konsentrasiyasının artması, noxud bitkisində olduğu kimi, bu bitkinin də boyatma və inkişafına ləngidici təsir göstərir. Ləngidici təsir bitkinin kök sistemində də özünü aydın biruzə verir.

Noxuddan fərqli olaraq, qarğıdalı yüksək duz konsentrasiyalarında da (50 – 200 mM), zəif də olsa, inkişaf edə bilər. Yada salmaq ki, noxud 50 mM –dan yüksək duz

konsentrasiyalarında, ümumiyyətlə, inkişaf etmirdi. Belə çıxır ki, qarğıdalı bitkisi ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirinə yüksək rezistentlik göstərə bildiyi kimi duz stresinin təsirinə də yüksək davamlılıq göstərə bilir.

Hesab edirik ki, qarğıdalının, noxuddan fərqli olaraq, radiasiya və duz streslərinin təsirinə yüksək davamlılıq göstərə bilməsinin səbəbi onun antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyətinin xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır. Burada bitkilərin daxili antioksidant müdafiə potensialından istifadə qabiliyyətləri də onların stresdən mühafizə olunmasında mühüm rol oynayır.

Sonrakı paraqraflarda, yəni duz və radiasiya stresləri şəraitlərində hər iki bitkinin antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyətinə həsr olunmuş tədqiqatlarımızda (paraqraf 3.5.2) bu məsələyə aydınlıq gətirməyə çalışacağıq.

### **3.1.6. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş qarğıdalı (*Zea mays*) bitkisinin biometrik göstəricilərinə təsirinin tədqiqi**

Artıq qeyd etdiyimiz kimi, toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi bəzi bitkilərin duz stresi şəraitində inkişafını təmin edə bilər. Biz bunun noxud bitkisi misalında şahidi olduq.

Oxşar formada təsirin duzadavamlılığı ilə fərqlənən qarğıdalı bitkisi üçün də doğru olub-olmadığını yoxlamaq və bu sahədə müəyyən qanunauyğunluğun müəyyənləşdirilməsi, ümumiləşmiş fikrin söylənməsi üçün 50 Qr dozada toxumları şüalandırılmış qarğıdalının müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulunda boyatma və inkişafını öyrənməyi məqsədmüvafiq hesab etmişik. Şüalanma dozasının 50 Qr -ə bərabər seçilməsinin səbəbi bu dozanın qarğıdalı üçün stimullaşdırıcı doza oblastına düşməsidir.

Şəkil 3.8 və şəkil 3.9 -da toxumları 50 Qr dozada şüalandırılmış və müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişdirilmiş qarğıdalı cücərtilərinin və onların köklərinin görünüşü verilmişdir.

Radioaktiv şüalanmanın ayrılıqda yüksək dozalarda (200 – 300 Qr), duzun isə ayrılıqda böyük konsentrasiyalarda (100–200 mM) qarğıdalının inkişafını inhibirləşdirməsini təcrübi yolla müəyyənləşdirmişdik. İkili stress şəraitində isə fərqli



Hər iki bitkiyə dair aldığımız nəticələrə əsaslanaraq, hesab edirik ki, şoran torpaqlarda noxud və qarğıdalı yetişdirmək üçün toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənmə texnologiyasından istifadə etmək arzuolunan nəticələrə səbəb ola bilər.

### **3.2. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitki hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının gedişinə təsirinin tədqiqi**

Qeyd edək ki, radioaktiv şüalanmanın bioloji obyektlərə təsir mexanizminə dair radiobiologiyada 2 müxtəlif fikir formalaşmışdır. “Dolaylı təsir mexanizmi” adlanan birinci təsir mexanizmini hüceyrədə baş verən kimyəvi çevrilmələrlə əlaqələndirirlər [30, c.79, s.1142]. Hesab olunur ki, dolaylı təsir mexanizminin əsasında ionlaşdırıcı şüalanmanın su molekulları ilə qarşılıqlı təsiri və bu qarşılıqlı təsir nəticəsində yaranan müxtəlif ionların və sərbəst radikalların törətdiyi reaksiyalar dayanır [30, c.79, s.1143].

“Birbaşa təsir mexanizmi” və yaxud da “Hədəf nəzəriyyəsi” adlanan ikinci təsir mexanizminin əsasında isə radioaktiv şüalanmanın hüceyrədə hədəf rolunu oynayan DNT və RNT ilə birbaşa qarşılıqlı təsiri dayanır [41, c.4, s.84].

Aydınır ki, “Birbaşa təsir mexanizmi” –nə əsasən sərbəst radikalların hüceyrə membranlarının lipidləri ilə də birbaşa qarşılıqlı təsirdə ola bilməsi mümkündür. Müəyyən edilmişdir ki, bu formada qarşılıqlı təsir nəticəsində lipidlərin radikal-zəncir mexanizmi üzrə oksidləşməsi baş verir [163, c.40, s.439]. Qeyd olunur ki, stress şəraitlərdə yaranan sərbəst radikallar hüceyrə membranlarında lipidlərin peroksid oksidləşməsi reaksiyalarına səbəb olur ki, bu da sonda membranların zədələnməsində (bəzən də dağılmasında) müstəsna rol oynayır [127, s.81].

Ayrı-ayrı müəlliflər tərəfindən müəyyən edilmişdir ki, lipidlərin peroksid oksidləşməsi reaksiyaları son nəticədə hüceyrədə malon dialdehid (MDA) adlanan maddənin toplanmasına səbəb olur və bu maddənin miqdarına əsasən də lipidlərin peroksid oksidləşmə səviyyəsi, daha dəqiq desək, membranların zədələnmə dərəcəsi haqqında fikir söyləmək olur [154, c.33, s.453; 163, c.40, s.439]. Qeyd olunur ki, duz stresinin güclənməsi ilə bitkilərdə (əsasən də, duza həssas növlərdə) lipidlərin peroksid oksidləşmə sürəti artdığından [58, c.20, s.153], bundan hüceyrə membranlarında duzun

yaratdığı oksidləşmənin göstəricisi və bitkilərin duza tolerantlığının müəyyənləşdirilməsində bir vasitə kimi istifadə etmək olar [113, c.76, s.112].

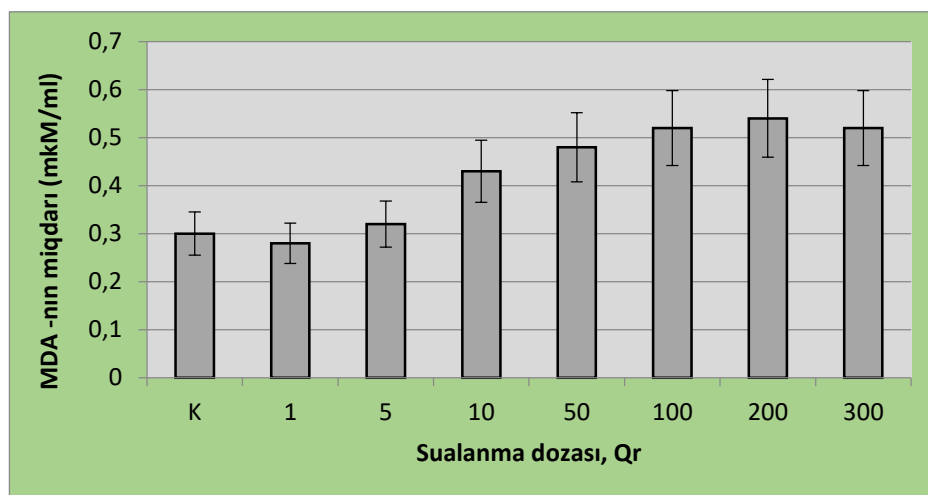
### 3.2.1. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən noxud (*Cicer arietinum* L.) hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının gedişinə təsirinin tədqiqi

Hüceyrə membranlarının oksidləşməsi və zədələnməsi nəticədə bəzi son məhsulların yaranmasına səbəb olur ki, bunlardan da ən əsası malondialdehid (MDA) –dır. Belə ki, struktur zədələnmələrinin dərəcəsi bu məhsulun miqdarı ilə müəyyən edilir.

Stress təsirlərin, o cümlədən də ionlaşdırıcı şüalanmanın oksigenin fəal formalarını (həmçinin də sərbəst radikalları) yarada bilməsinə əsaslanaraq, toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin noxud hüceyrələrində MDA –nın miqdarına təsirini öyrənməyi lazım bilmişik və bu məqsədlə də noxudun toxumlarını müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüalarla səpindən əvvəl şüalandırmış və onları normal şəraitdə yetişdirmişik.

Daha sonra ikihəftəlik bitki cücərtilərindən yarpaq nümunələri götürmüş və onlarda MDA –nın miqdarını müəyyənləşdirmişik.

MDA –nın toxumların şüalanma dozəsindən asılılığına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.10 –da təqdim edilmişdir.



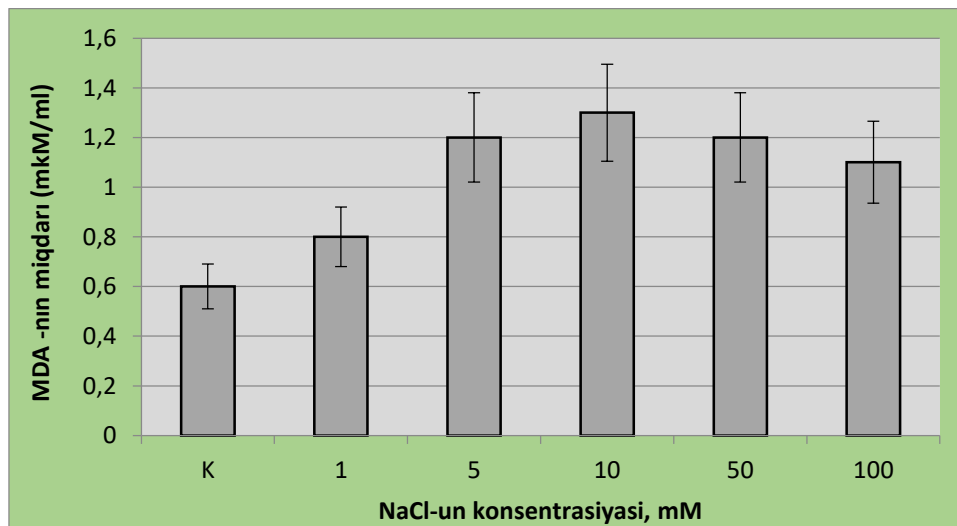
Şəkil 3.10. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş ikihəftəlik noxud yarpaqlarında MDA –nın miqdarının şüalanma dozəsindən asılılığı

Təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, toxumların 5 Qr -ə qədər dozalarda  $\gamma$ -şüaların təsirinə məruz qalması yarpaqlarda MDA -nın miqdarında nəzəçarpacaq dəyişiklik yarada bilmir. Buna baxmayaraq, 5 Qr -dən böyük dozalarda MDA -nın miqdarında əsaslı artmalar baş verir. Bu artma (5 – 100) Qr doza oblastında irimiqyaslı, (100 – 300) Qr doza oblastında isə kiçik miqyaslı olur.

Aldığımız nəticələrə əsaslanaraq, hesab edirik ki, toxumların 1 Qr -dən 5 Qr -ə qədər dozalarda şüalandırılması membran lipidlərinin oksidləşməsini yarada bilmir. Bu səbəbdən də intensiv MDA yaranması baş vermir. Böyük dozalarda isə membran lipidləri oksigenin aktiv formalarının (sərbəst radikalların) hədəfinə çevrilirlər ki, bu da böyük miqdarda MDA -nın yaranmasına səbəb olur.

### 3.2.2. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş noxud (*Cicer arietinum* L.) hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının gedişinə təsirinin tədqiqi

Tədqiqat işimizin növbəti mərhələsi toxumları  $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş və müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişdirilən noxud yarpaqlarında MDA -nın miqdarının duz konsentrasiyasından asılılığının öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. MDA -nın miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.11 -də təqdim edilmişdir.



Şəkil 3.11. Duz stressi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında MDA -nın miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı

Aldığımız nəticələr hətta ən kiçik (1 mM) duz konsentrasiyasında belə MDA –nın miqdarının sıçrayışla artmasını göstərir. Bu cür sıçrayışla artma 10 mM konsentrasiyaya qədər davam edir. Deməli, NaCl –un konsentrasiyasının 10 mM –a qədər artması hüceyrə membranlarında böyük sürətlə lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarına start verir. Nəticədə hüceyrə membranlarında irimiqyaslı zədələnmələr baş verir və MDA –nın miqdarı sürətlə artır.

Maraqlıdır ki, duz konsentrasiyasının sonrakı artımı MDA –ın miqdarının artmasına deyil, əksinə, irimiqyaslı azalmasına səbəb olur. Hesab etmək olardı ki, duz konsentrasiyasının artması, başqa sözlə, duz stresinin şiddətlənməsi oksidləşdirici stresin sürətini artırmalı və nəticədə membran lipidləri daha irimiqyaslı dağıntılara məruz qalmalı idi. Aldığımız nəticələr isə tamamilə bunun əksini göstərir. Hesab edirik ki, bunun səbəbi yüksək konsentrasiyalarda duzun bitkinin inkişafına inhibirləşdirici təsir göstərməsidir. Yada salmaq ki, yüksək duz konsentrasiyalarında bitki həddən artıq zəif inkişaf edirdi və yaxud da, ümumiyyətlə, inkişaf etmirdi. Belə olan halda, çox yəqin ki, MDA molekullarının özləri də duzun təsiri ilə dağılırlar.

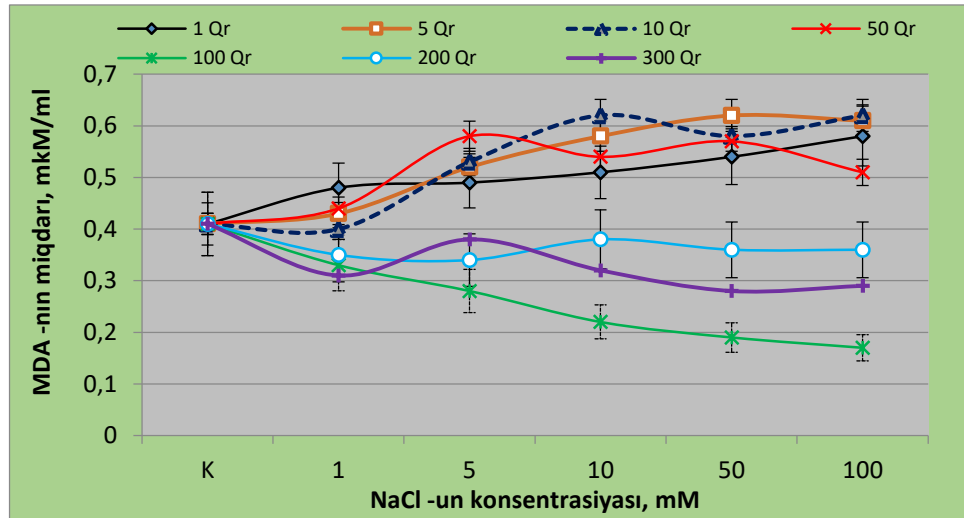
### **3.2.3. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud (*Cicer arietinum* L.) hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının gedişinə təsirinin tədqiqi**

Adından da göründüyü kimi, tədqiqat işimizin bu hissəsi ikili stress şəraitində yetişdirilmiş noxud yarpaqlarında MDA –nın miqdarının təyininə həsr olunub. Başqa sözlə desək, noxud toxumları səpindən əvvəl müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənmişdir [11, s.65; 118, c.13, s.96].

Müxtəlif dozalarda şüalanmış toxumlardan müxtəlif konsentrasiyalı duz məhlulunda yetişən noxud yarpaqlarında MDA –nın miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.12 –də təqdim olunmuşdur.

Şüalanmış toxumlar halında aldığımız nəticələr göstərir ki, duz konsentrasiyasının 1 mM -dan 50 mM -a qədər artması kiçik dozalarda (1 – 50 Qr -ə bərabər doza oblastında) şüalanmış toxumlardan yetişən noxud yarpaqlarında MDA -nın miqdarını tədricən artırır. Daha dəqiq desək, NaCl –un konsentrasiyasının (1 – 10)

mM intervalında dəyişməsi MDA –nın miqdarının nisbətən böyük, (10 – 50) mM intervalında dəyişməsi isə nisbətən kiçik artmasına səbəb olur.



**Şəkil 3.12. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında MDA –nın miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Bu şüalanma dozalarında duz konsentrasiyasının 50 mM -dan 100 mM -a qədər artması isə MDA -nın miqdarında nəzərəcarpacaq dəyişiklik yaratmır.

Yüksək şüalanma dozalarında (100 – 300 Qr doza oblastında) isə fərqli nəticələrin şahidi oluruq. Bu dozalarda duz stresinin güclənməsi MDA –nın miqdarını, demək olar ki, dəyişdirmir. Bəzi halda isə, az da olsa, bu maddənin miqdarının azalmasına səbəb olur.

Göründüyü kimi, bu nəticələr bundan əvvəlki variantda şüalanmamış toxumlar üçün aldığımız nəticələrdən fərqlənir. Belə ki, şüalanmamış toxumların duz mühitində yetişdirilməsi halında duz stresinin hətta kiçik konsentrasiyalarda belə bu bitki yarpaqlarında MDA –nın miqdarının kəskin artırmasının şahidi olmuşduq.

Nəticələrdən aydın olur ki, toxumların nisbətən böyük dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi aşağı duz konsentrasiyalarında yaranan MDA –nın miqdarını müəyyən qədər azalda bilər. Başqa sözlə desək,  $\gamma$ -şüalarla işlənmə zəif duz stresinin təsirini müəyyən qədər zəiflədə bilər.

Qeyd edək ki, oxşar tədqiqatlar arpa bitkisi misalında ağır metal stresi şəraitində də müşahidə edilmişdir [221, c.7, s.14233]. Bu tədqiqat işinin müəllifləri müəyyən etmişlər ki, dağlıq arpa şitillərinin 50 Qr dozada şüalandırılması onların Pb/Cd stresi şəraitində inkişafına stimullaşdırıcı təsir göstərir. Bu təsir özünü həm də 50 Qr dozada şüalanma halında cücartilərdə  $H_2O_2$  və MDA –nın miqdarının kontrollu müqayisədə azalmasında göstərmişdir.

Nəticələrə əsaslanaraq, hesab edirik ki, duz stresi 1mM konsentrasiyalı NaCl halında belə özünü göstərir. Duzun konsentrasiyasının sonrakı artımı, başqa sözlə, duz stresinin şiddətlənməsi membran lipidlərində struktur pozulmalarının miqyasını artırır ki, bu da MDA –nın miqdarının artması ilə müşayiət olunur.

MDA –nın miqdarının artması və ya membran lipidlərinin struktur demontajı duzun 50 mM –a bərabər konsentrasiyası halına qədər davam edir. Bu halda, yəni 50 mM duz konsentrasiyası halında MDA –nın miqdarı kontrollu müqayisədə təxminən 1,5 dəfə çox olur. Yüksək konsentrasiyalı (50 mM –dan böyük) duz mühitlərində isə membran lipidlərinin oksidləşməsi və zədələnməsi davam etmir və MDA –nın miqdarında əsaslı dəyişiklik baş vermir.

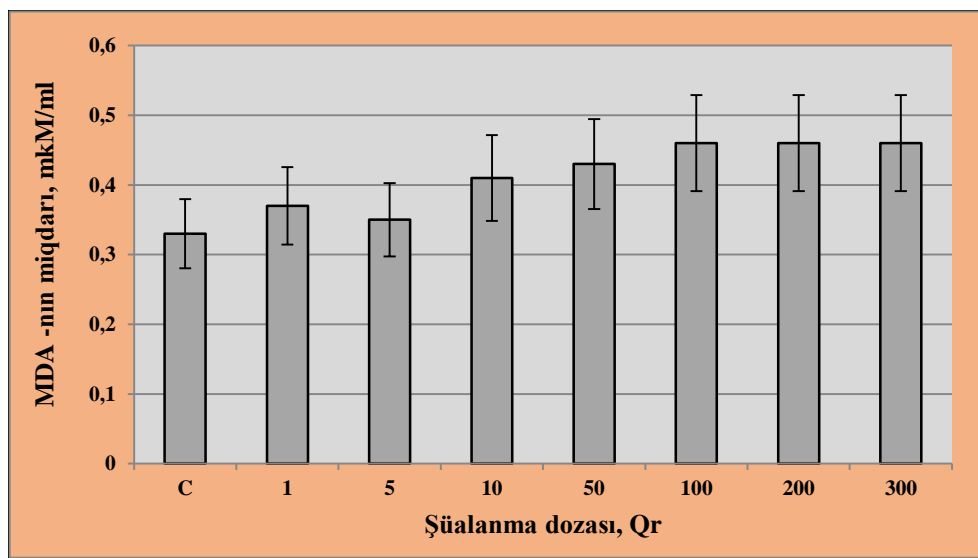
Şüalanmamış toxumlardan 50 mM konsentrasiyalı duz mühitində yetişən noxud üçün MDA –nın miqdarının kontrollu müqayisədə 2,1 dəfə yüksək olmasını (paraqraf 3.2.2) almışdıq [11, s.65].

Aldığımız bu nəticələr bizə “toxumların kiçik stimullaşdırıcı dozalarda şüalandırılması zəif (1 – 50 mM) NaCl məhlulunda yetişən noxud bitkisinin hüceyrə membranlarında lipidlərin peroksid oksidləşməsinin qarşısını müəyyən dərəcədə ala bilir” fikrini söyləməyə əsas verir. Bu səbəbdən də duz stresi membranlarda irimiqyaslı zədələnmələr yarada bilmir və bunun nəticəsi kimi böyük miqdarda MDA yaranmır.

Yüksək konsentrasiyalı (50 mM –dan böyük) NaCl məhlulunda isə duz stresinin membran lipidlərinin oksidləşməsinə təsir xüsusiyyətləri, başqa sözlə, MDA –nın miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılı dəyişmə dinamikası fərqli olur. Bu halda toxumların səpinəvvəli  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi lipidlərin oksidləşmə reaksiyalarının inkişafına imkan vermir. Bu səbəbdən də lipidlərin peroksid oksidləşməsinin məhsulu olan MDA –nın miqdarı dəyişməz qalır.

### 3.2.4. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən qarğıdalı (*Zea mays*) hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının gedişinə təsirinin tədqiqi

Toxumları  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş və normal şəraitdə yetişən qarğıdalı hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının məhsulu olan MDA-nın miqdarının şüalanma dozəsindən asılılığına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.13-də verilmişdir.



**Şəkil 3.13. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında MDA –nın miqdarının şüalanma dozəsindən asılılığı**

Diqramlar formasında təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, toxumların səpinəvvəli 1 Qr –dən 5 Qr -ə qədər  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi təcrübənin xətası daxilində olan kənarçıxmaları nəzərə almasaq, lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının məhsulunun (MDA –nın) miqdarına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə bilmir. Şüalanma dozəsının sonrakı artımı isə MDA –nın miqdarında nəzərəçarpaq dəyişmələr yarada bilər. Daha dəqiq desək, toxumların şüalanma dozəsının (5 – 100) Qr doza oblastında artması MDA –nın miqdarının artması ilə müşayiət edilir. Yüksək şüalanma dozalarında isə (100 – 300 Qr doza oblastında) MDA –nın miqdarında dəyişmə müşahidə edilmir və lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının məhsulunun yüksək miqdarı saxlanılır.

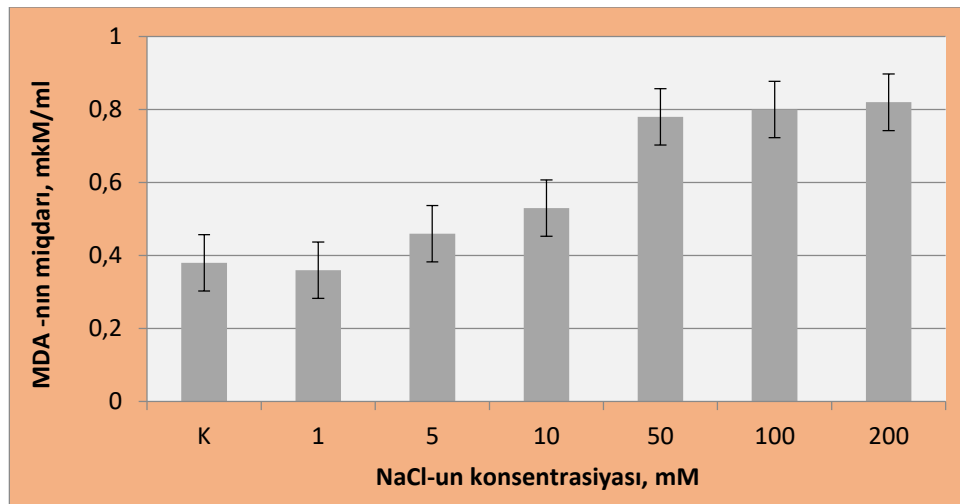
Nəticələrə əsaslanmaqla, hesab etmək olar ki, toxumların 5 Qr -ə qədər dozalarda

$\gamma$ -şüalarla işlənməsi hüceyrə membranlarında “dağıntılar” yarada bilmədiyindən MDA –nın miqdarı dəyişməz qalır.

Toxumların böyük dozalarda şüalandırılması isə, böyük ehtimalla, hüceyrə membranlarında “dağıntılar” yarada bilir və bunun da məntiqi nəticəsi kimi MDA –nın miqdarı artır. “Dağıntıların” irimiqyaslı olmaması nəzərə çarpır.

### 3.2.5. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş qarğıdalı (*Zea mays*) hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının gedişinə təsirinin tədqiqi

Toxumları səpindən əvvəl qamma şüaların təsirinə məruz qalmamış və yüksək duzluluq mühitində yetişdirilmiş qarğıdalı bitkisi yarpaqlarında MDA –nın miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığına dair nəticələr şəkil 3.14 –də verilmişdir.



**Şəkil 3.14. Duz stressi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında MDA –nın miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

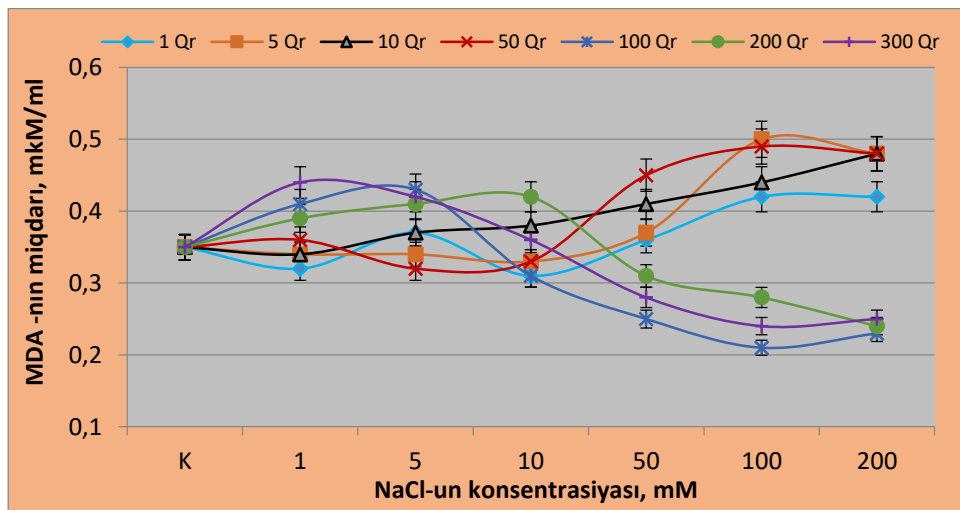
Nəticələrdən duz konsentrasiyasının artmasına mütənasib olaraq, MDA –nın miqdarının da artması aydın görünür. Əlavə olaraq, aydın olur ki, MDA –nın miqdarının artması hətta kiçik duz konsentrasiyalarında (5 mM) belə müşahidə olunur və duz stressi şəraitində radiasiya stressi ilə müqayisədə lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının məhsulunun miqdarı daha irimiqyaslı dəyişmələrə məruz qalır.

Təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, 1 mM konsentrasiyalı NaCl, stress amili kimi, membran lipidlərinin peroksid oksidləşmə prosesinə, praktiki olaraq, təsir etmir. Bu səbəbdən də adı çəkilən prosesin əsas məhsulunun miqdarı kontrol bitkidəki miqdarından, demək olar ki, fərqlənmir. Buna baxmayaraq, duz konsentrasiyasının 1 mM –dan başlayaraq artması MDA –nın miqdarının kəskin artmasına səbəb olur. Məsələn, 50 mM konsentrasiyalı NaCl məhlulunda MDA –nın miqdarı onun kontrol nümunəsindəki miqdarı ilə müqayisədə 2 dəfə yüksək olur. Duz konsentrasiyasının 50 mM –dan 300 mM –a qədər artması da, irimiqyaslı olmasa da, MDA –nın miqdarının artması ilə müşayiət olunur.

Nəticələri müqayisə etməklə “zəif duz şəraitində hər iki bitkinin MDA-ya görə oxşar dəyişmə dinamikası nümayiş etdirməsi, yüksək duz şəraitində isə qarğıdalının duza davamlı, noxudun isə duza həssaslıq nümayiş etdirməsi” fikrini söyləyə bilərik.

### 3.2.6. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş qarğıdalı (*Zea mays*) hüceyrələrində lipidlərin peroksid oksidləşmə reaksiyalarının gedişinə təsirinin tədqiqi

Duz stresinin toxumları  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş qarğıdalı bitkisində MDA –nın miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.15 –də təqdim edilmişdir.



Şəkil 3.15. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında MDA –nın miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı

Nəticələrdən aydın olur ki, toxumların 1, 5, 10 və 50 Qr dozalarda şüalanması halında NaCl –un konsentrasiyasının 1 – 10 mM intervalda dəyişməsi, kiçik kənarəyxmaları nəzərə almasaq, MDA –nın miqdarında əhəmiyyətli dəyişmələr yaratmır. Buna baxmayaraq, bu dozalarda duzun konsentrasiyasının 10 mM -dan 100 mM -a qədər artması lipidlərin oksidləşmə məhsulunun miqdarının kəskin artmasına səbəb olur.

Yüksək şüalanma dozalarında (100 – 300 Qr) MDA –nın miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığına dair nəticələr kiçik şüalanma dozalarına dair aldığımız nəticələrdən fərqlənir. Belə ki, bu doza oblastında aşağı duz konsentrasiyalarında MDA –nın miqdarında zəif artma, yuxarı duz konsentrasiyalarında isə irimiqyaslı azalma tendensiyası müşahidə edilir [4, s.12; 119, c.15, s.10].

Kifayət qədər maraq kəsb edən bu nəticələrin əsasında aşağıdakı fikirləri söyləmək mümkündür:

- toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi duz stresinin təsirini zəiflədə bilər;
- duz stresinin təsirinin zəiflədilməsi toxumların (1 – 50) Qr doza oblastında şüalandırılması və cücərtilərin aşağı (1 mM – 10 mM) konsentrasiyalı duz məhlulunda yetişdirilməsi halında baş verir. Toxumların bu doza oblastında şüalandırılması yüksək duz konsentrasiyalarında (50 mM– 300 mM) duz stresinin təsirini zəiflədə bilmir və nəticədə membran lipidlərində böyük zədələnmələr baş verir və MDA –nın miqdarı kəskin artır;
- toxumların  $\gamma$ -şüalarla yüksək dozalarda (100 Qr – 300 Qr) işlənməsi duz stresinin təsirini hətta kiçik duz konsentrasiyalarında belə zəiflədə bilmir (MDA –nın miqdarı artır), yüksək duz konsentrasiyalarında (50 mM– 300 mM) isə, böyük ehtimalla, lipidlərin oksidləşmə məhsullarının özləri ionlaşdırıcı şüalanmanın hədəfinə çevrilirlər.

### **3.3. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin yarpaqlarında fotosintez pigmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi**

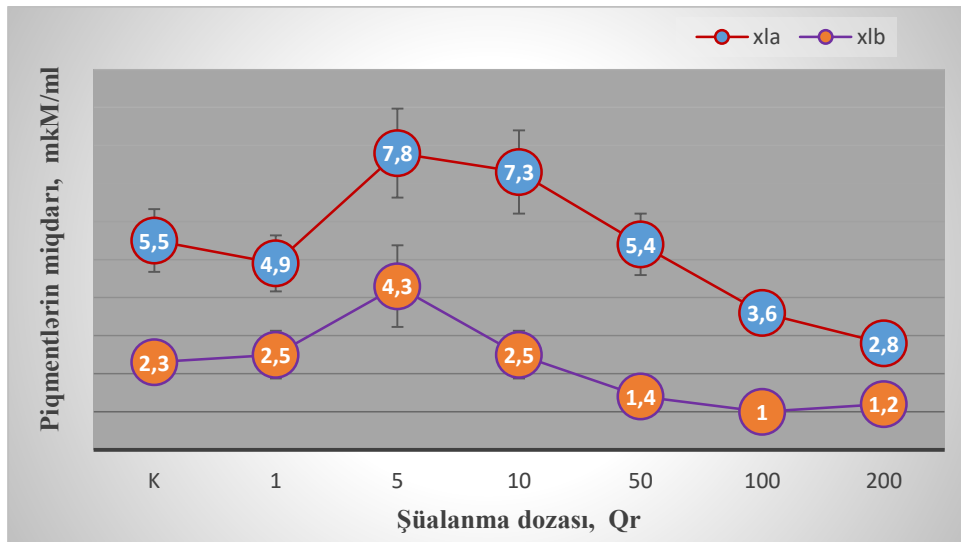
İonlaşdırıcı şüalanmanın fotosintez prosesinə təsirinə dair aparılmış tədqiqat işləri bu prosesin radiasiyaya qarşı yüksək davamlılığa malik olduğunu göstərir [26,

c.31, s.441]. Qeyd edək ki, hətta kiçik dozalarda belə fotosintezin intensivliyinin dəyişməsi müşahidə olunan bitkilər də mövcuddur. Məsələn, pambıq bitkisinin 5, 20, 100 Qr şüalanmaya məruz qalması 10 gündən sonra fotosintezin intensivliyinin azalmasına səbəb olur [33, c.1, s.328].

Kiçik dozalarda ionlaşdırıcı şüalanmanın stimullaşdırıcı təsirinin təkrarlana bilməməsi faktının mümkünlüyü də qeyd olunur [24, s.78]. Səbəb kimi, bu cür radiasiya effektlərinin təkcə daxili deyil, həm də xarici amillərlə müəyyən olunması göstərilir. Hesab olunur ki, bitkilərin aborijen növləri verilmiş iqlim zonasına adaptasiya olunsada, belə şəraitdə onların öz potensialından hansı formada istifadə etməsi çox vacibdir. Bu səbəbdən də ionlaşdırıcı şüalanmanın bitkilərin boyatma və inkişafı ilə sıx əlaqədə olan fotosintez prosesinə təsirinə dair ümumiləşmiş fikir söyləmək üçün çoxlu sayda tədqiqatların aparılmasına ehtiyac vardır [32, s.92].

### 3.3.1. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi

Bizim apardığımız tədqiqat işlərinin nəticələri xlorofil sintezinin radioaktiv şüalanmanın təsirinə həssas olduğunu göstərir (şəkil 3.16).



Şəkil 3.16. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik noxud yarpaqlarında xlorofillərin miqdarının şüalanma dozasından asılılığı

Şəkildə təqdim olunan nəticələrdən kiçik doza oblastında şüalanmanın həm xlorofil *a*, həm də xlorofil *b* sintezinə stimullaşdırıcı təsir göstərməsi aydın olur. Bu doza oblastı 5 – 10 Qr intervalı əhatə edir. Məsələn, toxumların 5 Qr dozada şüalanması halında 2 həftəlik noxud yarpaqlarında kontrolla müqayisədə xlorofil *a* -nın miqdarı 40 %, xlorofil *b* -nin miqdarı isə 70 %-ə qədər artmış olur.

Maraqlıdır ki, həm xlorofil *a*, həm də xlorofil *b* şüalanma dozasından asılı oxşar dəyişmə dinamikası nümayiş etdirir. Belə ki, stimullaşdırıcı doza oblastında hər iki xlorofilin miqdarı artır, böyük (50 Qr –dən yüksək) doza oblastında isə hər iki xlorofilin miqdarı azalır. Nəticələr bütün doza oblastında xlorofil *a* -nın miqdarının xlorofil *b* -nin miqdarından yüksək olduğunu göstərir.

Qeyd edək ki, ayrı-ayrı illərdə aparılmış tədqiqat işlərinin nəticələri ionlaşdırıcı şüalanmanın xlorofil sintezinə təsirinə dair məlumatların heç də həmişə üst-üstə düşmədiyini göstərir. Bəzi tədqiqat işlərində kiçik dozalarda ionlaşdırıcı şüalanmanın xlorofil biosintezinə stimullaşdırıcı təsir etməsi qeyd olunsa da [5, c.37, s.94], digər işlərdə, əksinə, belə təsirin xlorofil sintezini inhibirləşdirməsi gösrərilir [39, c.387, s.265].

Kiçik dozalı ionlaşdırıcı şüalanmanın bitkilərdə gedən fotosintez prosesinə stimullaşdırıcı təsiri toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$  – şüalarla işlənmiş qarğıdalı [5, c.37, s.94], rozmarin, su salatı, reyhan bitkilərində [136, c.63, s.681] qeydə alınmışdır.

Stobart və Qriffits [207, c.63, s.293] isə tədqiqat işlərinin nəticələrinə əsaslanaraq hesab edirlər ki, cücərtilərin inkişafının fəal xlorofil əmələgəlmə prosesi baş verən ilkin mərhələsində ilkin hədəf kimi məhz xlorofil sintezi  $\gamma$ -şüalanmanın toksiki təsirinə məruz qalır. Başqa sözlə, ionlaşdırıcı şüalanma bitkilərin inkişafının ilkin mərhələsində fotosintez aparatına təsir etməklə, xlorofillərin biosintezini ingibirləşdirir.

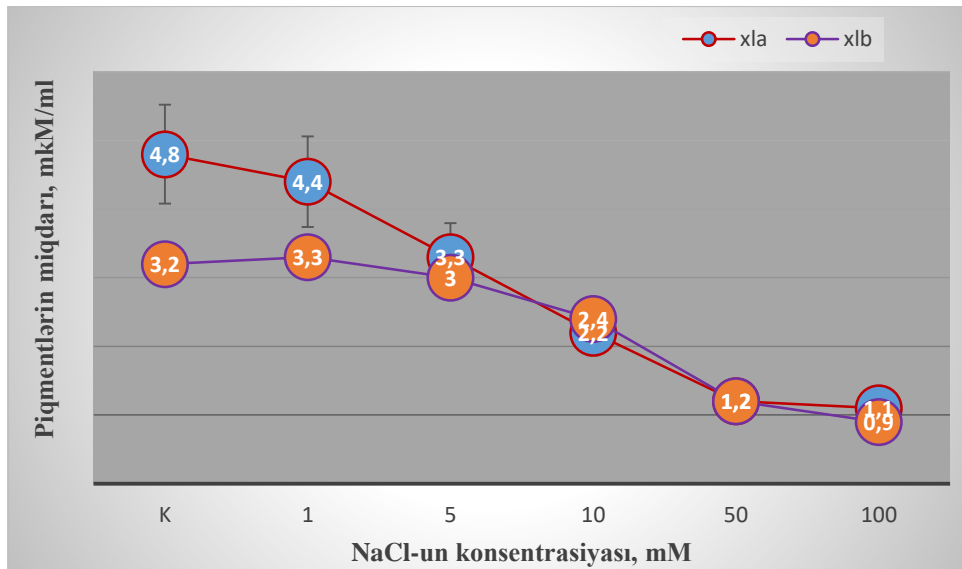
Göründüyü kimi, tədqiqat işlərinin nəticələri ionlaşdırıcı şüalanmanın fotosintez piqmentlərinin sintezinə təsirinə dair birmənalı fikir söyləməyə imkan vermir. Hətta bu nəticələr bəzi hallarda bir-biri ilə ziddiyyət təşkil edir. Şüalanma, şəraitdən asılı olaraq, xlorofil sintezinə stimullaşdırıcı və yaxud da inhibirləşdirici təsir göstərə bilər.

### **3.3.2. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi**

Heç kəsə sir deyil ki, intensiv suvarma işlərinin aparılması yolu ilə şoran torpaqlardan istifadəyə cəhdlər edilir, lakin bu, torpağın su balansının pozulması ilə nəticələndiyindən, bitkilərin həyatında mühüm rol oynayan ion mübadiləsinin tənzimlənməsində problemlər yaradır [174, c.58, s.113]. Ədəbiyyat materialları ilə tanışlıqdan aydın olur ki, bitkilərin şoranlığa (duz stresinə) ilkin reaksiyası fotosintez prosesində də özünü göstərir [166, c.57, s.1025]. Qeyd olunur ki, bu halda duz stresinin fotosintez prosesinə təsiri birbaşa və yaxud da dolayısı yolla ola bilər. Birbaşa təsir halında ağızcıqlardan və mezofildən diffuziya hesabına CO<sub>2</sub> -nin mənimsənilməsinin ləngiməsi [94, c.30, s.1284] və yaxud da fotosintezin özünün metabolizminin dəyişməsi [145, c.25, s.275] baş verə bilər. Duz stresinin dolayısı təsirini isə oksidləşdirici stresin yarana bilməsi ilə əlaqələndirirlər ki, bu da digər ətraf mühit amilləri ilə birgə təsir şəraitində tamamilə yolveriləndir [80, c.55, s.2365].

Sadə məntiqdən aydın olur ki, ümumiyyətlə götürdükdə, bitkilərin fotosintez prosesi səviyyəsində ətraf mühit amillərinə reaksiyası kifayət qədər mürəkkəb proseslərlə (sürətlə və paralel baş verən bir sıra fizioloji, hüceyrə və molekulyar proseslərlə) müşayiət olunmalıdır. Başqa sözlə desək, bu zaman bitkilərin əlverişsiz ətraf mühit şəraitinə uyğunlaşması üçün metabolik maşın bütövlükdə mobilizə olunmalıdır. Bu zaman bu proseslərdən hansınısa birinin pozulması fotosintezə neqativ təsir etməlidir. Bu səbəbdən də stres amilin bitkilərin bütövlükdə metabolizminə və konkret olaraq fotosintez prosesinə təsirinin əlamətlərini araşdırmaq kifayət qədər böyük dəqiqlik tələb edir və bu sahədə hansısa nəticələrin alınması sadalanan proseslərin aydınlaşdırılmasına öz töhfəsini verə bilər.

Duz stresinin toxumları  $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş 2 həftəlik noxud yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinə dair aldığımız nəticələr duz stresinin bütün konsentrasiyalarda xlorofil sintezinə inhibirləşdirici təsir göstərməsini və bu təsirin aşağı duz konsentrasiyalarında kiçik, yuxarı duz konsentrasiyalarında isə irimiqyashlı olmasını göstərir (şəkil 3.17).



**Şəkil 3.17. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında xlorofillərin miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından Asılılığı**

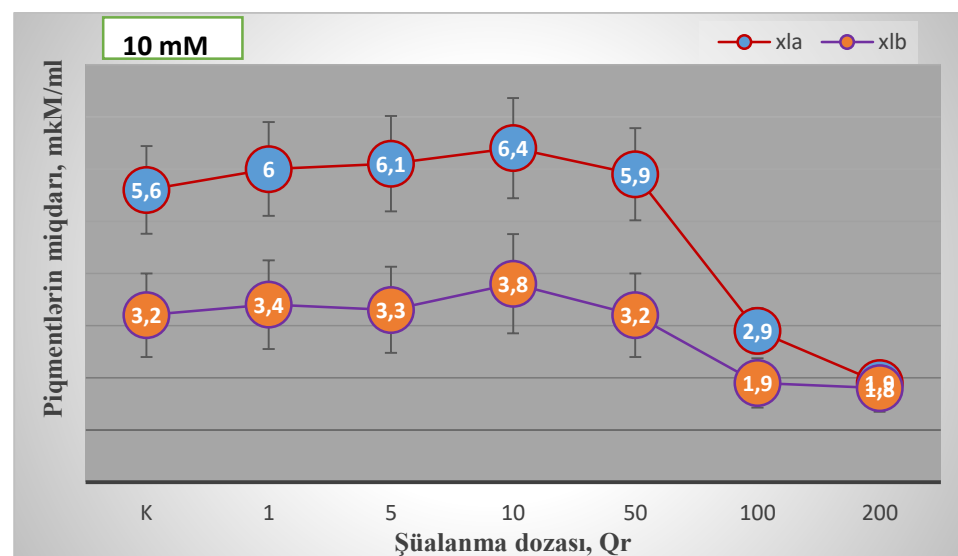
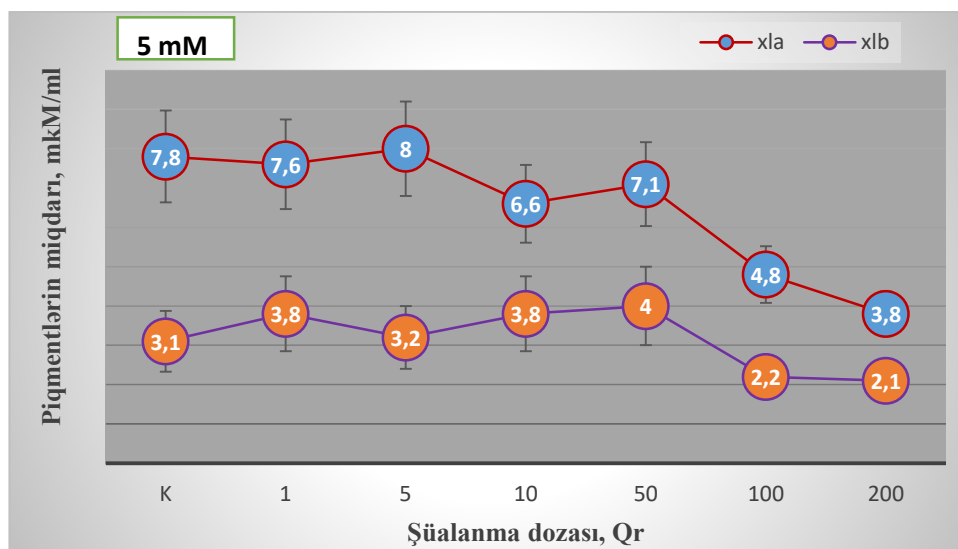
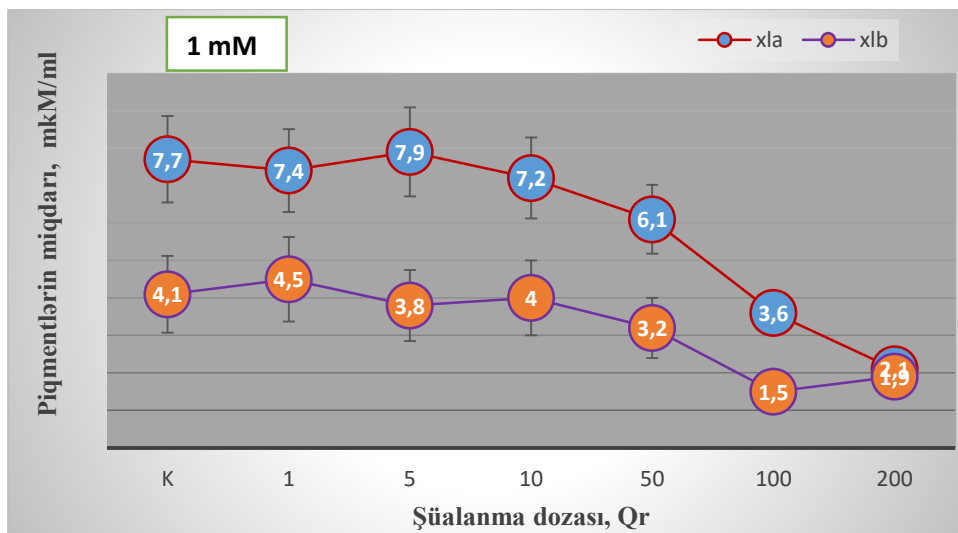
Qeyd edək ki, aldığımız nəticələr duz stresinin adı çəkilən proseslərdən hansına təsir etməsinə dair konkret fikir söyləməyə əsas vermir. Buna baxmayaraq, duz stresinin noxud bitkisinin boyatma və inkişafına ləngidici təsir göstərməsinə (paraqraf 3.1.2) əsaslanaraq, hesab etmək olar ki, duzluluq şəraitində fotosintezin sürətinin azalması, ilk növbədə, hüceyrə ağızciqlarının bağlanması səbəb olan osmotik streslə əlaqədar olmalıdır. Xloroplastların tilakoid membranlarını zədələyə bilən  $\text{Na}^+$  və  $\text{Cl}^-$  ionlarının yüksək miqdarda toplanması da fotosintezin intensivliyini zəiflədən amil ola bilər. Qeyd edək ki, belə bir fikir Hasanuzzaman və b. -nın [109, s.169; 110, s.25] və Mişra və b.-nin [156, c.250, s.3] işlərində də söylənilib.

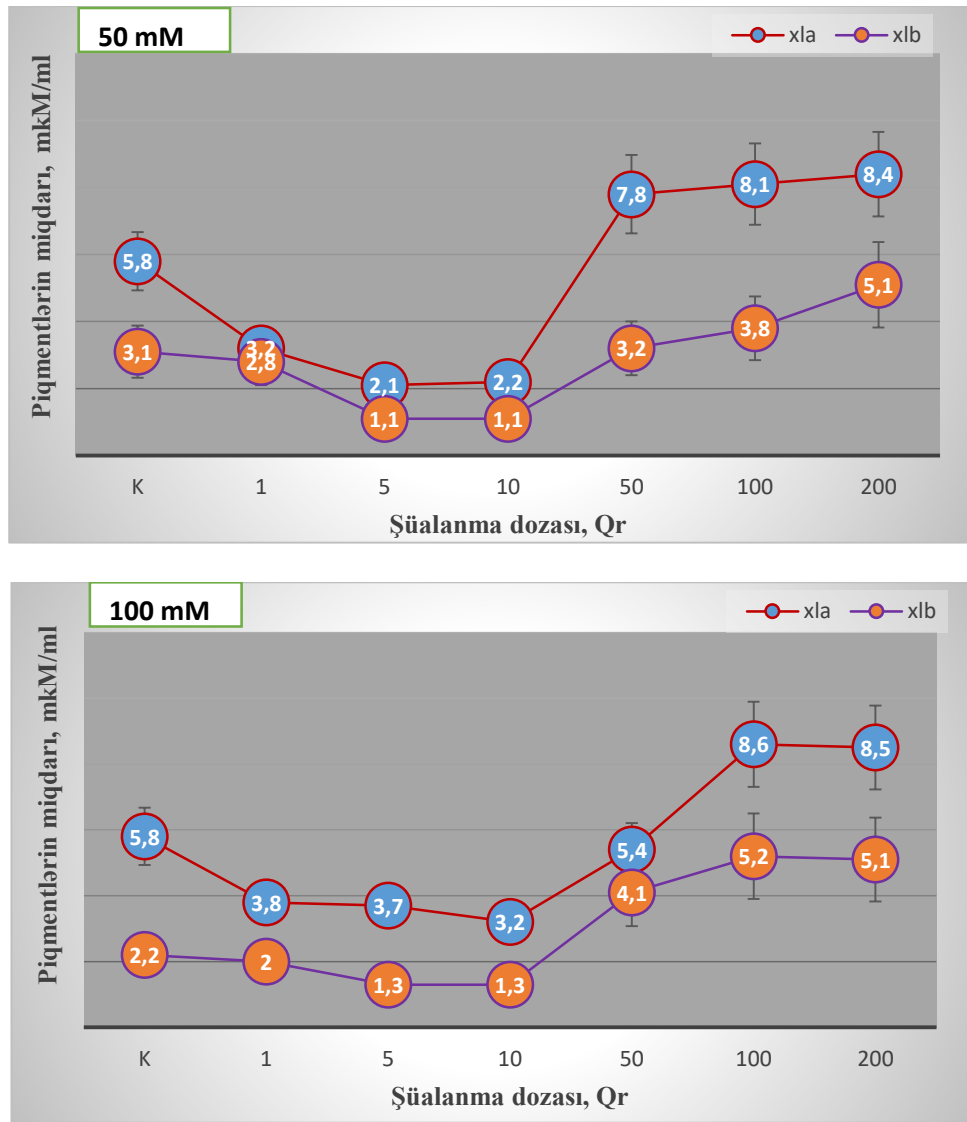
### **3.3.3. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında fotosintez pigmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi**

Toxumları səpindən əvvəl müxtəlif dozalarda  $\gamma$  – şüaların təsirinə məruz qalmış noxud bitkisinin duz stresi şəraitində yarpaqlarında xlorofillərin miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.18 -də öz əksini tapmışdır.

Xlorofillərin miqdarının şüalanma dozəsindən və NaCl-un konsentrasiyasından asılı dəyişməsinə dair aldığımız nəticələr yaşıl pigmentlərin sintezinin həm şüalanma

dozasının, həm də duz stresinin təsirinə müəyyən qədər həssaslıq göstərə bilməsi fikrini söyləməyə əsas verir [120, s.369].





**Şəkil 3. 18. Müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında xlorofillərin miqdarının şüalanma dozasından asılılığı**

Diqqəti cəlb edən məqamlardan biri bütün hallarda tədqiq olunan bitkinin xlorofil *b* ilə müqayisədə daha çox miqdarda ( $\sim 2$  dəfə) xlorofil *a* - ya malik olması və hər iki piqmentin həm şüalanma dozasından, həm də duz konsentrasiyasından oxşar formada dəyişmə dinamikasına malik olmasıdır.

Bitki cücərtilərini 1mM konsentrasiyalı duz məhlulu şəraitində yetişdirilməsi, kiçik kənarçıxmaları nəzərə almasaq, toxumların 1, 5 və 10 Qr dozalarında  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi halında xlorofillərin miqdarında nəzərəçarpacaq dəyişikliklər yarada bilmir. Belə çıxır ki, şüalanmamış toxumlar halında 1mM konsentrasiyalı duz stresinin xlorofil

sintezində yaratdığı inhibirləşmə toxumların 1, 5 və 10 Qr dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi halında tamamilə aradan qaldırılır. Deməli, toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işləməklə, onların 1mM konsentrasiyalı duzluluq şəraitində xlorofil sintezi baxımından inkişafını təmin etmək olar.

5 və 10 mM NaCl konsentrasiyaları halında da oxşar mənzərənin şahidi oluruq. Belə ki, bu konsentrasiyalarda da duz stresi toxumların 1, 5 və 10 Qr dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi halında xlorofil sintezinə, demək olar ki, təsir etmir.

Səpindən əvvəl noxud toxumlarının (50 – 200) Qr doza oblastında şüalanmaya məruz qalması isə qeyd olunan 1, 5 və 10 mM duz konsentrasiyalarında cücərti yarpaqlarında yaşıl piqmentlərin miqdarının xeyli azalmasına səbəb olur. Məsələn, toxumların 200 Qr dozada şüalandırılması 1 mM konsentrasiyalı NaCl halında xlorofil *a* və xlorofil *b* –nin miqdarının kontrolla müqayisədə, uyğun olaraq, 3,6 və 2,6 dəfə, 5 mM konsentrasiyalı NaCl halında, uyğun olaraq, 2 və 1,5 dəfə, 10 mM konsentrasiyalı NaCl halında isə, uyğun olaraq, 3 və 1,7 dəfə azalmasına səbəb olur.

50 mM konsentrasiyalı NaCl halında isə fərqli mənzərənin şahidi oluruq. Belə ki, duz stresi aşağı şüalanma dozalarında (1 - 10 Qr) xlorofil sintezinə ləngidici təsir göstərdiyi halda, yuxarı dozalarda (50 - 200 Qr), əksinə, onların sintezini sürətləndirir.

Xlorofil sintezində oxşar formada dəyişmə dinamikası 100 mM duz konsentrasiyası halında da təkrarlanır. Sadəcə olaraq, bu halda yuxarı dozalarda xlorofil sintezi daha sürətli, xlorofillərin miqdar dəyişmələri isə daha irimiqyaslı olur.

Toxumları nisbətən böyük dozalarda şüalanmaya məruz qalmış bitki cücərtilərinin hətta yüksək konsentrasiyalı duz məhlulunda belə daha yaxşı xlorofil sintez edə birməsi faktı kifayət qədər maraqlı doğuran nəticədir. Çox yəqin ki, bunun səbəbi yüksək dozalı şüalanmanın noxud toxumlarının antioksidant müdafiə sistemini fəallaşdırmasıdır ki, nəticədə bitki cücərtiləri duz stresi şəraitində belə normal inkişaf edir və normal xlorofil sintez edir.

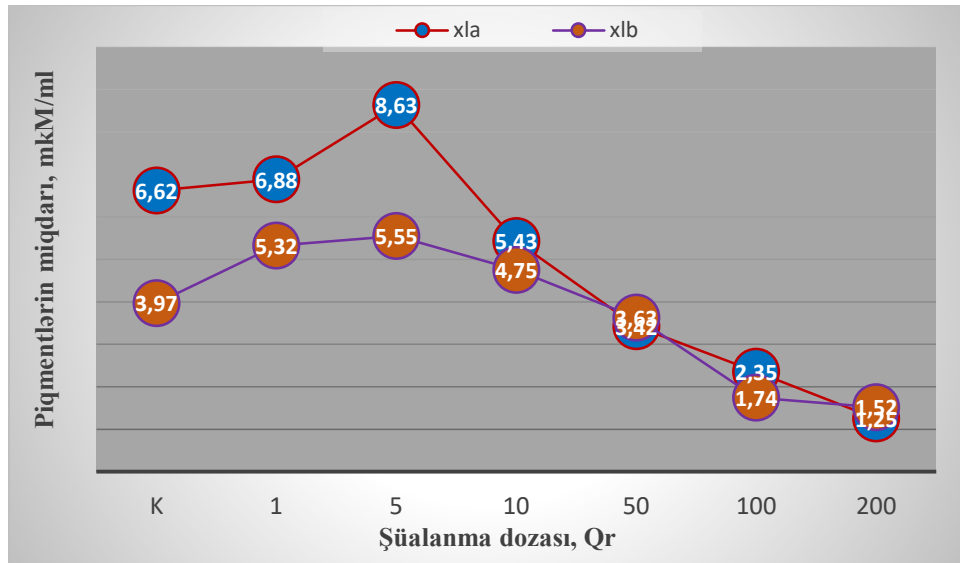
### **3.3.4. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi**

Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş və normal şəraitdə yetişən

qarğıdalı yarpaqlarında xlorofil *a* və xlorofil *b* piqmentlərinin miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3. 19 –da təqdim edilmişdir.

Nəticələrdən aydın olur ki, şüalanma dozasının artması aşağı dozalarda şüalanmış toxumlardan adi su mühitində yetişən qarğıdalı yarpaqlarında xlorofillərin miqdarının kiçik miqyaslı artmasına, yüksək dozalarda isə irimiqyaslı azalmasına səbəb olur. Daha dəqiq desək, toxumların 5 Qr dozada şüalanması halında xl. a və xl.b piqmentlərinin miqdarı kontrol nümunədəki miqdarla müqayisədə, uyğun olaraq, 1,3 və 1,4 dəfə artıq, 200 Qr doza halında isə 4,4 və 2,6 dəfə az olmuşdur.

Nəticələr qarğıdalı yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarının şüalanma dozasından asılılığının noxud bitkisi üçün olan asılılıqdan, qismən də olsa, fərqləndiyini göstərir. Belə ki, şüalanma dozasının artması noxud yarpaqlarında xlorofillərin miqdarının müntəzəm, qarğıdalı yarpaqlarında isə kəskin azalmasına səbəb olur.



**Şəkil 3.19. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında xlorofillərin miqdarının şüalanma dozasından asılılığı**

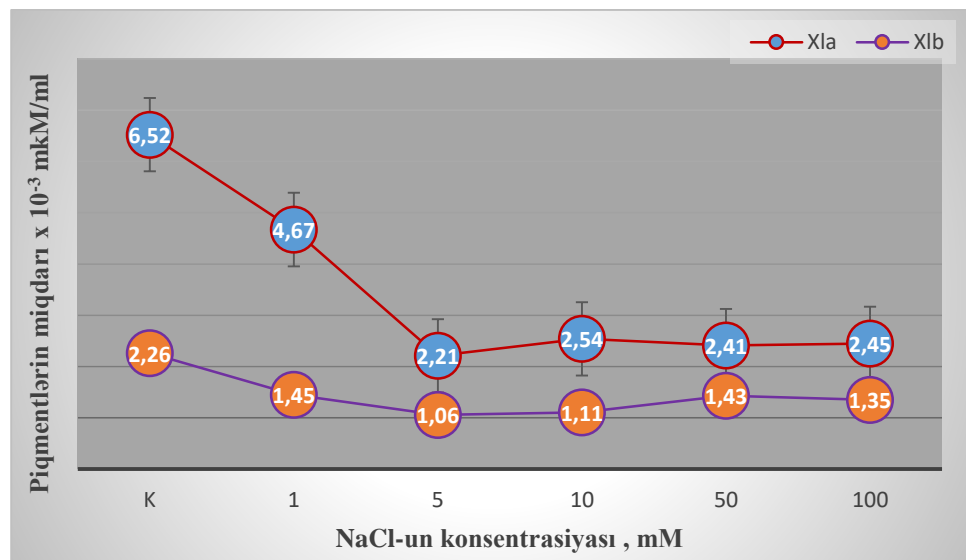
Kiçik dozalarda müşahidə olunan ionlaşdırıcı şüalanmanın stimullaşdırıcı təsirinin təkrarlana bilməməsi fikrini qeyd etmişdik. Səbəb olaraq, radiasiya effektlərinin müşahidə olunmasında bitkilərin daxili potensialı, daxili imkanlardan istifadə qabiliyyəti ilə yanaşı, həm də stress şəraitlərdə antioksidant müdafiə sisteminin

fəallığının da mühüm rol oynamasını göstərmişdik. Başqa sözlə desək, stress şəraitlərdə bitkilərin öz potensialından hansı formada istifadə etməsinin vacibliyini qeyd etmişdik.

### 3.3.5. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi

Müxtəlif konsentrasiyalı duz mühitində yetişən qarğıdalının yaşıl yarpaqlarında xlorofillərin miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.20 –də təqdim edilmişdir.

Nəticələr həm xlorofil *a* –nın, həm də xlorofil *b* –nin miqdarının zəif duz stressi şəraitində NaCl –un konsentrasiyasının artması ilə azalmasını, güclü duz stressi şəraitində isə dəyişmədiyini göstərir. Deməli, duz stressi kiçik konsentrasiyalarda belə qarğıdalı bitkisinde xlorofil sintezini inhibirləşdirə bilər və bu proses müəyyən həddə qədər (5 mM –a qədər) davam edir. NaCl –un konsentrasiyasının sonrakı artımı yaşıl piqmentlərin miqdarını dəyişdirə bilmir. Hesab edirik ki, bunun səbəbi qarğıdalı bitkisinde xlorofil sintezinin duz stressinə yüksək həssaslıq nümayiş etdirməsidir. Buna görə də zəif duz stressi şəraitində fotosintez piqmentlərinin miqdarı o dərəcədə azalır ki, yüksək duz konsentrasiyalarında baş verən miqdar dəyişmələri təcrübənin xətası daxilində qeydə alınmır.



Şəkil 3.20. Duz stressi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında xlorofillərin miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı

Göründüyü kimi, qarğıdalı üçün xlorofillərin miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı noxud üçün olan asılılıqdan fərqlənir. Belə ki, duz stresi bütün konsentrasiyalarda noxud yarpaqlarında xlorofil sintezinə inhibirləşdirici təsir göstərirdi. Bu təsir kiçik duz konsentrasiyalarında kiçik, yüksək duz konsentrasiyalarında isə irimiqyaslı olurdu.

Qarğıdalıda isə, əksinə, kiçik duz konsentrasiyaları xlorofil sintezinə güclü inhibirləşdirici təsir göstərdiyi halda, yüksək duz konsentrasiyaları, demək olar ki, piqmentlərin miqdarına təsir göstərmir.

### **3.3.6. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında fotosintez piqmentlərinin miqdarına təsirinin tədqiqi**

Ayrılıqda radioaktiv şüalanmanın və yaxud da ayrılıqda duz stresinin noxud və qarğıdalı yarpaqlarında xlorofillərin sintezinə təsirinə dair apardığımız tədqiqatların nəticələri hər iki halda xlorofil sintezinin bitkinin növündən asılı olduğunu göstərdi. Bu səbəbdən də hər iki bitkiyə aid ümumiləşdirici fikir söyləmək mümkün olmadı və sadəcə olaraq, hesab etmək olar ki, duz stresinin təsiri hər iki bitki misalında xlorofil sintezinin inhibirləşməsinə səbəb olur.

İndi də toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin duz stresi şəraitində yetişən qarğıdalı bitkisinde xlorofil sintezinə təsirinə aydınlıq gətirməyə çalışaq və bu halda da noxud bitkisi ilə müqayisəli təhlillər aparaq.

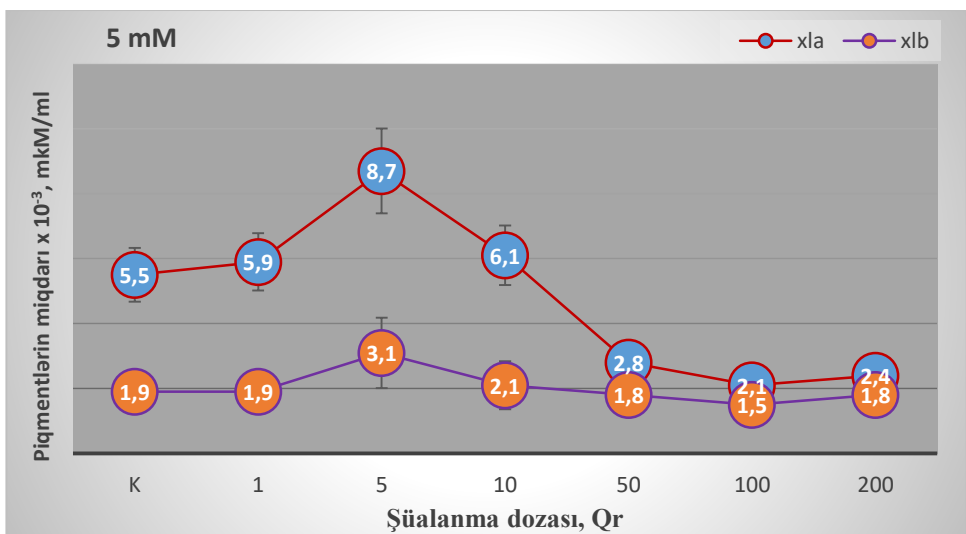
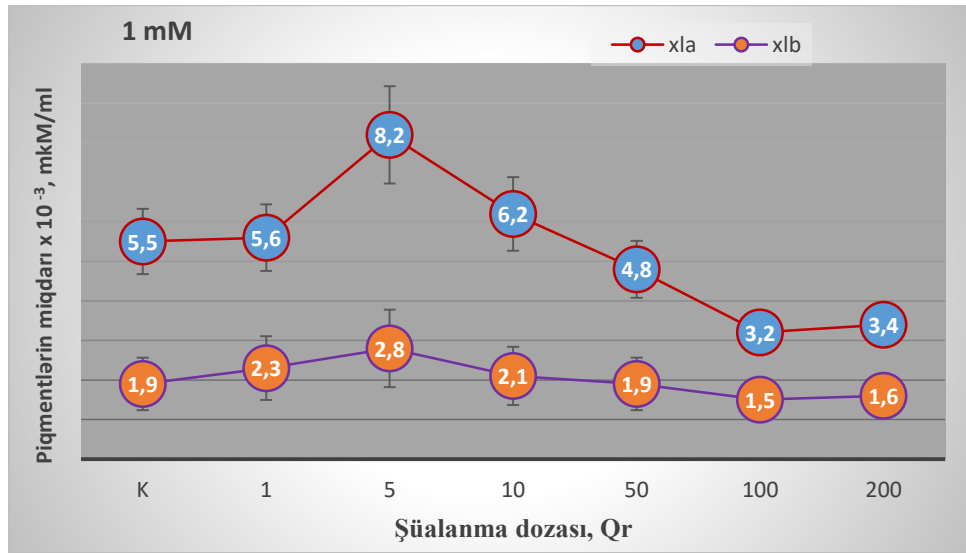
Ayrılıqda radioaktiv şüalanmanın və kiçik konsentrasiyalarda duz stresinin qarğıdalı yarpaqlarında xlorofil sintezinə ləngidici təsir göstərməsini qeyd etmişdik. Bu iki stress amilinin birlikdə xlorofil sintezinə hansı formada təsir göstərə bilməsini müəyyənləşdirmək üçün hər bir duz konsentrasiyasına uyğun xlorofillərin miqdarının şüalanma dozəsindən asılılığına dair tədqiqatlar aparmış və aldığımız nəticələri şəkil 3.21 –də təqdim etmişik.

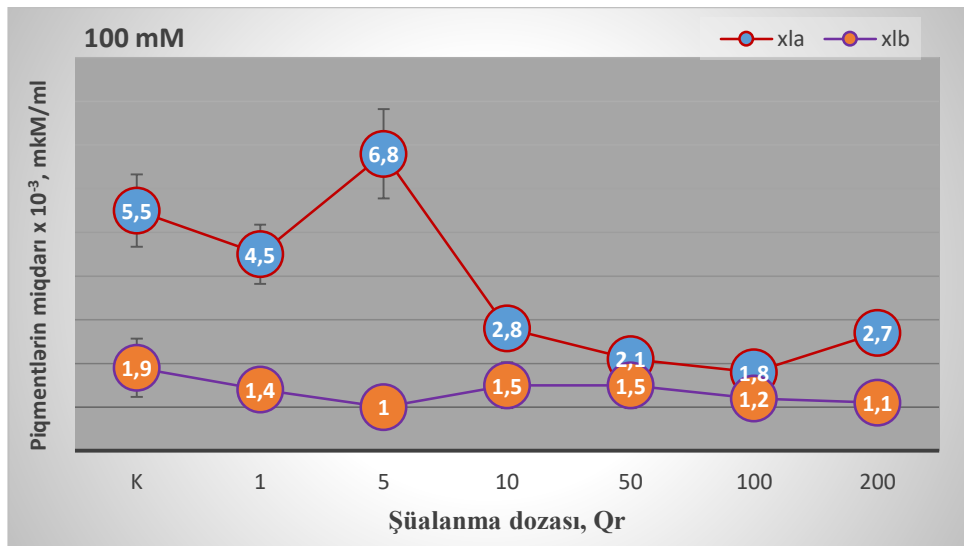
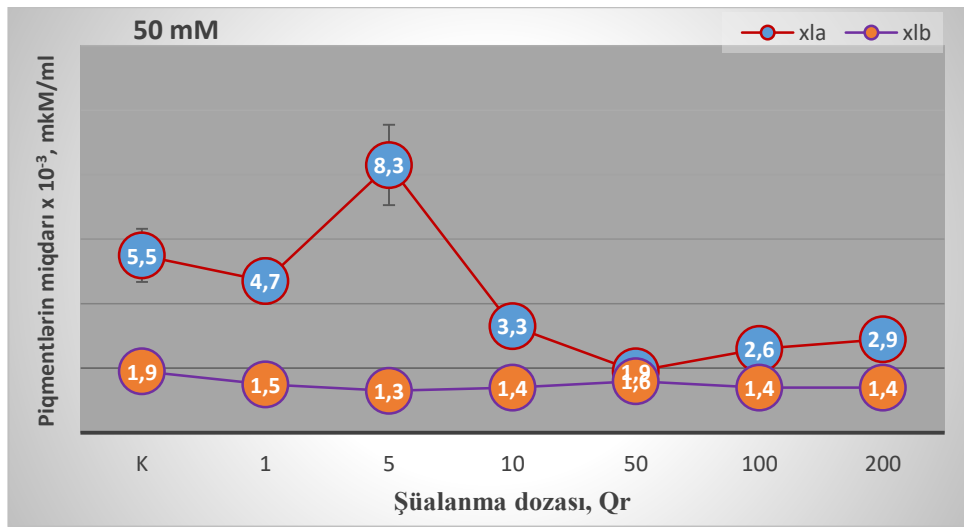
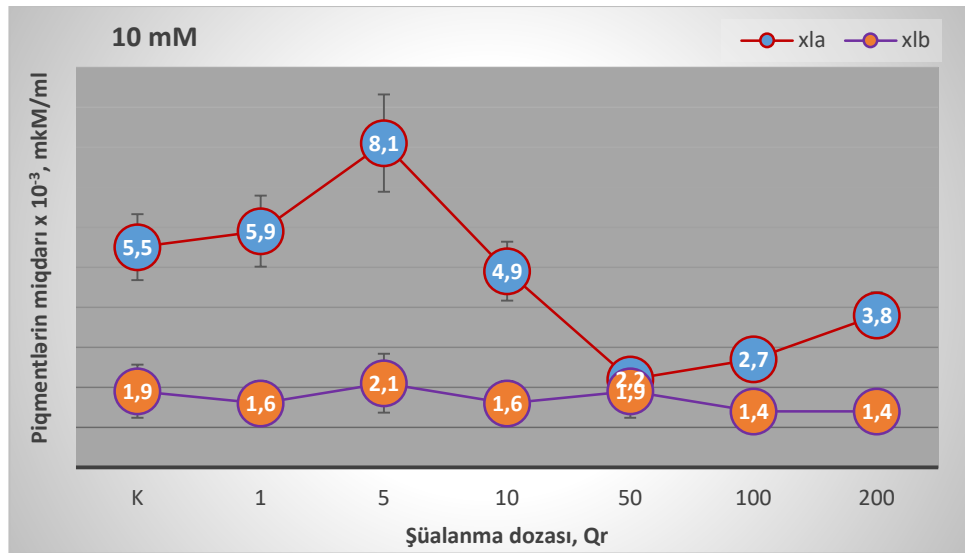
Təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, istifadə etdiyimiz bütün duz konsentrasiyalarında xlorofillərin miqdarının toxumların şüalanma dozəsindən asılılığı, kiçik kənarçıxmalar istisna olmaq şərti ilə, oxşar formada əyri ilə xarakterizə

olunur. Daha doğrusu, toxumların 5 Qr -ə bərabər dozada şüalanması halında bütün duz konsentrasiyalarında xlorofil *a* -nın sintezinin sürətlənməsi, yuxarı şüalanma dozalarında isə tədricən ləngiməsi baş verir.

Xlorofil *b* üçün isə 5 Qr şüalanma dozası halında oxşar formada asılılıq 1, 5 və 10 mM konsentrasiyalı duz məhlulu şəraitində müşahidə olunur. 5 Qr -dən yüksək dozalarda isə bütün duz konsentrasiyalarında yalnız duz stresi şəraitində olduğu kimi xlorofillərin miqdarı təxminən dəyişməz qalır.

Qarğıdalı üçün aldığımız bu nəticələr, görüldüyü kimi, noxud üçün aldığımız nəticələrdən fərqlənir.





**Şəkil 3.21. Müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında xlorofillərin miqdarının şüalanma dozasından asılılığı**

Yada salaq ki, toxumların 1, 5 və 10 Qr dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi noxud cücərtilərini kiçik konsentrasiyalı duz məhlulu şəraitində yetişdirilməsi zamanı xlorofillərin miqdarında nəzərəcarpacaq dəyişikliklər yarada bilmirdi. Başqa sözlə, 1mM konsentrasiyalı duz stresinin xlorofil sintezində yaratdığı inhibirləşmə toxumların 1, 5 və 10 Qr dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi halında tamamilə aradan qaldırılırdı. Qarğıdalı üçün isə fərqli nəticələr alınır.

Toxumların böyük dozalarda şüalanmaya məruz qalması halında noxud cücərtiləri hətta yüksək konsentrasiyalı duz məhlulunda belə daha yaxşı xlorofil sintez edə bilirdi. Qarğıdalı üçün isə belə şəraitlərdə xlorofil sintezi, demək olar ki, tamamilə dayanır.

Qamma şüalanmanın təsirinin xlorofillərin miqdarını dəyişdirə bilməsi bir çox işlərdə müəyyən edilmişdir [129, c.47, s.314; 224, c.38, s.553].

Göstərilir ki, kiçik stimullaşdırıcı dozalarda qamma şüalanmanın təsiri yalnız bitkilərin boyatma və inkişafını deyil, həm də tənəffüs və fotosintez proseslərini sürətləndirir [20, s.8].

Nisbətən aşağı dozalarda şüalanmış toxumlardan yetişən cücərtilərin yarpaqlarında ümumi xlorofilin miqdarının artması, xlorofillərin ümumi miqdarının 50 Qr şüalanma dozası halında maksimal olması və 150 Qr -dən yüksək dozalarda radiasiya stresinin özünü bütün parametrlərin, o cümlədən də xlorofillərin miqdarının əhəmiyyətli azalmasında göstərməsi Bəyaz və b. [70, c.162-163, s.129] tərəfindən də müəyyən edilmişdir.

Bu tədqiqat işinin nəticələri kiçik dozalı qamma şüalanmanın cücərtilərin boyatmasına və inkişafına göstərdiyi stimullaşdırıcı təsirin həmişə üst-üstə düşmədiyini göstərir.

Akshatha və b. [52, c.36, s.38] müəyyən etmişlər ki, kiçik şüalanma dozalarında *T. arjuna* bitkisiində xlorofilin miqdarı şüalanma dozasının artmasına uyğun olaraq artır.

Güründüyü kimi, aldığımız nəticələr kiçik şüalanma dozalarında xlorofilin miqdarının artmasına və böyük şüalanma dozalarında isə azalmasına dair alınmış nəticələrlə müəyyən mənada üzlaşır.

### **3.4. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi**

Qeyd edək ki, şüalanmış toxumlardan yetişən bitkilərin biokimyəvi analizinə dair tədqiqatlar bu gün də aktuallığını itirməyib. Məsələn, müəyyən edilmişdir ki, çaytikanı toxumlarının  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi cücərtildə lipidlərin doymamışlıq indeksinin və linolen turşusunun konsentrasiyasının artmasına səbəb olur [171, c.58, s.370]. 100 Qr dozada şüalanmış toxumlardan yetişən buğda cücərtilərində prolin və xlorofilin artmasına dair də məlumatlar alınmışdır [72, c.42, s.2281]. Müəyyən edilmişdir ki, paxla toxumlarının 20 Qr dozada şüalandırılması ontogenezin ilkin etaplarında kök sisteminin inkişaf tempinin sürətlənməsi və orqanizmin ferment sisteminin aktivliyinin artması hesabına su defisitinin dağıdıcı təsirini müəyyən qədər tarazlaşdırır ki, bu da həm həllolunan şəkər və zülalların, həm də prolinin konsentrasiyasının artmasına səbəb olur [164, c.59, s.1; 165, c.17, s.63].

Məlum olduğu kimi, xarakterindən, gücündən və təsir müddətindən asılı olaraq stress amili canlı orqanizmlərin yüksək dərəcədə mütəşəkkil olan quruluşunu dağıtmaq qabiliyyətinə malikdir. Radioaktiv şüalanma bu halda istisna deyil. O, heceyrəni təşkil edən molekulların həyəcanlanmasına, ionlaşmasına və onlarda kimyəvi rabitələrin qırılmasına səbəb ola bilər [23, c.59, s.246]. Bu zaman zülalların biosintezinin xarakteri dəyişə, maddələr mübadiləsi prosesi və bütövlükdə orqanizmin fizioloji funksiyaları pozula bilər [14, c.57; 22, c.153]. Canlı orqanizmlərin, o cümlədən də bitkilərin, ətraf mühitin əlverişsiz şəraitinə uyğunlaşa bilməsi də tamamilə yolveriləndir.

Deyilənləri nəzərə alaraq, cavab müdafiə reaksiyalarını öyrənməklə, noxud və qarğıdalı bitkilərinin duz stressi şəraitində yetişməsində toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin rolunu aydınlaşdırmağa çalışmışıq.

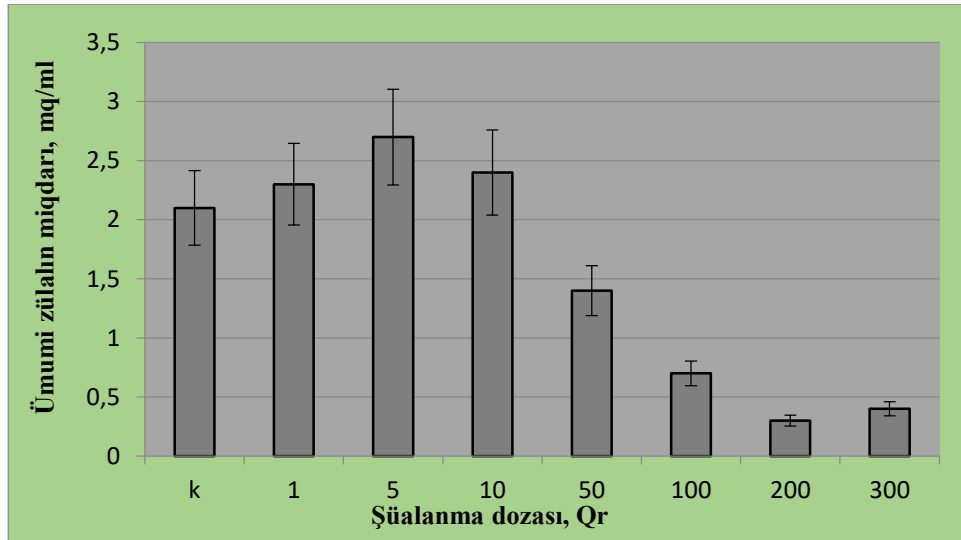
#### **3.4.1. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi**

Radioaktiv şüalanmanın tədqiq etdiyimiz noxud bitkisinin zülal tərkibinə təsirinə aydınlıq gətirmək məqsədi ilə bu bitkinin toxumlarını səpindən əvvəl geniş

doza oblastında (1, 5, 10, 50, 100, 200 və 300 Qr dozalarda)  $\gamma$ -şüalarla işləmiş və onları adi (normal) şəraitdə yetişdirmişik. Ayrı-ayrı dozalara uyğun ikihəftəlik bitki cüvərtilərindən götürülmüş yarpaq nümunələrində ümumi zülalın miqdarını təyin etmişik. Zülalın miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.22 –də təqdim edilmişdir.

Şəkildə təqdim olunan nəticələr toxumların şüalanmasının bitkinin zülal tərkibini dəyişdirə bilməsini göstərir. Daha dəqiq desək, təqdim olunan nəticələr aşağı şüalanma dozalarının (1 – 10 Qr) zülal sintezini sürətləndirməsini, yüksək şüalanma dozalarının (100 – 300 Qr) isə, əksinə, bu prosesi ləngitməsini göstərir.

Toxumların 5 Qr dozada şüalanması halında noxudda ümumi zülalın miqdarı kontrolla müqayisədə ən yüksək olur (~ 1,3 dəfə). 100 Qr –dən yüksək dozalarda isə zülalın miqdarı kəskin azalaraq, kontrolla müqayisədə təxminən 4 dəfə az olur.

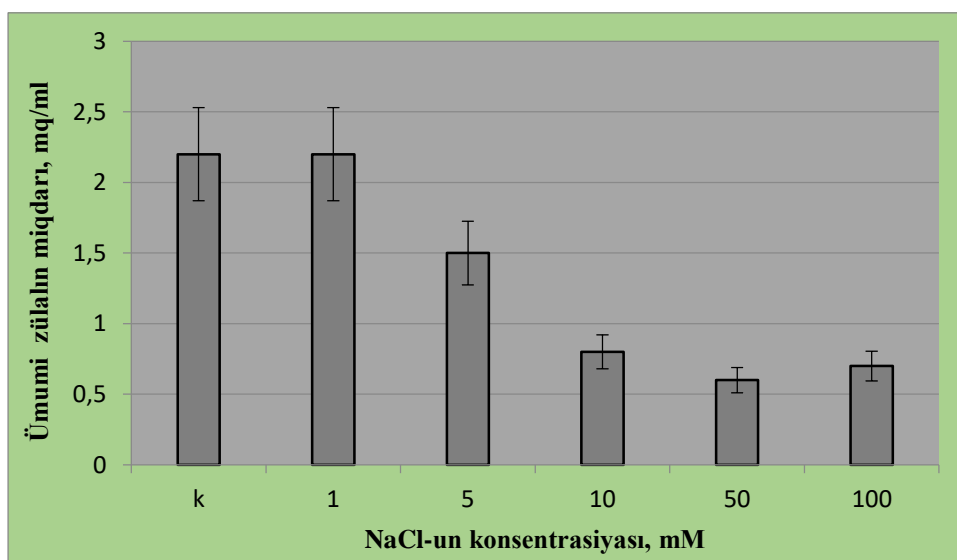


**Şəkil 3.22. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik noxud yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarının şüalanma dozasından asılı dəyişmə dinamikası**

Toxumların 1 – 10 Qr dozalarda şüalandırılmasının bu bitkinin boyatma və inkişafına stimullaşdırıcı təsir göstərməsi faktını yada salsaq, hesab etmək olar ki, boyatma və inkişafın stimullaşması həm də zülal sintezinin stimullaşmasına səbəb olur. Həm boyatma və inkişafa, həm də zülal sintezinə dair aldığımız nəticələr 1- 10 Qr doza oblastının noxud bitkisi üçün stumullaşdırıcı doza oblastı olması fikrini söyləməyə əsas verir.

### 3.4.2. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi

Duz stresinin ayrılıqda noxud yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinə dair aldığımız və şəkil 3.23 –də təqdim etdiyimiz nəticələr özünəməxsusluğu ilə fərqlənir. Belə ki, zəif duz stresi şəraitində, daha dəqiq desək, NaCl –un 1 mM konsentrasiyası halında noxud bitkisinde ümumi zülalın miqdarı kontrol nümunədəki miqdarından fərqlənmir. Başqa sözlə desək, duz stresi 1 mM konsentrasiyaya qədər zülal sintezinə təsir etmir. NaCl –un konsentrasiyasının 1 mM –dan başlayaraq artması isə zülal sintezini əhəmiyyətli dərəcədə inhibirləşdirir. Məsələn, 10 mM konsentrasiyalı duz mühiti şəraitində ümumi zülalın miqdarı kontroldakı miqdarından ~ 3 dəfə kiçik olur.



**Şəkil 3.23. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

Nəticələr noxud bitkisinde zülal sintezinin duz stresinə yüksək həssaslıq göstərməsi kimi qiymətləndirilə bilər. Belə ki, nəticələrdən də görüldüyü kimi, hətta ən zəif duz stresi belə zülal sintezini ləngidə bilər.

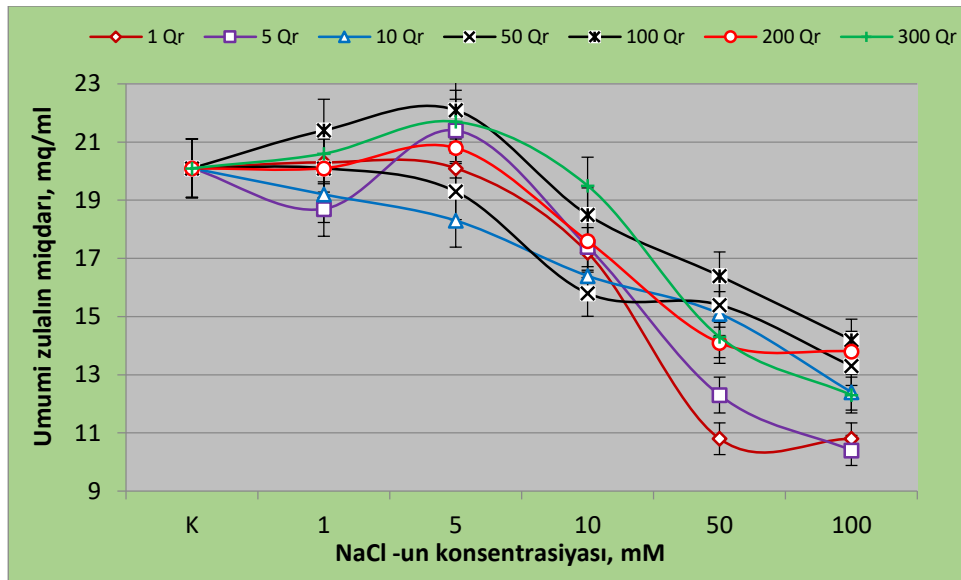
### **3.4.3. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında ümumi zülalin miqdarına təsirinin tədqiqi**

Taxıl və paxlalı bitkilərin becərilməsində, adətən çalışılır ki, məhsuldarlığın artırılması ilə yanaşı həm də onların zülal, karbohidrat, lipid, vitamin və s. kimi keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılmasına nail olunsun. Bu səbəbdən də müxtəlif amillərin kənd təsərrüfatı bitkilərinin keyfiyyət və kəmiyyət tərkibinə təsirinə dair tədqiqatların aparılması hələ də öz aktuallığını itirməyib [8, c.23]. Bu amillərin içərisində radioaktiv şüalanmanın təsirinə dair tədqiqatlar xüsusi yer tutur.

Qeyd edək ki, baxmayaraq ki, bitkilərin keyfiyyətini müəyyən edən kimyəvi tərkibi təkamül prosesində formalaşır, bu tərkibin ətraf mühit amillərinin təsiri ilə həm keyfiyyətə, həm də kəmiyyətə dəyişməsi mümkündür. Ətraf mühit amillərinin təsirinə daha yüksək rezistentlik göstərən və daha məhsuldar bitki genotiplərinin alınması məhz bununla bağlıdır. Həmçinin də bitki hüceyrələrinin neqativ təsirlərə reaksiya verməsi onların ətraf mühitin sərt şəraitlərində mövcudluğunu təmin edir. Bu zaman zülalların biosintezinin xarakterinin dəyişməsinə, maddələr mübadiləsinin və bütövlükdə orqanizmin fizioloji funksiyalarının pozulmasına dair məlumatlar vardır [14, c.132; 22, c.147].

Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən ikihəftəlik noxud yarpaqlarından götürülmüş nümunələrdə ümumi zülalin miqdarına dair aldığımız nəticələr (şəkil 3.24) ayrılıqda duz və radiasiya streslərinə dair aldığımız nəticələrdən fərqlənir [12, s.227; 118, c.13, s.96]. Belə ki, 1 – 5 mM duz konsentrasiyası intervalında 100 – 300 Qr dozalarda şüalanmış toxumlardan yetişən cücərti yarpaqlarında ümumi zülalin miqdarında nəzərəcarpacaq artım müşahidə edildiyi halda, həmin duz konsentrasiyalarında kiçik şüalanma dozalarında zülalin miqdarında dəyişiklik baş vermir və yaxud da cüzi azalma baş verir.

5 – 50 mM –a bərabər duz konsentrasiyası intervalında isə bütün şüalanma dozalarında duz stresinin şiddətlənməsi ümumi zülalin miqdarında kəskin azalmaya səbəb olur. Məsələn, 50 mM konsentrasiya halında ümumi zülalin miqdarı konrtoldakı miqdarla müqayisədə ~ 2 dəfə kiçik olur.



**Şəkil 3.24. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı.**

Duz konsentrasiyasının 50 mM –dan böyük qiymətlərində bütün şüalanma dozalarında ümumi zülalın miqdarında müəyyən stabilləşmə müşahidə olunur.

Yada salmaq ki, şüalanmamış toxumlardan yetişən noxud bitkisi yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı tamamilə fərqli idi. Belə ki, zəif duz konsentrasiyalarında (NaCl –un konsentrasiyasının 1 mM –a qədər artması) zülalın miqdarında nəzərəcarpacaq dəyişmələr yarada bilmədiyi halda, 1 mM –dan yüksək duz konsentrasiyalarında duz stresinin güclənməsi zülalın miqdarında irimiqyaslı dəyişmələr yaradırdı. Daha dəqiq desək, bu konsentrasiyalarda duz stresinin təsiri ümumi zülalın miqdarının əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb olurdu [215, c.6, s.110].

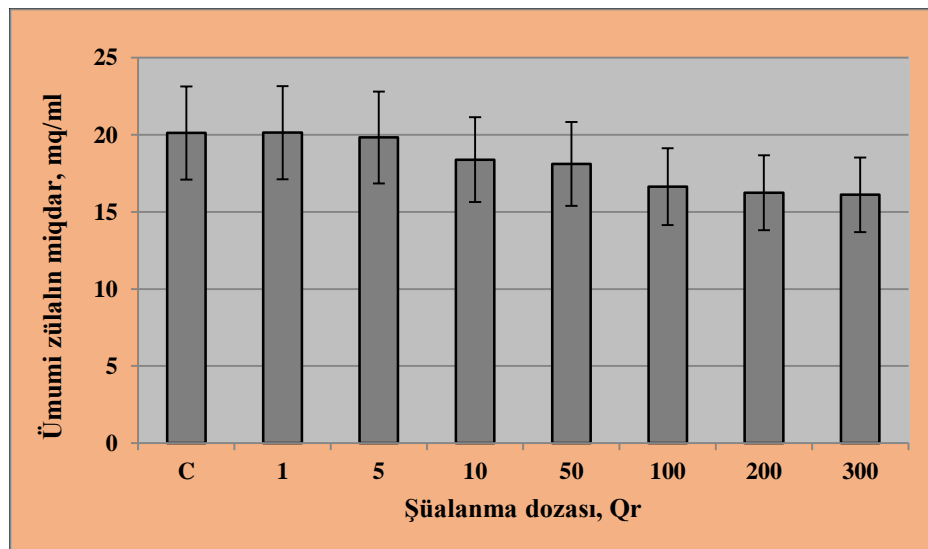
Nəticələrə yekun vuraraq, hesab etmək olar ki, stimullaşdırıcı dozalarda (kiçik şüalanma dozalarında) noxud toxumlarının  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi ümumi zülalın miqdarına münasibətdə bu bitkinin duz stresinə tolerantlığını müəyyən qədər artırır. Başqa sözlə, noxud toxumlarının səpindən əvvəl kiçik dozalarda şüalandırılması (1 – 10) mM duz konsentrasiyası oblastında zülal sintezi yolunun inhibirləşməsinin və / və yaxud da duz stresi şəraitində zülal quruluşunun dağılmasının qarşısını ala bilər. Qeyd

olunan sərt şəraitdə ümumi zülalın miqdarının dəyişməməsi (kontroldakı miqdardan fərqlənməməsi) və yaxud da nəzərəcarpacaq artması bizə belə nəticəyə gəlməyə əsas verir.

#### **3.4.4. Toxumların $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi**

Qarğıdalı yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarının şüalanma dozasından asılı dəyişmə dinamikası şəkil 3.25 –də verilmişdir.

Təqdim olunan nəticələr kiçik şüalanma dozalarında (1 – 5 Qr doza intervalında) ümumi zülalın miqdarının şüalanma dozasından asılı olaraq dəyişmədiyini (sabit qalmasını) göstərir. 5 Qr –dən 100 Qr -ə qədər doza oblastında isə şüalanma dozasının artmasına mütənəsib olaraq, ümumi zülalın miqdarında azalma tendensiyası müşahidə edilir. (100 – 300) Qr doza oblastında yenidən zülalın miqdarı şüalanma dozasından asılı olaraq, dəyişmir.



**Şəkil 3.25. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarının şüalanma dozasından asılı dəyişmə dinamikası**

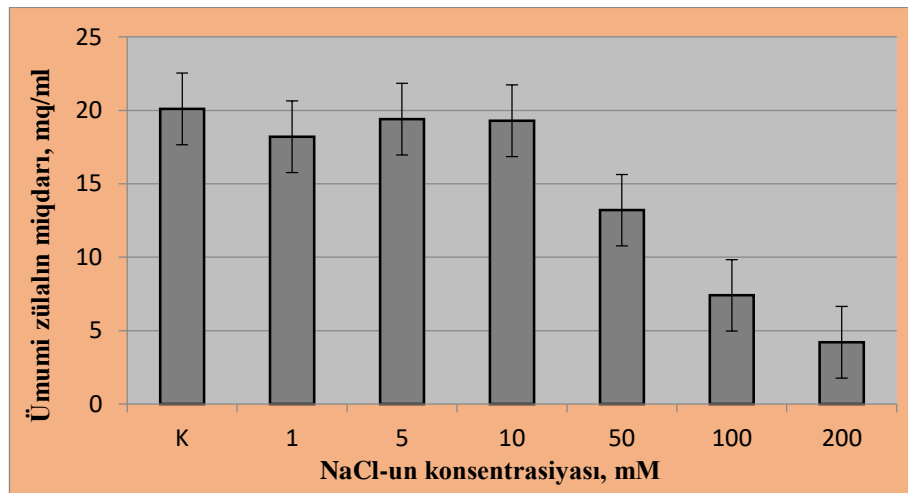
Müqayisə üçün qeyd edək ki, 300 Qr-ə bərabər şüalanma dozasında ümumi zülalın miqdarı kontrolla müqayisədə ~1,7 dəfə az olur. Müəyyən doza oblastında

zülalın miqdarının azalmasının səbəbi, böyük ehtimalla, toxumların zülal ehtiyatının həmin doza oblastında ionlaşdırıcı şüalanmanın hədəfinə çevrilməsidir.

### 3.4.5. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi

Şüalanmamış toxumlardan duz stresi şəraitində yetişən qarğıdalı yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.26 –da təqdim edilmişdir.

Ümumi zülalın miqdarının duz konsentrasiyasından asılılığı şüalanma dozasından asılılığından fərqlənir. Belə ki, bu halda zəif duz stresi şəraitində (1 mM – dan 10 mM –a qədər duz konsentrasiyalarında) ümumi zülalın miqdarının duz konsentrasiyasından asılılığı müşahidə edilmir. Bu duz konsentrasiyası intervalında müşahidə edilən kiçik kənarçıxmalar təcrübələrin xətası daxilində olur.



**Şəkil 3.26. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

Belə məlum olur ki, qarğıdalıda zülal sintezi duz stresinin təsirinə müəyyən qədər rezistentlik göstərə bilər. Yada salmaq ki, noxud duz stresinin təsirinə zülal sintezi baxımından fərqli reaksiya verirdi. Belə ki, duzun kiçik konsentrasiyalarında belə zülalın miqdarında irimiqyaslı dəyişmələr baş verirdi.

Yüksək konsentrasiyalarda (10 mM –dan böyük konsentrasiyalarda) duz stresinin şiddətlənməsi ümumi zülalın miqdarının əhəmiyyətli dərəcədə azalması ilə müşayiət edilir. 100 mM –a qədər ümumi zülalın miqdarının azalması irimiqyaslı, 100 mM –dan böyük konsentrasiyalarda isə kiçik miqyaslı olur. Məsələn, 100 mM konsentrasiya halında zülalın miqdarı kontrolla müqayisədə ~ 3 dəfə, 300 mM konsentrasiyada isə 100 mM –dakı miqdarla müqayisədə ~ 2 dəfə kiçik olur.

Ayrılıqda radiasiya və duz streslərinin nəticələrini müqayisə etsək, görürük ki, bu stress amilləri oxşar və fərqli təsir əlamətlərinə malikdirlər. Oxşar əlamətləri ondan ibarətdir ki, şüalanma dozasının artması da duz stresinin göclənməsi kimi oksigenin aktiv formalarının yaranmasının sürətlənməsinə səbəb olur. Hər iki stress şəraitində ümumi zülalın miqdarının azalmasının səbəbi isə duz və radiasiya stresi kimi əlverişsiz şəraitlərdə zülalların özlərinin sərbəst radikalların hədəfinə çevrilməsidir.

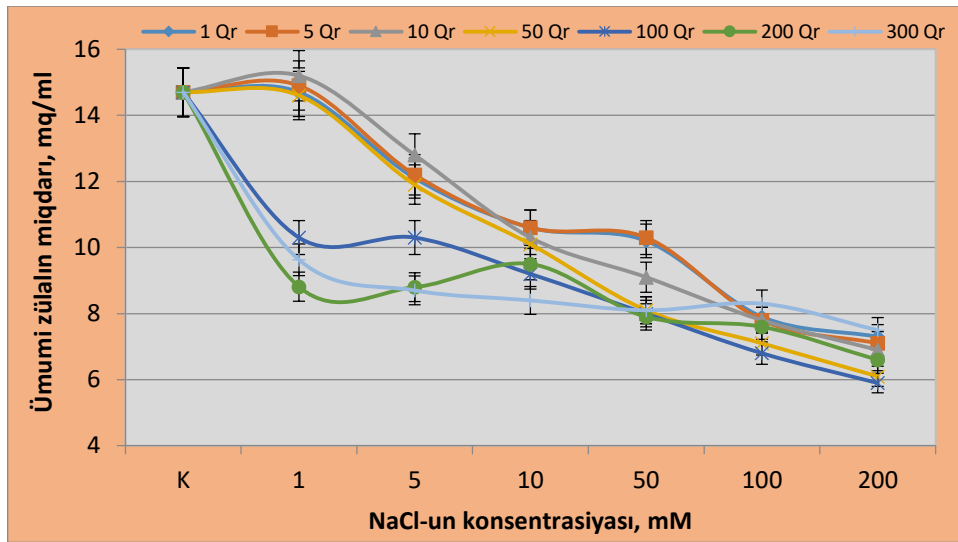
Bu stress amillərin fərqli cəhətləri isə onların törətdikləri “zədələnmələrin” miqyasının eyni olmamasıdır. Daha dəqiq desək, duz stresi radiasiya stresi ilə müqayisədə zülallarda və membran lipidlərində daha irimiqyaslı zədələnmələr əmələ gətirə bilir.

#### **3.4.6. Duz stresinin toxumları $\gamma$ -şüalarla işlənmiş qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinin tədqiqi**

Duz stresinin toxumları  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş iki həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarına təsirinə dair aldığımız nəticələr şəkil 3.27 –də təqdim edilmişdir [119, c.15, s.10].

Təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, (1 – 50) Qr dozalarda şüalandırılmış toxumlardan 1mM konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişən qarğıdalı yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarında dəyişmələr müşahidə edilmir. Yüksək şüalanma dozalarında (100 – 300 Qr) isə 1 mM konsentrasiyalı NaCl stresi ümumi zülalın miqdarını kəskin azaldır. Bu dozalarda ümumi zülalın miqdarı kontrolla müqayisədə təxminən 2 dəfə az olur.

Duz konsentrasiyasının 1 mM – dan böyük qiymətlərində ümumi zülalın



**Şəkil 3.27. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında ümumi zülalın miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

miqdarında aşağı şüalanma dozalarında kəskin, yuxarı şüalanma dozalarında isə tədricən azalma tendensiyası müşahidə edilir. Demək olar ki, bütün şüalanma dozalarında duz stresinin güclənməsi (NaCl-un konsentrasiyasının artması) ümumi zülalların miqdarının azalması ilə nəticələnir.

Başqa sözlə desək, 1 – 50 Qr -ə bərabər kiçik şüalanma dozalarında və 1 mM – a bərabər aşağı duz konsentrasiyasında ümumi zülalın miqdarı kontrol nümunədəki miqdar qədər olur. Deməli, (1 – 50) Qr doza oblastında toxumların şüalandırılması 1mM duz stresinin neqativ təsirini tamamilə neytrallaşdırır. 50 Qr –dən yüksək dozalarda toxumların şüalandırılması 1 mM –dan böyük konsentrasiyalı duz stresinin zülal sintezinə göstərdiyi inhibirləşdirici təsiri daha da gücləndirir. Belə ki, bu şəraitlərdə zülalın miqdarı kontroldakı miqdarından kəskin fərqlənir.

Beləliklə, ayrılıqda götürdükdə kiçik şüalanma dozalarında və kiçik duz konsentrasiyalarında ümumi zülalın miqdarında nəzəçarpacaq dəyişmələr baş vermədiyi halda, ikili stress şəraitlərdə toxumların 50 Qr -ə qədər şüalanması və duz konsntrasiyasının 1 mM –a bərabər olması halında zülalın miqdarında yenə də hansısa dəyişmə qeydə alınmır. 1 mM konsentrasiyalı duz məhlulu və yüksək şüalanma dozaları halında isə ümumi zülalın miqdarında kəskin azalma baş verir.

Ayrılıqda yüksək şüalanma dozalarının və yüksək konsentrasiyalarda duz stresinin təsiri şəraitində isə fərqli mənzərənin şahidi oluruq. Belə ki, belə şəraitlərdə ayrılıqda yüksək şüalanma dozalarının və yüksək konsentrasiyalarda duz stresinin təsiri ümumi zülalın miqdarının azalmasına səbəb olursa, ikili stress halında da belə şəraitlərdə zülalın miqdarında azalma tendensiyası saxlanılır. Sadəcə olaraq, azalma kiçik şüalanma dozalarında irimiqyaslı, böyük şüalanma dozalarında isə nisbətən kiçik miqyaslı olur.

### **3.5. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyətinə təsirinin tədqiqi**

#### **3.5.1. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin antioksidant müdafiə sisteminin kiçik molekullu antioksidantlarının miqdarına təsirinin tədqiqi**

Stres şəraitində bitki hüceyrələrində oksigenin aktiv formalarının əmələ gəlməsilə müşayiət olunan oksidləşmə proseslərinin sürətlənməsi çoxlu sayda tədqiqat işlərində təsdiq olunmuşdur [21, c.27; 31, c.55, s.620; 71, c.91, s.179; 203, c.3, s.229]. Məlum olduğu kimi, hüceyrə üçün real təhlükə mənbəyi olan oksigenin bu formaları antioksidant müdafiə sistemi (AOMS) adlanan sistemin köməyi ilə zərərsizləşdirilir [6, c.48, s.465; 158, c.7, s.405]. Unikal təbiətə malik bu sistem ikikomponentli olub, antioksidant fermentlərdən və kiçikmolekullu antioksidantlardan təşkil olunmuşdur. Əsas antioksidant fermentlərə superoksiddismutaza (SOD), peroksidaza (PO), askorbatperoksidaza (APO) katalaza (KAT), kiçikmolekullu antioksidantlara isə prolin, karotinoidlər, flavonoidlər, antosianlar, askorbin turşusu, qlutation, poliaminlər, tokoferol, ubixinon və s. aid edilir [6, c.48, s.465; 158, c.7, s.405].

Tədqiqat işlərinin nəticələrindən aydın olur ki, stresin zərərli təsirindən hüceyrələri qoruyan AOMS-in fəaliyyəti oksigenin aktiv formalarının detoksikasiya olunması ilə nəticələnir və bu prosesdə adı çəkilən sistemin irimolekullu komponentləri (antioksidant fermentlər) əsas rola malik olurlar [6, c.48, s.465].

Oksidləşdirici stres şəraitində yaranan oksigenin aktiv formalarının antioksidant fermentlərin özlərini də inaktivasiya edə bilməsi və bu zaman onların *de novo* sintezi üçün müəyyən zaman tələb olunması müdafiə funksiyasını öz üzərinə götürən kiçik molekullu antioksidantlara tələbat yaradır.

Qeyd etmək lazımdır ki, çoxlu sayda tədqiqat işlərinin aparılmasına baxmayaraq, hələ də AOMS-in kiçik molekullu komponentlərinin stres şəraitlərində rolu dəqiqliyi ilə aydınlaşmayıb [6, c.48, s.465; 19, c.55, s.516; 37, c.58, s.49; 103, c.95, s.11140; 143, c.166, s.40]. Bu səbəbdən də stres şəraitdə bu bioloji aktiv maddələrin müdafiə rolunu öyrənmək həm elmi, həm də praktik cəhətdən xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Dissertasiya işimizin bu hissəsində noxud və qarğıdalı bitkilərində karotinoidlər, flavonoidlər, antosianlar və prolin kimi kiçikmolekullu antioksidantların miqdar dəyişmələri əsasında AOMS-in radiasiya və duz stresləri şəraitlərində fəaliyyəti öyrənilmişdir. Əsas məqsəd isə toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş və duz stressi şəraitində yetişən bitkinin AOMS-in fəaliyyətinə aydınlıq gətirmək olmuşdur.

Məlum olduğu kimi, bitkilər inkişaf prosesində əksər hallarda eyni vaxtda bir deyil, bir neçə stres amilin təsirinə məruz qala bilər. Bu təsirlərin bəziləri daimi, bəziləri isə qısa müddətli ola bilər. Son illərin tədqiqatları göstərir ki, bitkilərin ikili stres şəraitinə adaptasiyası onların tək stres şəraitinə adaptasiyasından fərqlənir. Bu baxımdan bu cür elmi tədqiqat işləri xüsusi maraq kəsb etməklə yanaşı, həm də yüksək aktualıq kəsb edir. Hesab olunur ki, birdən çox stres faktora məruz qaldıqları zaman bitki orqanizmlərində kros adaptasiya adlanan mexanizmlər işə düşür [25, c.37, s.987; 40, s.5; 223, c.22, s.498; 232, c.6, s.1] ki, bu prosesin mexanizminin öyrənilməsinə isə bu gün böyük zərurət vardır. Belə ki, bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlar bu proseslərə məqsədyönlü müdaxilə etmək imkanları yaradır.

### **3.5.1.1. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında prolinin miqdarına təsirinin tədqiqi**

**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stressi ayrılıqda).** Məlum olduğu kimi, istənilən stressorun zədələyici təsiri oksigenin fəal formalarının yaranmasının

sürətlənməsi ilə nəticələnir və bitkilərin belə təsirə cavab reaksiyaları, əsasən, antioksidant fermentlərin aktivliklərinin artması ilə müşayiət olunur [153, c.16, s.4299].

Ədəbiyyat materiallarının təhlili göstərir ki, müxtəlif bitkilərin stressorların təsirinə reaksiyası eyni olmur. Buna baxmayaraq, əksər hallarda stressorların zədələyici təsirinin qarşısının alınmasında antioksidant fermentlərlə yanaşı prolin kimi kiçikmolekullu antioksidantlar da cəlb olunur [37, c.58, s.49].

Oksigenin fəal formalarını neytrallaşdırmaq qabiliyyətinə malik olan prolinin miqdarının stress şəraitlərdə əhəmiyyətli dərəcədə artmasına dair məlumatlar vardır. Həmçinin də qeyd olunur ki, prolinin yüksək miqdarda olması antioksidant fermentlərin aktivliklərini inhibirləşdirə bilər [172, c.38, s.259]. Bu zaman fermentlərin aktivlikləri ilə prolinin miqdarı arasında müəyyən korrelyasiyanın olması da vurğulanır [143, c.166, s.40].

Stres şəraitlərdə prolinin toplanmasının səbəbini onun *de novo* sintezi və ya onun deqradasiyasının azalması və yaxud da hər ikisi ilə əlaqələndirirlər [106, c.21, s.535].

Qeyd olunur ki, abiotik stres şəraitlərində prolinin toplanması stresin növündən və dərəcəsindən (şiddətindən) asılı olaraq bir neçə millimol konsentrasiyada ola bilər [86, c.4, s.215]. Müəyyən edilmişdir ki, bir çox bitkilər üçün duz və quraqlıq streslərində prolinin miqdarı onun sintezinin sürətlənməsi və / və yaxud deqradasiyasının kəçilməsi hesabına ümumi amin turşusu ehtiyatının 80 % -ni təşkil edə bilər (normal şəraitlərdə bu rəqəm ~ 5 % təşkil edir) [125, c.39, s.235; 135, c.42, s.831].

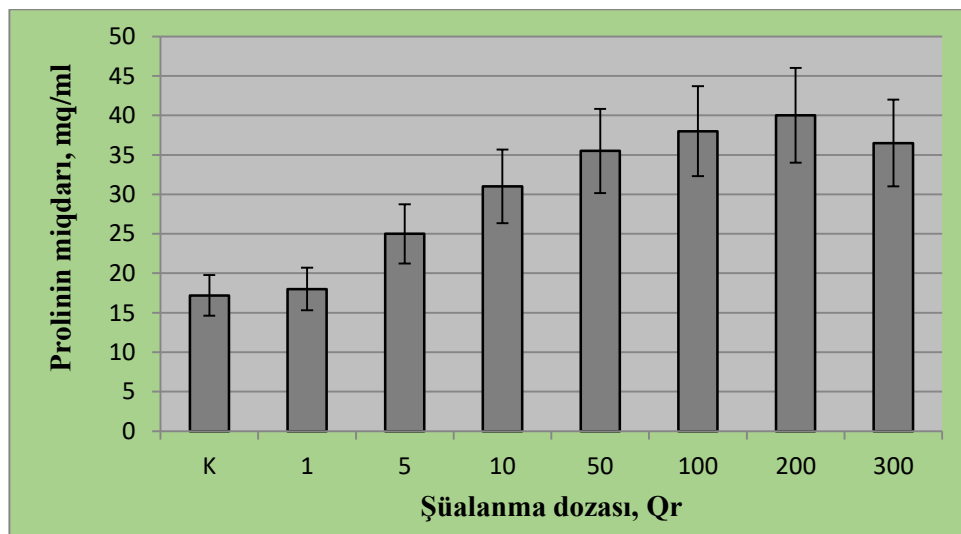
Bu gün orqanizmin stres təsirləri zəiflətməsinə dair müxtəlif hüceyrə mexanizmləri təklif olunmuşdur və əlverişsiz şəraitlərdə prolinin toplanması bu mexanizmlərdən biri hesab olunur [53, c.12, s.146]. Qeyd olunur ki, prolinin sintezi və deqradasiyası ilə əlaqəli olan əksər fermentləri kodlaşdıran genlər klonlaşdırılıb və qismən xarakterizə olunub. Buna baxmayaraq, bu fermentlərin ekspressiyasını requlyasiya edən amillər hələ də identifikasiya edilməyib [126, c.88, s.424]. Prolinin biosintez yolunu aktivləşdirən genlərin köçürülməsi ilə bitkilərdə onun toplanma səviyyəsini artırmağa bəzi cəhdlər edilmişdir. Məsələn, prolinin yüksək miqdarı ilə

xarakterizə olunan müxtəlif transgen bitkilərdə boyatma və inkişafın yaxşılaşması, həmçinin də abiotik stressə (məsələn, duz stresinə) tolerantlığın artması müşahidə edilmişdir [126, c.88, s.424].

Qeyd edək ki, çoxlu sayda tədqiqatların aparılmasına baxmayaraq, stres şəraitlərdə prolinin rolunu hələ də tam aydınlaşdırmaq mümkün olmamışdır. Bu səbəbdən də müxtəlif stress şəraitlərdə prolinin müdafiə rolunun öyrənilməsi həmişəki kimi bu gün də aktualdır.

Prolinin miqdarının şüalanma dozəsindən asılılığına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.28 –də təqdim edilmişdir.

Aldığımız nəticələr toxumların 1 Qr dozada  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin noxud yarpaqlarında prolinin miqdarına təsir etmədiyini göstərir. Şüalanma dozəsının 5 Qr –dən 200 Qr -ə qədər artması isə antioksidant prolinin miqdarında əhəmiyyətli artma yaradır. Məsələn, 200 Qr -ə bərabər şüalanma dozəsında bu antioksidant maddənin miqdarı kontroldakı miqdarı ilə müqayisədə ~ 2 dəfə yüksək olur.



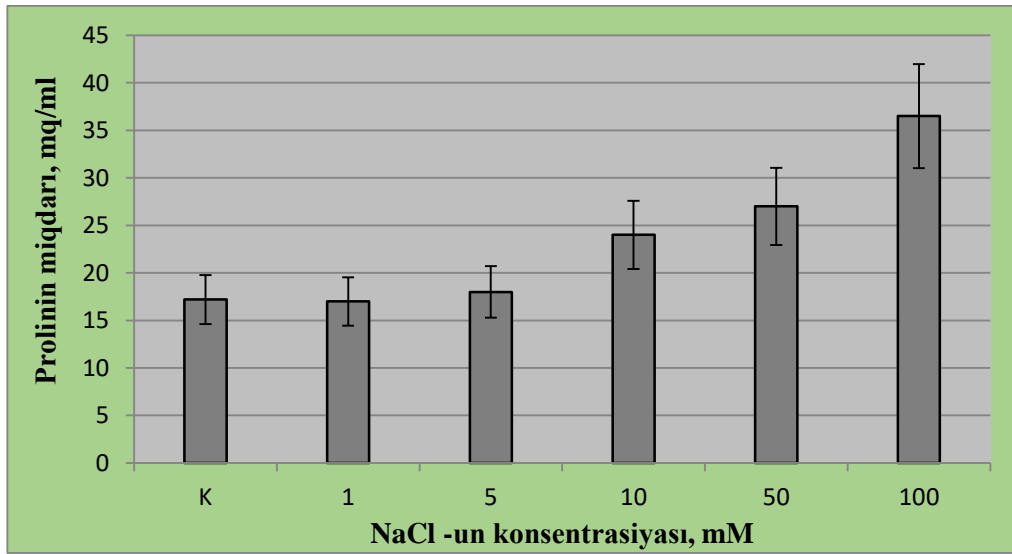
**Şəkil 3.28. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik noxud yarpaqlarında prolinin miqdarının şüalanma dozəsindən asılılığı**

Alınan nəticələrdən həmçinin də aydın olur ki, şüalanma dozəsının (1 – 50) Qr doza oblastında artması prolinin miqdarının sürətlə, (50 – 200) Qr doza oblastında artması isə tədricən artmasına səbəb olur.

Prolinin, antioksidant olaraq, miqdarının artmasının səbəbi onun mühafizə funksiyasının artması kimi qiymətləndirilə bilər. Belə çıxır ki, nisbətən aşağı şüalanma dozalarında prolinə tələbat yüksək olur və bu səbəbdən də onun sintezi deqradasiyasını, böyük dozalarda isə, əksinə, deqradasiyası sintezini üstələyir.

**Duz stresi ayrılıqda.** Şüalanmamış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında prolinin miqdarına dair şəkil 3.29 –da təqdim olunmuş nəticələr göstərir ki, NaCl –un konsentrasiyasının 5 mM –a qədər artması, yəni zəif duz stresi şəraiti prolinin miqdarını dəyişdirə bilmir. Buna baxmayaraq, yüksək duz konsentrasiyalarında duz stresinin güclənməsi prolinin miqdarının artması ilə müşayiət olunur.

Aldığımız nəticələrə əsaslanmaqla, hesab etmək olar ki, aşağı duz konsentrasiyalarında bitkinin duz stresindən mühafizə olunmasında antioksidant prolin əhəmiyyətli rola malik olmur.



**Şəkil 3.29. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında prolinin miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

Çox yəqin ki, bu zaman bitkini stressorun təsirindən antioksidant fermentlər müdafiə edirlər. Yüksək duz konsentrasiyalarında isə antioksidant müdafiə üçün, böyük ehtimalla, kiçikmolekullu antioksidantlara da tələbat yaranır və prolin kimi antioksidantlar da mühafizəyə cəlb olunurlar.

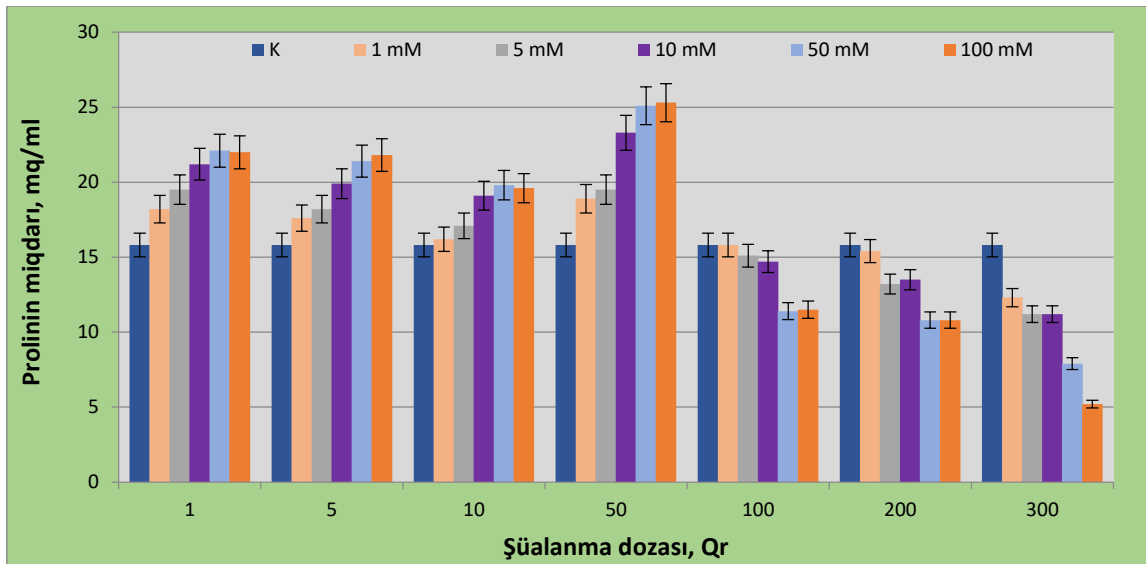
**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** Müxtəlif dozalarda şüalanmış toxumlardan

duz məhlulu mühitində yetişən noxud bitkisinin təzə yığılmış yaşıl yarpaqlarında prolinin miqdarının təyininə dair aldığımız nəticələr göstərir ki, bu antioksidantın miqdarının həm şüalanma dozəsindən, həm də NaCl –un konsentrasiyasından asılı dəyişməsi baş verir (şəkil 3.30). Sadəcə olaraq, bu dəyişmə müxtəlif şüalanma dozələrində müxtəlif formada baş verir [10, s.370; 118, c.13, s.96; 215, c.6, s.110].

Maraq kəsb edən odur ki, prolinin miqdarında duz konsentrasiyasından asılı baş verən dəyişmələrdə kiçik şüalanma dozələrində (1- 50 Qr) artma, böyük şüalanma dozələrində (100 – 300 Qr) isə azalma tendensiyası müşahidə edilir.

Bu formada dəyişmə 1 mM –a bərabər duz konsentrasiyasında başlayır və NaCl –un konsentrasiyasının artması ilə daha da güclənir.

Prolinin miqdarının şüalanma dozəsindən və duz konsentrasiyasından asılı dəyişməsinin səbəbini aşağıdakı kimi izah etmək olar.



**Şəkil 3.30. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında prolinin miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

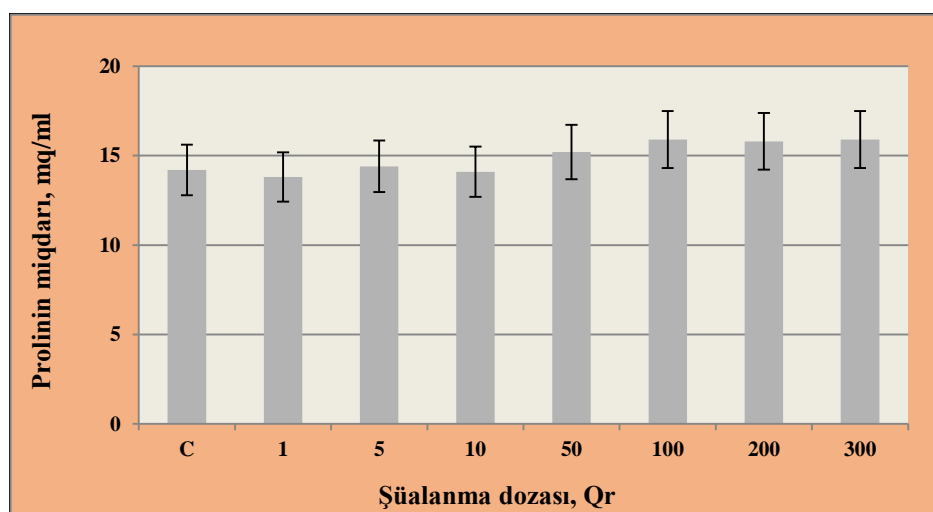
Duz stresinin güclənməsi, aydındır ki, antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyətinə təsir etməlidir, daha dəqiq desək, bu sistemin fəaliyyətini aktivləşdirməlidir. Belə olan halda antioksidant maddələrin, o cümlədən də prolinin miqdarının artması tamamilə başadüşüləndir. Deməli, toxumların nisbətən kiçik dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi prolin sintezini stimullaşdırmaqla, bu bitkinin duz stresinə tolerantlığını artırır.

Yüksək şüalanma dozalarında isə, böyük ehtimalla, ionlaşdırıcı şüalanma duz stresi ilə birlikdə prolinin deqradasiyasına səbəb olur.

### 3.5.1.2. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında prolinin miqdarına təsirinin tədqiqi

**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stresi ayrılıqda).** Tədqiqat işimizin bu hissəsində məqsəd şüalanmış toxum hüceyrələrinin müxtəlif dozalı radioaktiv şüalanmanın təsirindən mühafizə olunmasında prolinin roluna aydınlıq gətirmək olmuşdur.

Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin normal şəraitdə yetişən qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında prolinin miqdarına təsirinə dair aldığımız nəticələr şəkil 3.31 –də təqdim edilmişdir.



**Şəkil 3.31. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında prolinin miqdarının şüalanma dozasından asılılığı**

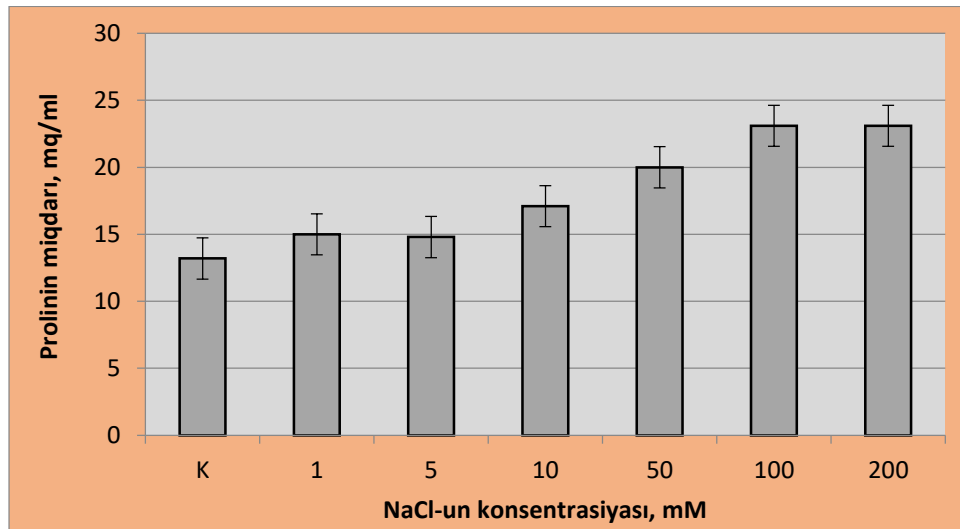
Nəticələrdən, ilk növbədə, diqqəti cəlb edən kiçik dozalarda prolinin miqdarının radioaktiv şüalanma dozasından asılı olmamasıdır. Belə ki, diaqramlardan da görüldüyü kimi, şüalanma dozasının 1 Qr –dən 10 Qr -ə qədər artması antioksidant rolunu oynayan bu maddənin miqdarını, demək olar ki, dəyişdirmir. Buna baxmayaraq, şüalanma dozasının (10 – 100) Qr intervalda dəyişməsi prolinin miqdarının tədricən

kiçik miqyaslı artması ilə müşayiət edilir. Şüalanma dozasının növbəti artımı yenidən prolinin miqdarında stabilləşməyə səbəb olur.

Nəticələrə əsaslanaraq, hesab etmək olar ki, prolin, kiçik molekuldu antioksidant olaraq, kiçik şüalanma dozalarında hüceyrələrin oksigenin fəal formalarından mühafizə olunmasında əsas rola malik olmur, böyük şüalanma dozalarında isə antioksidant müdafiənin bir hissəsi prolinin üzərinə düşür.

**Duz stresi ayrılıqda.** Müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişən qarğıdalının ikihəftəlik bitki yarpaqlarında prolinin miqdarına dair nəticələrin təqdim olunduğu qrafikdən aydın olur ki, bu antioksidantın miqdarında duz konsentrasiyasından aydın və daha irimiqyaslı asılılıq mövcuddur (şəkil 3.32).

Qeyd edək ki, radioaktiv şüalanma dozasından bu formada asılılıq mövcud deyidi. Radiasiya stresinin güclənməsi prolinin miqdarında zəif artma tendensiyası nümayiş etdirirdi. Belə çıxır ki, duz stresi şəraitində radiasiya stresindən fərqli olaraq, antioksidant prolinin fəaliyyətinə daha çox ehtiyac olur. Başqa sözlə, duz və radiasiya stresləri bu bitkinin boyatma və inkişafına fərqli mexanizmlər üzrə təsir göstərir.



**Şəkil 3.32. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında prolinin miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

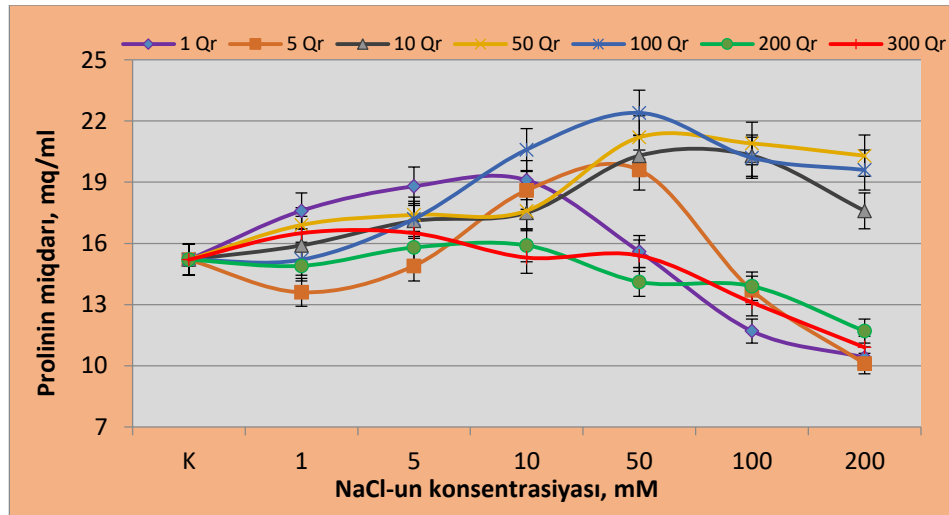
Maraqlıdır ki, duz stresi hətta ən kiçik konsentrasiyalarda belə (1 mM –dan başlayaraq) prolin sintezini stimullaşdırır. Prolin sintezinin stimullaşması NaCl –un

konsentrasiyasının 100 mM –a çatmasına qədər davam edir. 100 mM duz konsentrasiyası halında antioksidant maddənin miqdarı kontrol nümunədəki miqdarı ilə müqayisədə ~1,7 dəfə yüksək olur. Fərq ondan ibarətdir ki, (1 – 5) mM duz konsentrasiyalarında prolinin miqdarında artım kiçik, (5–100) mM konsentrasiyalarında isə yüksək olur.

Duz konsentrasiyasının (100 – 200) mM intervalında sonrakı artımı bu antioksidant maddənin miqdarını dəyişdirmir. Hesab etmək olar ki, 100 mM –a qədər konsentrasiyalarda kifayət qədər prolin ehtiyatı toplanır ki, bu da ondan da yüksək konsentrasiyalarda bitkinin duz stresindən mühafizə olunmasını təmin edir.

**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** Tədqiqat işimizin bu hissəsi toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş və müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişdirilmiş qarğıdalı bitkisinin yaşıl yarpaqlarında prolinin miqdarının təyininə həsr olunub.

İkili stress şəraitində prolinə dair aldığımız nəticələr göstərir ki, belə şəraitdə antioksidantın miqdarı ayrılıqda duz və radiasiya stresləri şəraitindəki miqdarından fərqlənir (şəkil 3.33).



**Şəkil 3.33. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında prolinin miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Nəticələr prolinin miqdarının ikili stress şəraitində duz konsentrasiyasından və şüalanma dozəsindən asılılığının kifayət qədər mürəkkəb olmasını göstərir. Buna baxmayaraq, bu asılılıqda müəyyən qanunauyğunluq tapmaq mümkündür. İlk diqqəti cəlb edən müəyyən şəraitlərdə prolinin miqdarında irimiqyaslı dəyişmələrin baş verməsidir.

Nəticələrə duz konsentrasiyaları oblastını aşağı (1 – 5 mM), orta (5 -50 mM) və yüksək (50 -200 mM) kimi 3 yerə bölməklə, aydınlıq gətirməyə çalışaq. Aşağı duz konsentrasiyalarında, kiçik kənarçıxmaları nəzərə almasaq, bütün şüalanma dozalarında duz stresinin şiddətlənməsi prolinin miqdarının kiçikmiqyaslı artmasına səbəb olur. Orta duz konsentrasiyalarında bəzi şüalanma dozalarında duz konsentrasiyasının artması prolinin miqdarının irimiqyaslı artmasına, bəzi şüalanma dozalarında isə, əksinə, nəzərəçarpacaq azalmasına gətirib çıxarır. Yüksək duz konsentrasiyası oblastında isə bütün şüalanma dozalarında duz stresinin güclənməsi prolinin miqdarının azalması ilə müşayiət olunur [119, c.15, s.10].

Araşdırdığımız işlərin nəticələrindən də aydın olur ki, kənd təsərrüfatı bitkilərinin duzadavamlılıq mexanizmində iştirak edən prolinin sintezi şüalanmış bitkilərdə şüalanmamışlarla müqayisədə daha yüksək olur.

*In vitro* təcrübələr də prolinin bitkilərin radiasiya mühafizəsinin təmin olunmasında, həmçinin də onların yüksək və aşağı temperatur, duzluluq və qələvilik və s. kimi digər abiotik stressorların təsirindən qorunmasında iştirakını sübut edir [132, c.88, s.424]. Belə çıxır ki, prolin toplanmasına duz stresindən mühafizə mexanizmlərindən biri kimi baxmaq olar. Prolinin antioksidant fermentləri deqradasiya olunmaqdan qoruması və onların struktur və funksional aktivliklərinin saxlanması təmin etməsi faktı da dediklərimizi sübut edir [55, c.22, s.151].

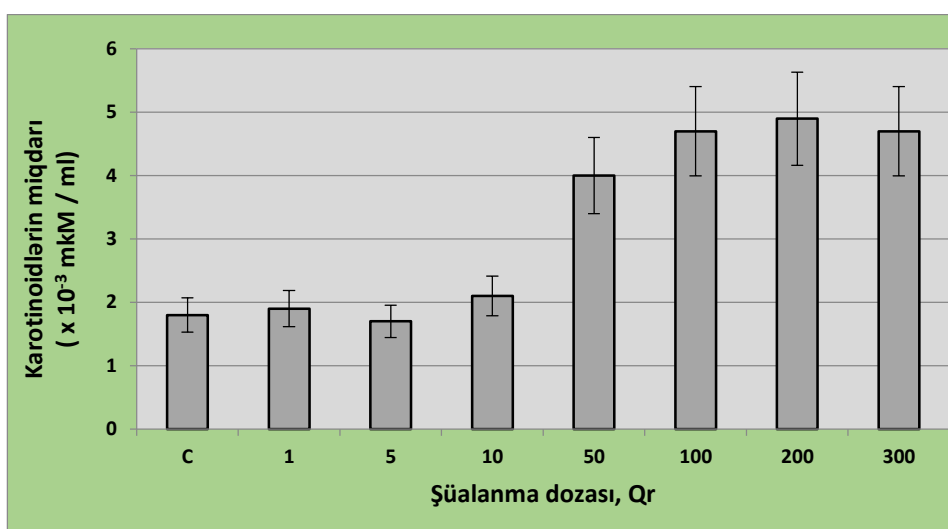
Qeyd edək ki, toxumalarda prolinin miqdarının şüalanma dozəsindən asılı olaraq artmasına dair də məlumat vardır [62, c.59, s.206].

Dediklərimizə yekun vuraraq, hesab etmək olar ki, qarğıdalı bitkisinin duz stresindən mühafizə olunmasında prolin əhəmiyyətli rola malik olmasa da, səpin əvvəli toxumların kiçik dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi bu bitkinin duz stresindən mühafizə olunmasında əhəmiyyətli rola malik olur.

### 3.5.1.3. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarına təsirinin tədqiqi

**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stressi ayrılıqda).** Toxumları səpindən əvvəl müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüaların təsirinə məruz qalmış noxud bitkisinin 2 həftəlik cücərtilərində karotinoidlərin miqdarına dair aldığımız nəticələr diaqram formasında şəkil 3.34 - də öz əksini tapmışdır.

Şəkildən diqqəti cəlb edən noxud bitkisinde karotinoidlərin miqdarının kiçik dozalarda şüalanma dozasından asılı olmaması, böyük dozalarda isə asılı olmasıdır. Nəticələrdən aydın olur ki, toxumların 10 Qr -ə qədər dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi halında antioksidant karotinoidlərin miqdarında dəyişmələr baş vermədiyi halda, 10 Qr -dən 100 Qr -ə qədər doza oblastında onların miqdarında böyük miqyaslı artım baş verir. Belə ki, 50 Qr dozada karotinoidlərin miqdarı kontrolla müqayisədə  $\sim 2$  dəfə, 100 Qr dozada isə  $\sim 3$  dəfə çox olur. Maraqlıdır ki, 100 Qr -dən yüksək dozalar da, kiçik dozalar kimi, bu antioksidant maddələrin miqdarında əsaslı dəyişmələr yarada bilmir.



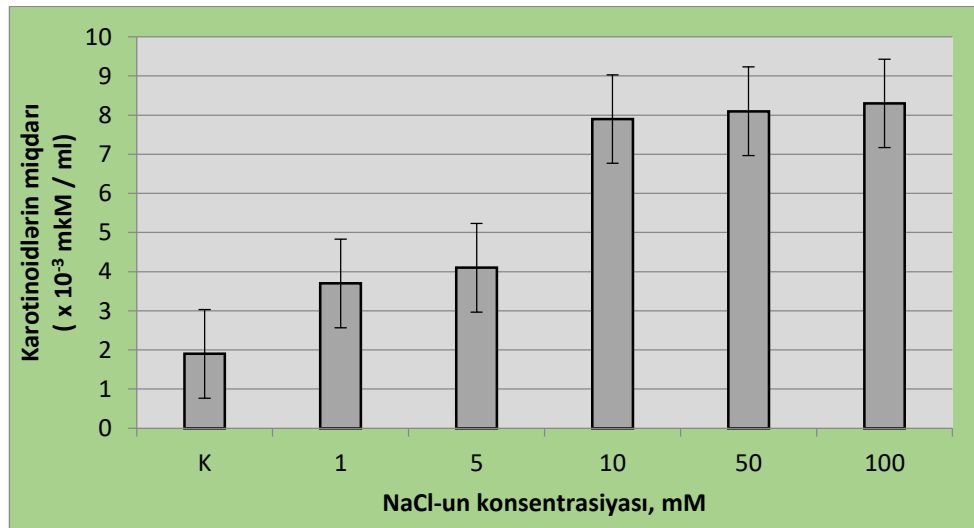
**Şəkil 3.34.** Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik noxud yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarının şüalanma dozasından asılılığı

Noxud birkisində karotinoidlərin miqdarının şüalanma dozasından asılılığı ilə digər kiçik molekullu antioksidant prolinin miqdarının şüalanma dozasından asılılığı arasında müəyyən oxşarlıq və fərqlər mövcuddur. Oxşarlıq ondan ibarətdir ki, hər iki

antioksidantın miqdarı böyük dozalarda 100 Qr dozaya qədər, şüalanma dozasının artmasına paralel olaraq, artır, 100 Qr –dən yüksək dozalarda isə, demək olar ki, dəyişməz qalır. Fərq isə ondan ibarətdir ki, kiçik dozalarda 10 Qr dozaya qədər şüalanma dozasının artması karotinoidlərin miqdarını dəyişdirə bilmədiyi halda, prolinin miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Hər iki antioksidanta dair nəticələri ümumiləşdirməklə, hesab etmək olar ki, bu oksidantlar yüksək dozalarda oxşar formada fəaliyyət göstərir və yüksək dozalarda onların hər ikisinə tələbat vardır. Aşağı dozalarda isə bitkinin radioaktiv şüalanmanın təsirindən mühafizə olunmasında bunların hər ikisinə tələbat olmur və prolin təkbaşına sərbəst radikalların zərərsizləşdirilməsinin öhdəsindən gələ bilər.

**Duz stresi ayrılıqda.** Müxtəlif konsentrasiyalı duz stresi şəraitində yetişən noxud bitkisinin 2 həftəlik cücərtilərində karotinoidlərin miqdarına dair aldığımız nəticələr diaqram formasında şəkil 3.35 - də öz əksini tapmışdır.



**Şəkil 3.35. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

Aldığımız nəticələrdən aydın olur ki, duz stresinin şiddətlənməsi karotinoidlərin miqdarının kiçik duz konsentrasiyalarında kiçik, böyük duz konsentrasiyalarında isə böyük miqyasda artmasına səbəb olur. Daha dəqiq desək, karotinoidlərin

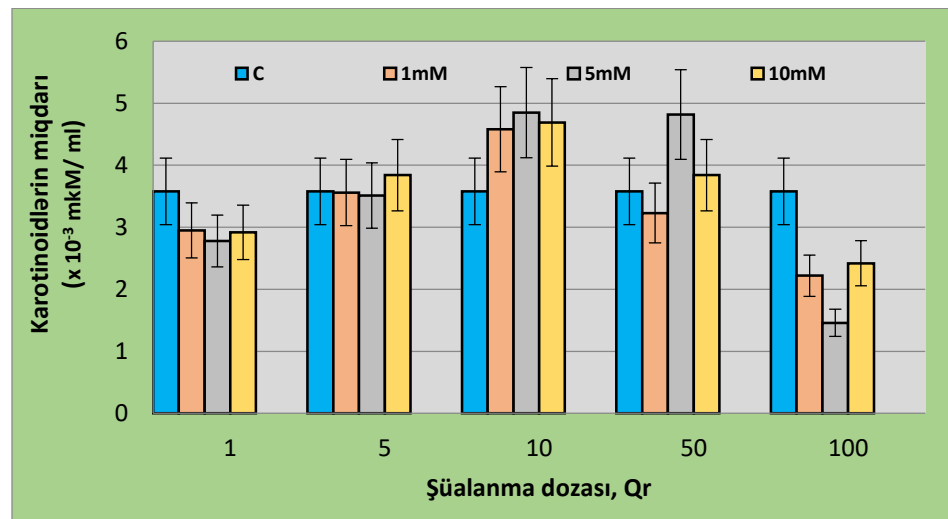
miqdarlarında 1 və 5 mM konsentrasiyalarda ~ 2 dəfə, 10 mM konsentrasiya halında isə ~ 4 dəfəyə qədər artım müşahidə olunur.

Belə çıxır ki, duz stresi şəraitində istənilən konsentrasiyada karotinoidlərin miqdarı artır. Bunu duz stresi şəraitində karotinoidlərin mühafizə rolunun olması ilə əlaqələndirmək olar.

**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** Apardığımız tədqiqatların bu hissəsi toxumları əvvəlcədən  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş və müxtəlif konsentrasiyalı duz məhlulunda yetişdirilmiş noxud cücərtilərində aiddir. Bu tədqiqatları aparmaqda əsas məqsəd, qeyd etdiyimiz kimi, toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin bitkinin duz stresinə davamlılığına mümkün təsirini aydınlaşdırmaqdan ibarətdir.

İkili stres şəraitində karotinoidlərin miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.36-də verilmişdir.

Nəticələrdən aydın olur ki, ikili stress şəraitində karotinoidlərin miqdarının dəyişmə dinamikası ayrılıqda radiasiya və duz streslərində dəyişmə dinamikasından fərqlənir.



**Şəkil 3.36. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

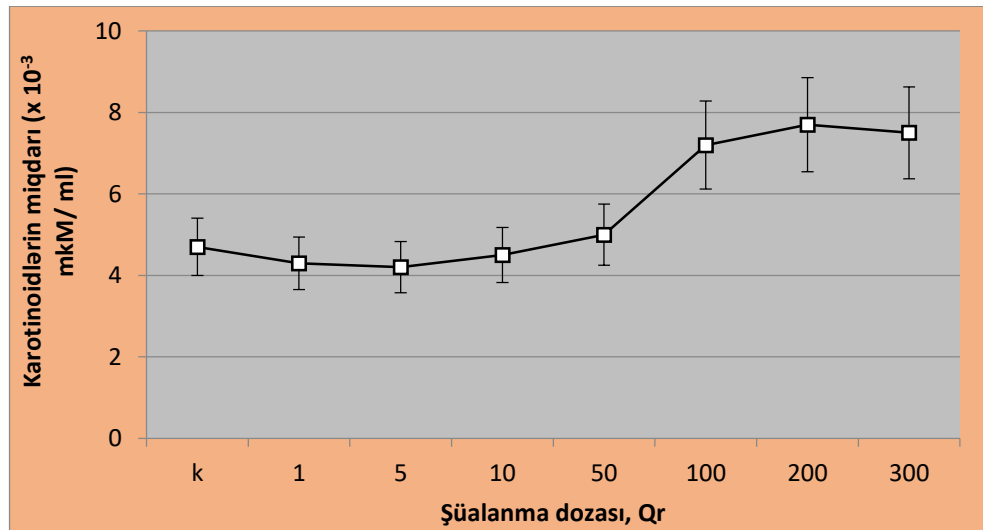
Yada salmaq ki, ayrılıqda həm radioaktiv şüalanmanın, həm də duz stresinin güclənməsi karotinoidlərin miqdarının artması ilə nəticələnirdi. Bu halda isə (ikili stres

halında) bütün duz konsentrasiyalarında şüalanma dozasının 1 – 10 Qr intervalda artması bu piqmentlərin miqdarının tədricən artmasına, 10 – 100 Qr intervalda artması isə tədricən azalmasına səbəb olur (kiçik kənarçıxmaları nəzərə almasaq).

Nəticələrə əsaslanaraq hesab etmək olar ki, bütün duz konsentrasiyalarında aşağı şüalanma dozalarında cücətilərin duz stresinin zərərli təsirindən mühafizə olunmasında karotinoidlərin rolu böyük, yuxarı şüalanma dozalarında isə rolu əhəmiyyətli olmur [120, s.369; 215, c.6, s.110].

### 3.5.1.4. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarına təsirinin tədqiqi

**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stressi ayrılıqda).** Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş və su mühitində yetişdirilmiş qarğıdalı bitkisinin 15 günlük cücətilərində karotinoidlərin miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.37-də öz əksini tapmışdır.



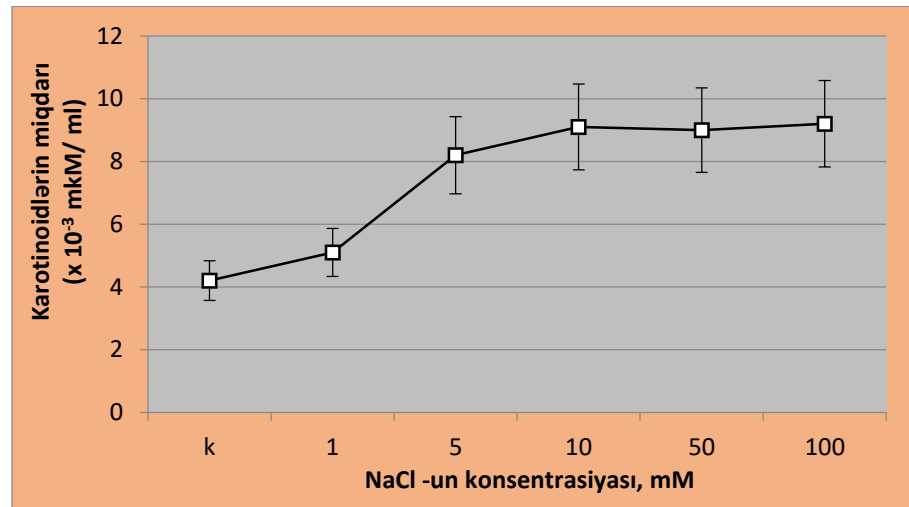
**Şəkil 3.37. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarının şüalanma dozasından asılılığı**

Nəticələrdən aydın olur ki, səpindən əvvəl toxumların müxtəlif dozalarda radioaktiv şüalanmanın təsirinə məruz qalması hüceyrənin antioksidant müdafiə sisteminin fəallaşmasına səbəb olur. Bu fəallaşma özünü əsasən yüksək şüalanma dozalarında göstərir və bitkinin stress amilin zərərli təsirindən mühafizə olunmasında müəyyən funksiyaları karotinoidlər öz üzərinə götürür. Belə ki, sarı piqmentlərin

miqdarı 1 – 50 Qr doza oblastında (aşağı şüalanma dozalarında), demək olar ki, sabit qalır, 50 -100 Qr doza oblastında əhəmiyyətli dərəcədə artır və bu yüksək qiymət böyük dozalarda yenidən dəyişməz qalır. Yüksək şüalanma dozalarında karotinoidlərin miqdarı kontrolla müqayisədə təxminən 1.7 dəfə yüksək olur.

Karotinoidlərin miqdarının şüalanma dozəsindən asılılığına dair aldığımız bu nəticələrə əsaslanaraq, hesab etmək olar ki, aşağı şüalanma dozalarında bu pigmentlərə tələbat olmur. Bu səbəbdən də onların miqdarı az olur. Yuxarı dozalarda isə bitkinin ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirindən mühafizə olunmasında antioksidant olaraq karotinoidlərin də fəaliyyətinə zərurət yaranır və onların sintezi sürətlənir.

**Duz stresi ayrılıqda.** Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığına dair aldığımız nəticələri şəkil 3.38 -də təqdim edilmişdir.



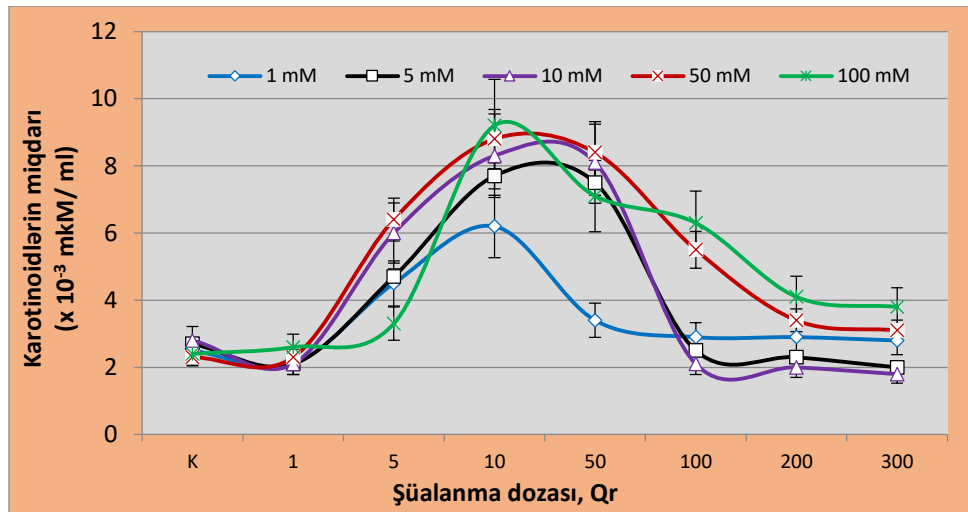
**Şəkil 3.38. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

Nəticələr bu bitkinin duzun stress təsirindən mühafizə olunmasında karotinoidlərin mühüm rol oynamasını göstərir. Belə ki, kiçik duz konsentrasiyalarında belə duz stresi karotinoidlərin miqdarının artmasına səbəb olur. Bu artım 1 mM –da

başlayır və 10 mM –a qədər davam edir. Duzun 10 mM –dan böyük konsentrasiyalarında isə piqmentlərin miqdarının yüksək qiyməti saxlanılır.

**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** Toxumları  $\gamma$ - şüaların təsirinə məruz qalmış qarğıdalı bitkisinin müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişdirilmiş 15 günlük cücərtilərində karotinoidlərin miqdarına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.39 -də öz əksini tapmışdır.

Nəticələrdən aydın olur ki, ikili stress şəraitində karotinoidlərin miqdarında baş verən dəyişmələr ayrılıqda radiasiya və duz streslərində baş verən dəyişmələrdən fərqlənir. Yuxarıda qeyd etmişdik ki, ayrılıqda duz stresinin şiddətlənməsi və yaxud da toxumların şüalanma dozasının yüksəlməsi bu piqmentlərin miqdarının artması ilə müşayiət olunurdu. İkili stress şəraitində isə, görüldüyü kimi, karotinoidlərin miqdarının artması dar şüalanma dozası oblastında baş verir, yüksək şüalanma dozalarında isə, əksinə, bütün duz konsentrasiyalarında sarı piqmentlərin miqdarı azalır.



**Şəkil 3.39. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında karotinoidlərin miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Maraq doğuran digər nəticə ondan ibarətdir ki, bütün duz konsentrasiyalarında karotinoidlərin miqdarının şüalanma dozasından asılılığı oxşar dəyişmə dinamikası ilə xarakterizə olunur. Belə ki, toxumların 1 Qr dozada şüalanması zamanı istifadə olunan

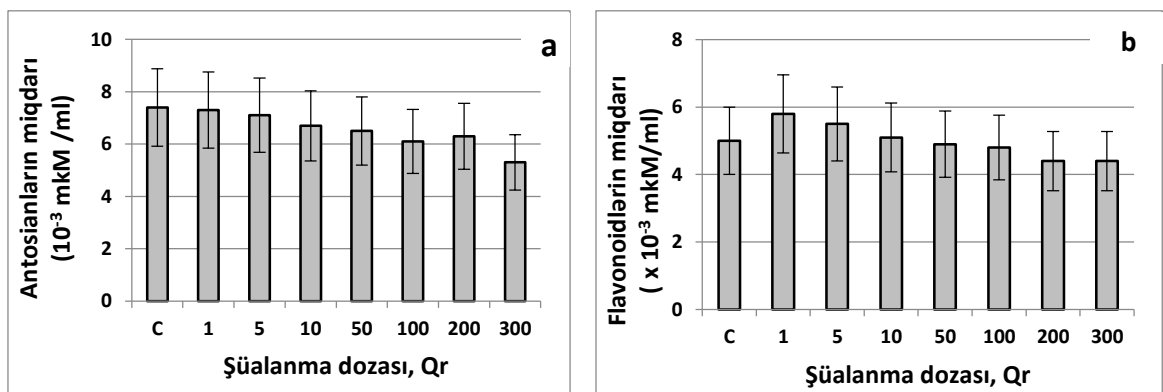
bütün duz konsentrasiyalarında karotinoidlərin miqdarı onların kontrol variantdakı miqdarından fərqlənmir, 1 Qr -dən 50 Qr -ə qədər şüalanma dozalarında piqmentlərin miqdarında artma, 50 Qr -dən 300 Qr -ə qədər isə azalma tendensiyası müşahidə olunur [118, c.13, s.96].

Hesab etmək olar ki, (5 – 50) Qr doza intervalında toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi karotinoidlərin hesabına onların duz stresi şəraitində inkişafını təmin edə bilər. Başqa sözlə, bu bitkinin duz stresindən mühafizə olunmasında karotinoidlər müstəsna rola malik olur.

Nəticələrə yekun vuraraq, hesab etmək olar ki, bütün duz konsentrasiyalarında aşağı şüalanma dozalarında cücərtilərin duz stresinin zərərli təsirindən mühafizə olunmasında karotinoidlərin rolu böyük olduğu halda, yuxarı şüalanma dozalarında isə onların rolu əhəmiyyətli olmur.

### 3.5.1.5. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında antosian və flavonoidlərin miqdarına təsirinin tədqiqi

**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stresi ayrılıqda).** Toxumları səpindən əvvəl müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud bitkisinin 15 günlük cücərtilərində antosian və flavonoidlərin miqdarına dair aldığımız nəticələr diaqram formasında şəkil 3.40 - də öz əksini tapmışdır.

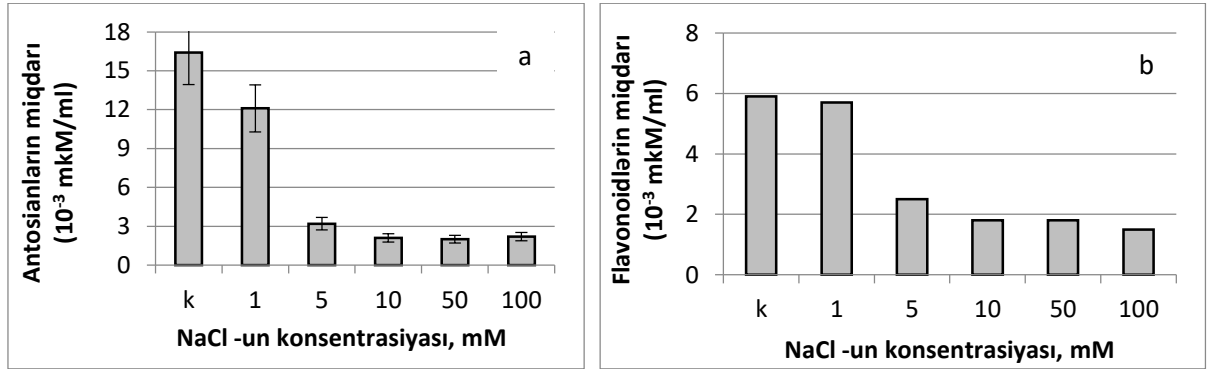


**Şəkil 3.40. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik noxud yarpaqlarında antosian (a) və flavonoidlərin (b) miqdarının şüalanma dozasından asılılığı**

Şəkildə təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, antosian və flavonoidlərin miqdarında şüalanma dozəsindən asılı irimiqyaslı dəyişmələr mövcud deyil. Sadəcə olaraq, şüalanma dozəsinin artması, kiçik kənarəçixmaları nəzərə almasaq, bu piqmentlərin miqdarında kiçik azalma tendensiyası nümayiş etdirir. Məsələn, 100 Qr -dən böyük şüalanma dozələrində həm antosianların, həm də flavonoidlərin miqdarı kontrolla müqayisədə ~ 25 % kiçik olur.

Nəticələr, əlavə olaraq, hər iki piqmentin şüalanma dozəsindən oxşar formada asılılıq nümayiş etdirməsini göstərir. Belə hesab etmək olar ki, ionlaşdırıcı şüalanma həm antosianların, həm də flavonoidlərin biosintez yoluna eyni formada təsir göstərir.

**Duz stresi ayrılıqda.** Müxtəlif konsentrasiyalı duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən noxud bitkisinin 2 həftəlik cücərtilərində antosian və flavonoidlərin miqdarına dair aldığımız nəticələr diaqram formasında şəkil 3.41 - də təqdim edilmişdir.



**Şəkil 3.41. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında antosian (a) və flavonoidlərin (b) miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

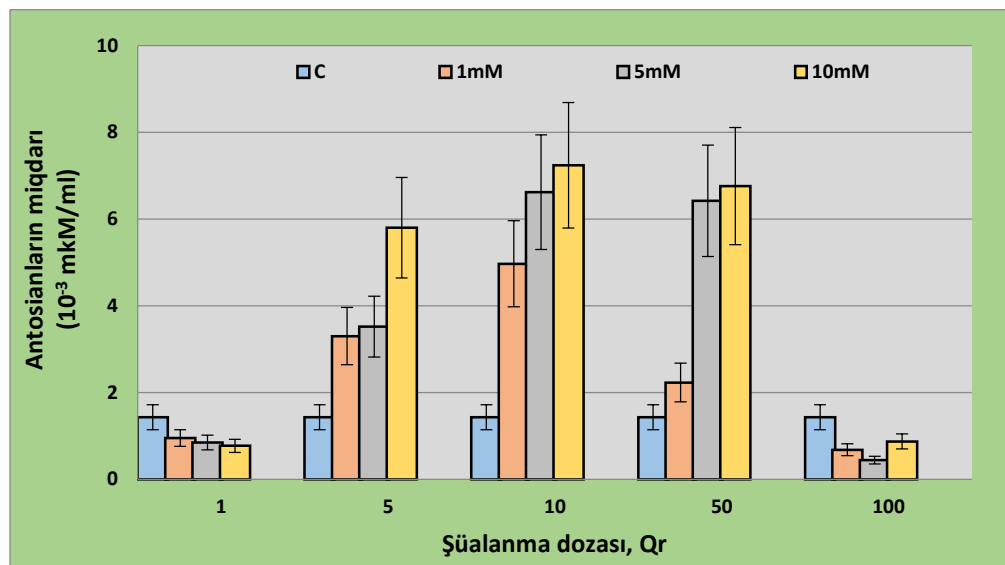
Nəticələr duz stresinin şiddətlənməsinin antosian və flavonoidlərin miqdarının kəskin azalmasına səbəb olmasını göstərir. Göründüyü kimi, NaCl –un 5 mM –dan yüksək konsentrasiyalarında duz stresi şəraitində yetişən noxud cücərtilərində antosianların miqdarı kontrolla müqayisədə ~ 7 dəfə, flavonoidlərin miqdarı isə ~3 dəfəyə qədər azalmış olur. Deməli, duz stresi flavonoidlərin sintezinə zəif, antosianların sintezinə isə daha güclü təsir edə bilər. Əlavə olaraq, aydın olur ki, zəif

duz stresi şəraiti (1 mM konsentrasiyalı NaCl halı) flavonoidlərin sintezinə, demək olar ki, təsir etmədiyi halda, antosianların sintezinə, zəif də olsa, təsir edə bilər.

### **Radiasiya və duz stresləri birlikdə.**

İkili stres şəraitində antosianların miqdarına dair aldığımız nəticələr (şəkil 3.42) bu antioksidantın da noxud cücərtilərində duz stresindən mühafizə olunmasında müəyyən rol oynadığını göstərir [120, s.369; 215, c.6, s.110].

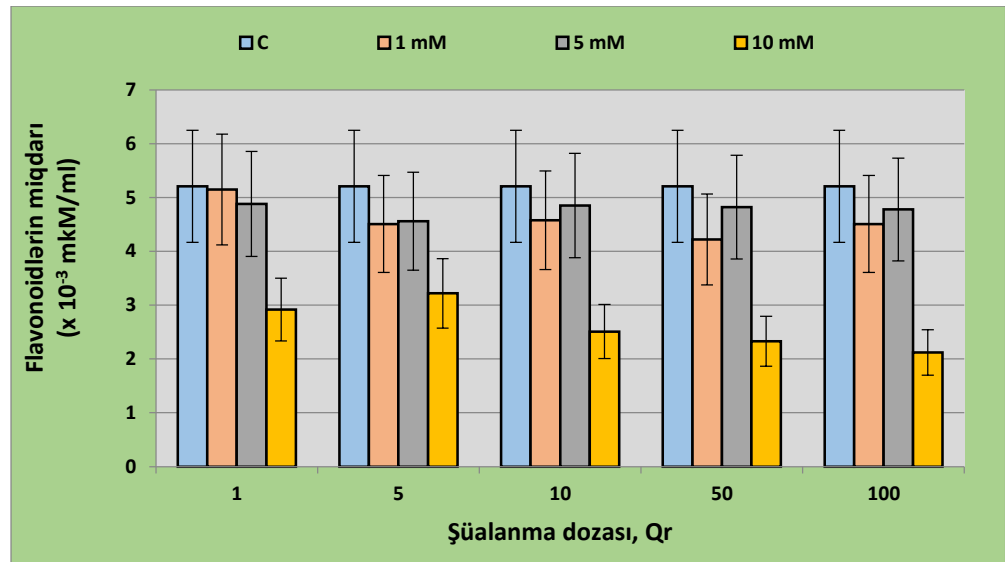
Şəkildə təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, 1 və 100 Qr dozalarda şüalanmış toxumların 1, 5 və 10 mM konsentrasiyalı duz məhlulunda yetişdirilməsi halında antosianların miqdarında duz konsentrasiyasından asılı cüzi azalma tendensiyası, 5, 10 və 50 Qr dozalarda isə duz konsentrasiyasından asılı irimiqyaslı artma tendensiyası müşahidə edilir.



**Şəkil 3.42. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında antosianların miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Belə çıxır ki, antosianlar mühafizə funksiyasını müəyyən şəraitlərdə yerinə yetirir. Maraqlıdır ki, karotinoidlər də (paraqraf 3.5.1.3., şəkil 3.36) oxşar formada fəaliyyət göstərir. Hesab etmək olar ki, bu bitkinin duz stresindən mühafizə olunmasında antosianlar və karotinoidlər müəyyən mənada əlaqəli fəaliyyət göstərir.

Şəkil 3.43 -də ikili stressdə flavonoidlərin miqdarına dair nəticələr verilmişdir.



**Şəkil 3.43. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında flavonoidlərin miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

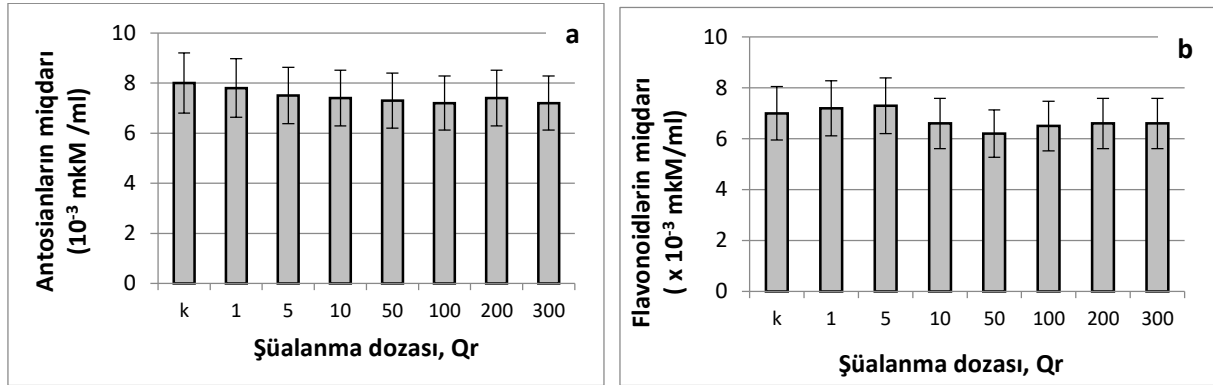
Nəticələr flavonoidlərin miqdarının ikili stress şəraitində müəyən dəyişmələrə məruz qaldığını göstərir. Toxumların 1 Qr dozada şüalanması zamanı duz konsentrasiyasının artması flavonoidlərin miqdarının azalmasını göstərir. Bu hal özünü daha çox 10 mM konsentrasiya halında göstərir. 5, 10, 50 və 100 Qr şüalanma dozaları hallarında da flavonoidlərin miqdarı 1 və 5 mM konsentrasiyalı duz məhlulunda kontroldan az fərqlənsə də, 10 mM konsentrasiyalı duz məhlulunda kontrolla müqayisədə xeyli kiçik (~ 2 dəfə) olur.

Flavonoidlərin miqdarının ikili stress şəraitində kontrolla müqayisədə nəzərəcarpacaq dərəcədə az olmasının səbəbi, çox yəqin ki, duz və radiasiyanın təsiri ilə onların özlərinin struktur dağıntılarına məruz qalmasıdır.

### **3.5.1.6. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında antosian və flavonoidlərin miqdarına təsirinin tədqiqi**

**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stressi ayrılıqda).** Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$  - şüalarla işlənmiş və su mühitində yetişdirilmiş qarğıdalı bitkisinin 15 günlük cücərtilərində antosian və flavonoidlərin miqdarına dair nəticələr (şəkil 3.44 - a və b) ionlaşdırıcı şüalanmanın adı çəkilən bu maddələrin miqdarında əhəmiyyətli

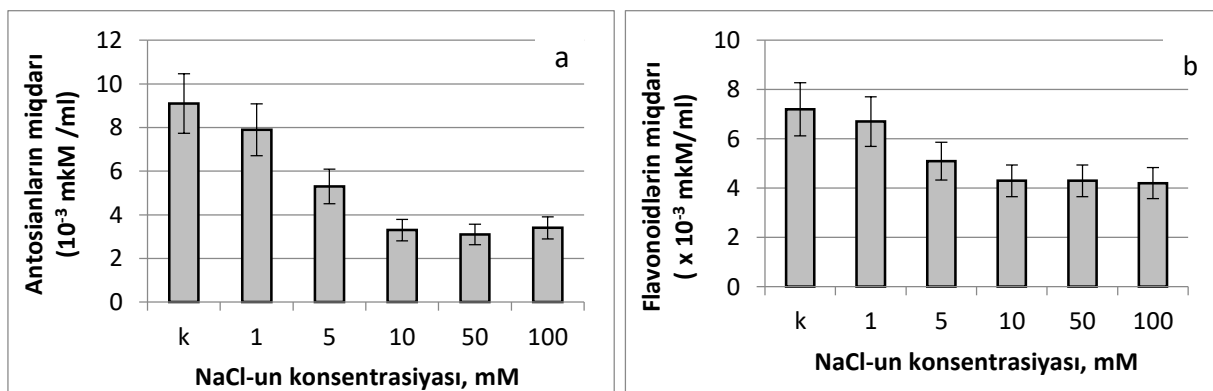
dəyişmələr yarada bilmədiyini göstərir. Təcrübənin xətası daxilində olan kiçik kənarəyxımları nəzərə almasaq, şüalanma dozasının artması onların miqdarında kiçik miqyaslı azalma dinamikası nümayiş etdirir.



**Şəkil 3.44. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında antosian (a) və flavonoidlərin (b) miqdarının şüalanma dozasından asılılığı**

Hesab etmək olar ki, qarğıdalı bitkisinin stresdən qorunmasında antosianlar və flavonoidlər əhəmiyyətli rol oynaya bilmir.

**Duz stresi ayrılıqda.** Müxtəlif konsentrasiyalı duz məhlulu şəraitində yetişdirilmiş qarğıdalı bitkisinin 15 günlük cücərtilərində antioksidantların miqdarına dair nəticələr şəkil 3.45 -də öz əksini tapmışdır. Qeyd edim ki, bu halda toxumlar səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməmişdir.



**Şəkil 3.45. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında antosian (a) və flavonoidlərin (b) miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

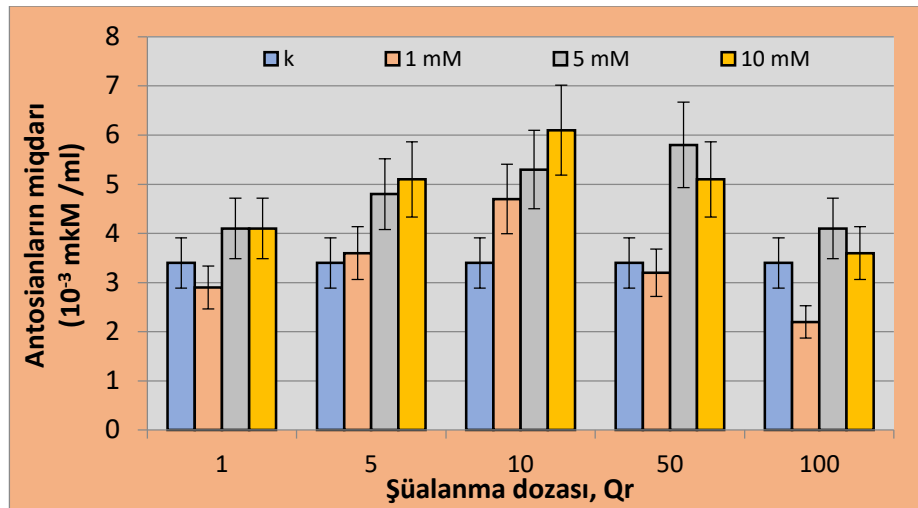
Nəticələrədən aydın olur ki, antioksidanların miqdarında NaCl -un konsentrasiyasından asılı olan dəyişmələr baş verir. Daha dəqiq desək, duz stresi, radiasiya stresindən fərqli olaraq, antosion və flavonoidlərin miqdarında nəzəcarpacaq dəyişmələr yarada bilir. Maraqlıdır ki, hətta ən kiçik duz konsentrasiyaları halında belə onların miqdarı əhəmiyyətli dərəcədə azalır. Məsələn, 5 mM-a bərabər konsentrasiya halında antosianların miqdarı kontrolla müqayisədə ~ 1,3 dəfə, flavonoidlərin miqdarı isə ~ 1,2 dəfə kiçilmiş olur. Qeyd edək ki, bu piqmentlərin miqdarı radiasiya stresi halında, kiçik kənarçıxmaları nəzərə almasaq, demək olar ki, dəyişmədi.

İki müxtəlif təbiətli stres amillərinin təsirinə dair aldığımız nəticələri ümumiləşdirməklə hesab etmək olar ki, radioaktiv şüalanma antosian və flavonoidlərin sintez yolunu stimullaşdırma bilmədiyi halda, duz stresi bu prosesə ingibirləşdirici təsir göstərir. Bu zaman antosian və flavonoidlərin özlərinin duz stresinin dağıdıcı təsirinə məruz qala bilməsi də tamamilə yolveriləndir.

**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** Aldığımız nəticələr toxumları  $\gamma$  - şüaların təsirinə məruz qalmış qarğıdalı bitkisinin müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulunda yetişdirilmiş 15 günlük cücərtilərində antosianların miqdarında NaCl -un konsentrasiyasından asılı olan hansısa qanunauyğunluğun olmadığını göstərir (şəkil 3.46). Belə ki, 5 və 10 Qr-ə bərabər şüalanma dozalarında duzun konsentrasiyasının artması antosianların miqdarında artma tendensiyasının olmasını göstərsə də, nisbətən kiçik (1Qr) və nisbətən böyük (50 və 100 Qr) şüalanma dozalarında nəticələr hansısa qanunauyğunluğun olmadığını göstərir.

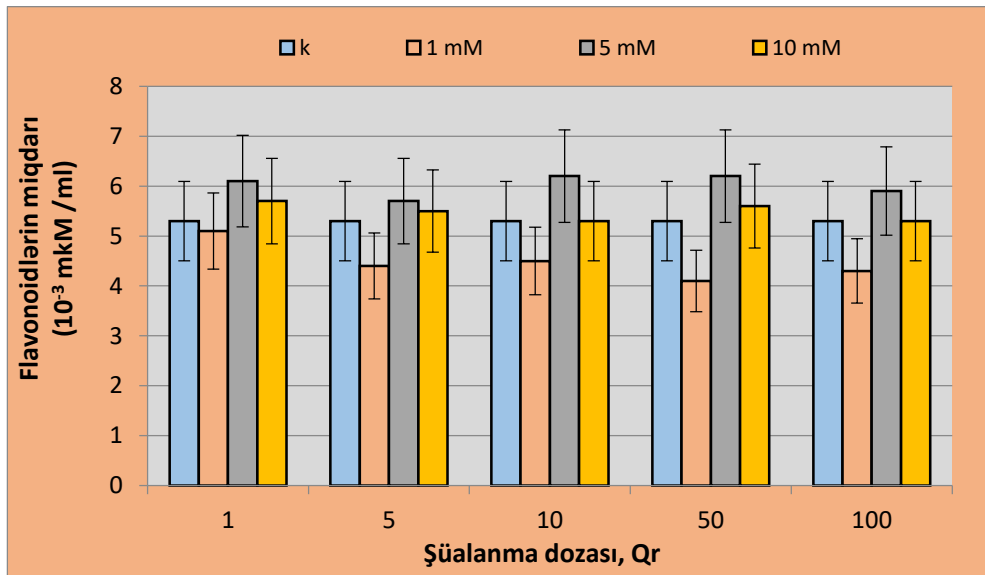
Antosianların miqdarının şüalanma dozasından asılılığına gəldikdə isə fərqli nəticələr alınmışdır. Şəkildən də göründüyü kimi, bütün duz konsentrasiyalarında şüalanma dozasının 1 - 10 Qr intervalda artması antosianların miqdarının artmasına səbəb olursa, şüalanma dozasının sonrakı artımı, əksinə, bu maddələrin miqdarında azalma tendensiyası nümayiş etdirir [118, c.13, s.96].

Belə məlum olur ki, 1, 5 və 10 Qr şüalanma dozaları duz stresi şəraitində antosian sintezinə stimullaşdırıcı, 100 Qr şüalanma dozası isə inhibirləşdirici təsir göstərir.



**Şəkil 3.46. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında antosianların miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Şəkil 3.47 –də təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, qarğıdalı bitkisinde flavonoidlərin miqdarının ikili stress şəraitində dəyişmə dinamikası noxud bitkisindən fərqlənir.



**Şəkil 3.47. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında flavonoidlərin miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Bu antioksidantın ikili stress şəraitində özünü aparması aşağıdakı kimidir:

- toxumları şüalandırılmış və duz stresi şəraitində yetişdirilmiş qarğıdalı yarpaqlarında flavonoidlərin miqdarında irimiqyaslı dəyişmələr baş vermir;
- 1 mM konsentrasiyalı duz məhlulu şəraitində bütün şüalanma dozalarında flavonoidlərin miqdarı kontrol nümunədəki miqdardan az olur;
- 5 mM konsentrasiyalı duz məhlulu şəraitində bütün şüalanma dozalarında flavonoidlərin miqdarı kontrol nümunədəki miqdardan çox olur;
- 10 mM konsentrasiyalı duz məhlulu şəraitində isə bütün şüalanma dozalarında flavonoidlərin miqdarı kontrol nümunədəki miqdarı qədər olur;
- hər üç duz konsentarsiyasında şüalanma dozəsindən oxşar asılılıq müvcuddur. Daha dəqiq desək, hər üç halda şüalanma dozasının 1-100 Qr intervalında dəyişməsi flavonoidlərin miqdarında kiçik kənarçıxmaları nəzərə almasaq, əsaslı dəyişmələr yarada bilimir.

### **3.5.1.7. Kiçik molekullu antioksidantların radiasiya və duz stresləri şəraitlərində əlaqəli fəaliyyətinin tədqiqi**

Antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyətinin öyrənilməsi zamanı, aydındır ki, aşağıdakı suallara aydınlıq gətirmək çox vacibdir:

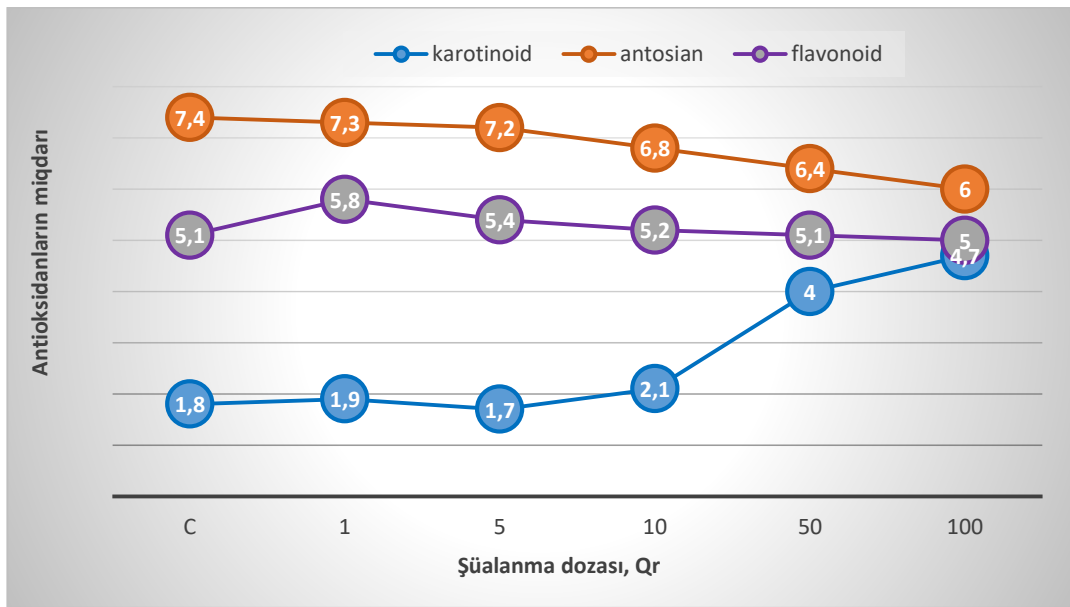
- görəsən, antioksidant maddələrin müxtəlif stress şəraitlərində fəaliyyətlərində müəyyən oxşarlıq mövcuddurmu?
- görəsən, eyni bir stress şəraitində antioksidantların öz aralarında əlaqəli, uzlaşmış fəaliyyəti mümkündürmü?

Qeyd edək ki, bizim tədqiqatlarımızda bu suallara cavab tapmaq mümkündür. Belə ki, biz tədqiqatlarımızda 2 müxtəlif təbiətli stress amilindən istifadə etməklə yanaşı, həm də bir neçə antioksidantın fəaliyyətinə aydınlıq gətirmişik [215, c.6, s.110].

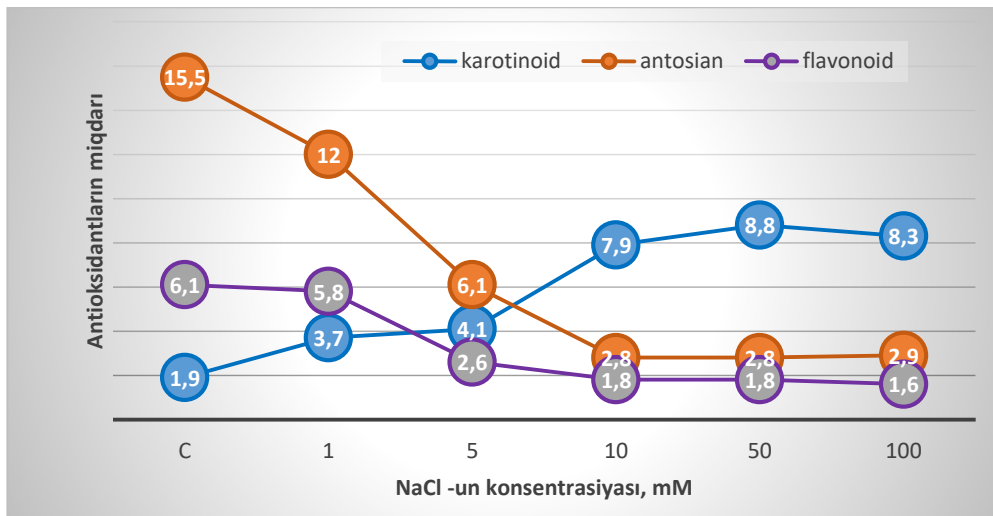
Kiçik molekullu antioksidantların radiasiya və duz stresləri kimi 2 müxtəlif əlverişsiz şəraitlərdə miqdar dəyişmələrinə dair aldığımız nəticələri bu cəhətdən təhlil etmişik. Müqayisəli təhlil üçün aldığımız nəticələri eyni qrafik üzərində yerləşdirmişik.

Tədqiq etdiyimiz bitkilərdə antioksidantların miqdarının toxumların şüalanma dozəsindən və NaCl –un konsentrasiyasından asılılığına dair nəticələr aşağıdakı

şekillərdə (şəkil 3.48, 3.49, 3.50, 3.51) təqdim edilmişdir.



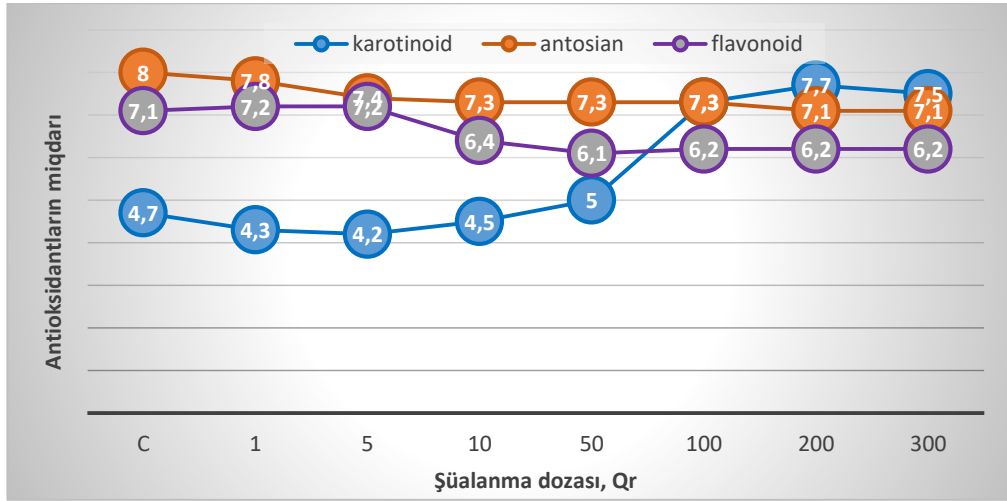
**Şəkil 3.48. Noxud bitkisinin kiçik molekullu antioksidantlarının miqdarının şüalanma dozasından asılılığı**



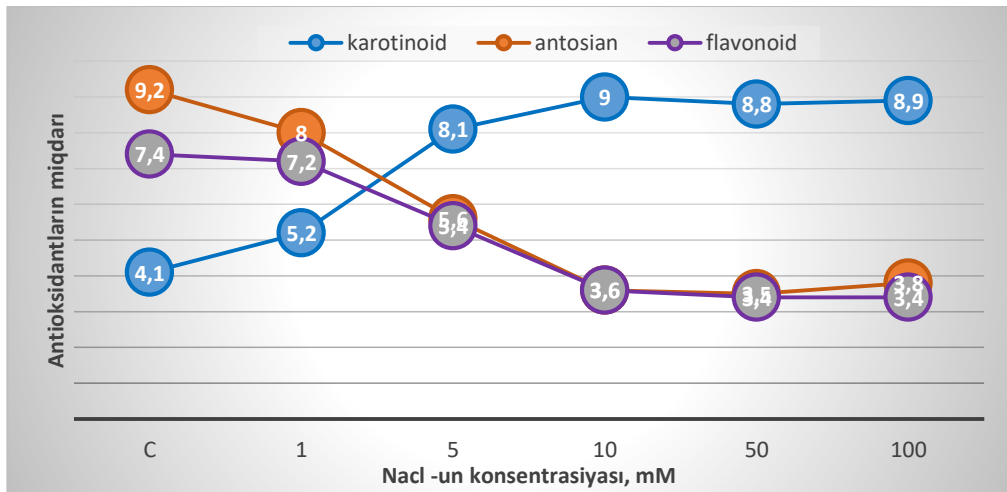
**Şəkil 3.49. Noxud bitkisinin kiçik molekullu antioksidantlarının miqdarının NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, radiasiya və duz kimi stress amillərinin kiçik molekullu antioksidantların miqdarına təsirində müəyyən oxşarlıq mövcuddur. Daha dəqiq desək, həm radiasiya stressi, həm də duz stressi antosianların, flavonoidlərin və karotinoidlərin miqdarına oxşar formada təsir göstərir. Hər iki stresin təsiri şəraitində antosianların və flavonoidlərin miqdarında azalma, karotinoidlərin

miqdarında isə artma tendensiyası müşahidə edilir. Fərq ondan ibarətdir ki, radiasiya stresi şəraitində antosianların və flavonoidlərin miqdarında baş verən azalma kiçik miqyaslı, duz stresi şəraitində isə irimiqyaslı olur.



**Şəkil 3.50. Qarğıdalı bitkisinde kiçik molekullu antioksidantların miqdarının şüalanma dozasından asılılığı**



**Şəkil 3.51. Qarğıdalı bitkisinde kiçik molekullu antioksidantların miqdarının NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

Karotinoidlərin miqdarında baş verən dəyişmələrə gəldikdə isə “radioaktiv şüalanma böyük dozalarda, duz stresi isə hətta kiçik konsentrasiyalarda belə bu antioksidantın miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə artırma bilər” fikrini söyləmək mümkündür.

Nəticələrdən aydın olur ki, antosianların və flavonoidlərin miqdarının azalması, karotinoidlərin miqdarının artması fonunda baş verir. Yada salmaq ki, antioksidant

prolinin miqdarının da həm şüalanma dozasının artmasına, həm də duz stresinin şiddətlənməsinə mütənasib olaraq, artmasını müəyənləşdirmişdik (paraqraf 3.5.1.2).

Bu nəticələrə əsaslanmaqla, stress şəraitlərində kiçik molekuldu antioksidantların, müəyyən mənada, əlaqəli, uzlaşmış fəaliyyət göstərə bilməsinə dair fikir söyləmək mümkündür.

### **3.5.2. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə bitkilərin antioksidant müdafiə sisteminin böyük molekuldu antioksidantlarının (antioksidant fermentlərin) aktivliklərinə təsirinin tədqiqi**

Atrıq qeyd etdiyimiz kimi, normal fizioloji şəraitlərdə oksigenin aktiv formalarının konsentrasiyası və onların törətdiyi lipidlərin peroksid oksidləşmə dərəcəsi elə səviyyədə olur ki, belə halda onlar hüceyrəyə və bütöv orqanizmə toksiki təsir göstərə bilmir. Bunun səbəbi, məlum olduğu kimi, canlı hüceyrənin oksigenin aktiv formalarını (sərbəst radikalları) zərərsizləşdirən unikal antioksidant müdafiə sisteminə malik olmasıdır.

Stres şəraitlərində oksigenin aktiv formalarının yaranması və onların törətdiyi lipidlərin peroksid oksidləşmə proseslərinin intensivləşməsi isə antioksidant sistemin fəallaşmasını tələb edir.

Bitki orqanizmlərində radioaktiv şüalanmanın təsiri ilə baş verən fiziki və bioloji proseslərin aydınlaşdırılmasında əldə edilmiş nailiyyətlər bu şüalanma növündən bitkilərin AOMS-ni aktivləşdirmək və bunun nəticəsində isə onların müxtəlif stress şəraitlərinə adaptasiya qabiliyyətlərini artırmaq imkanları yaratdı [43, c.22, s.80]. Başqa sözlə desək, radiobiologiya sahəsində əldə olunmuş nailiyyətlər radioaktiv şüalanmadan əkin öncəsi toxumların hazırlanması üçün istifadə olunmasına zəmin yaratdı. Müəyyən edildi ki, toxumların əkin öncəsi  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi bitkilərin məhsuldarlığının artması, ətraf mühitin kimyəvi-toksiki maddələrlə çirklənməsinin qarşısının alınması, istehsal xərclərinin azalması və s. kimi vacib aqroekoloji və sosial-iqtisadi problemlərin həllinə imkan yaratdı [27, c.157].

Əlavə olaraq, toxumların bu cür vasitələrlə işlənməsi ekoloji cəhətdən təhlükəsiz olmaqla yanaşı, həm də kimyəvi preparatlarla işlənmədən də yaxşı nəticələrə səbəb ola

bilir [28, c. 23]. Radiasiyanın stimullaşdırıcı təsirinin araşdırılması göstərdi ki, toxumların kiçik dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi bitkilərin həm yüksək dozalı radiasiyanın, həm də kimyəvi maddələrin təsirinə qarşı daha davamlı olmasına səbəb olur [227, c.53, s.39].

Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin aşkar əhəmiyyətinə baxmayaraq, bununla bağlı bir çox məsələlər həll olunmamış qalır. Xüsusilə də, duz stresi də daxil olmaqla, müxtəlif stress şəraitlərində bitkilərin oksigenin fəal formalarının, sərbəst radikalların zərərli təsirindən müdafiə olunmasında toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin rolunu aydınlaşdırmaq mümkün olmamışdır.

Həmçinin də, ayrı-ayrı detalları öyrənilsə də, ümumilikdə bu prosesdə antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyətinə dair ümumiləşmiş nəticələr almaq mümkün olmamışdır.

Dissertasiya işimizin bu hissəsində məqsəd toxumların səpindən əvvəl müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin tədqiq etdiyimiz bitkilərin həm duza tolerantlığına təsirini araşdırmaq, həm də duz stresi şəraitində bitkilərin AOMS-nin fəaliyyətinə təsirini öyrənmək olmuşdur. Adı çəkilən sistemin fəaliyyəti müdafiənin ön cəbhəsini təşkil edən superoksiddismutaza (SOD), katalaza (KAT) və askorbatperoksidaza (APO) kimi antioksidant fermentlərin aktivliklərinin dəyişməsinə əsasən qiymətləndirilmişdir [3, c.5, s.470; 15, s.5; 17, c.16, s.150; 122, c.LXXIV, s.74-75].

Məhz duz stresini tədqiq etməyimizin səbəbi respublikamızın torpaqlarının xeyli hissəsinin (~ 46,6%) bu və ya digər dərəcədə şoranlaşması və bu problemin təkə respublikamız üçün deyil, ümumilikdə qlobal xarakterli olmasıdır.

Duza həssaslığı ilə fərqlənən 2 müxtəlif bitkinin seçilməsində məqsəd isə duz stresi şəraitində AOMS-nin fəaliyyətinə dair hansısa ümumiləşmiş fikir söyləmək olmuşdur.

Hesab edirik ki, bu istiqamətdə aparılan tədqiqat işləri bitkilərin stress şəraitlərinə adaptasiya mexanizmlərini aydınlaşdırmağa imkan verəcəkdir ki, bu da, aydındır ki, kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığının artırılması və yabanı bitkilərin biomüxtəlifliyinin qorunması baxımından çox vacibdir.

### **3.5.2.1. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında superoksiddismutaza fermentinin aktivliyində təsirinə tədqiqi**

SOD fermentinin hüceyrə və toxumaların mühafizəsində mühüm rol oynaması məlumdur. Belə ki, bu ferment stress şəraitlərdə sürətlə yaranan superoksid anion radikalların molekulyar oksigenə və hidrogen peroksidinə çevrilmə reaksiyasında ( $2O_2^{*-} + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$ ) katalizator rolunu oynayır [6, c.12, s.465].

Qeyd edək ki, superoksid anion radikallar, hüceyrədə yaranmış oksigenin ilk fəal formaları olaraq, ilkin zədələnmə effektləri yaratmaqla yanaşı, həm də daha çox toksiki olan digər fəal oksigen formaları üçün mənbə rolunu oynayır [213, c.12, s.1161]. Bu səbəbdən də, hesab olunur ki, SOD hüceyrənin oksidləşdirici zədələnmədən mühafizəsinin ilkin cəbhəsini təşkil edir.

Superoksid radikalların dismutasiyası SOD-un iştirakı olmadan, yəni spontan da baş verə bilər. Sadəcə olaraq, SOD-un iştirakı ilə baş verən reaksiyanın sürəti spontan baş verən reaksiyanın sürətindən  $10^4$  dəfə yüksək olur [6, c.48, s.465].

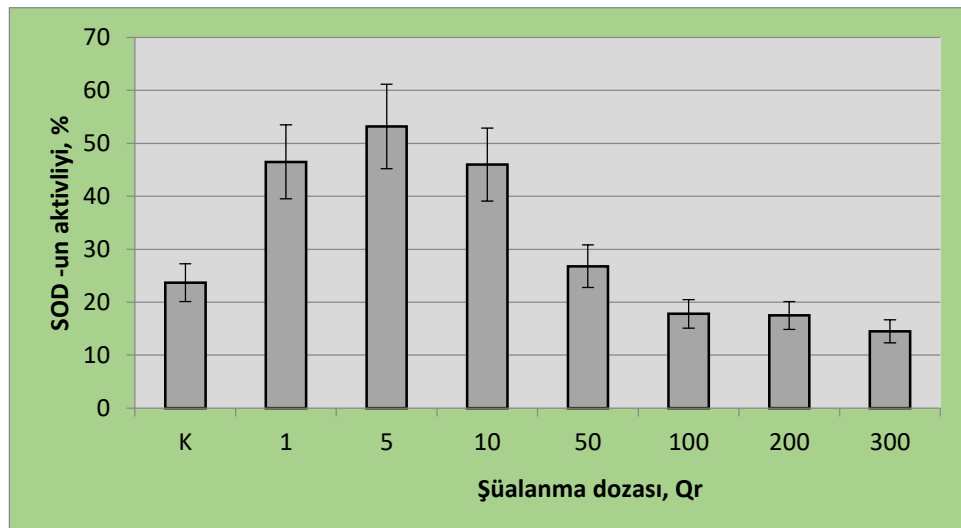
Qeyd olunur ki, oksigenin superoksid radikal ( $O_2^{*-}$ ), hidrogen peroksidi ( $H_2O_2$ ), hidroksil radikal ( $HO^*$ ) və s. kimi fəal formaları, degenerativ reaksiyaların əlavə məhsulları olaraq, hüceyrə komponentlərini zədələməklə bitki metabolizminə təsir edə bilər [95, c.146, s.359]. Müəyyən edilmişdir ki, oksigenin adı çəkilən yüksək reaksiya qabiliyyətli bu formaları membran lipidlərində, zülallarda və DNT –də irimiyəli zədələnmələr yarada bilər [133, c.76, s.112; 160, c.144, s.1205]. Aydın ki, bu halda hüceyrənin fəaliyyəti o zaman mümkün olar ki, onun oksigenin bu fəal formalarından mühafizə olunması təmin edilsin. Çoxlu sayda tədqiqat işlərinin nəticələrindən aydın olur ki, hüceyrə onu oksigenin “ağressiv” fəal formalarından, sərbəst radikalların dağıdıcı təsirindən mühafizə edən mükəmməl sistemə malikdir. Antioksidant müdafiə sistemi adlanan bu sistemin əsas komponentləri antioksidant fermentlər və kiçik antioksidantlardır [100, c.51, s.26; 101, c.48, s.909; 198, c.1, s.1].

SOD, qeyd etdiyimiz kimi, əsas antioksidant fermentlərdən biridir və onun funksiyası oksigenin fəal formalarının və sərbəst radikalların dağıdıcı təsirindən

hüceyrənin mühafizəsini təmin etməkdir. Stress şəraitlərdə bu fermentin aktivliyinin dəyişməsinə dair kifayət qədər tədqiqat materialları vardır [50, s.1548; 57, c.61, s.288;123, c.20, s.17; 140, c.45, s.1].

Dissertasiya işimizin bu hissəsi SOD–un aktivliyinin radiasiya və duz streslərinin ayrılıqda və birgə təsiri şəraitlərində öyrənilməsinə həsr olunmuşdur.

**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stressi ayrılıqda).** Toxumları qabaqcadan müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş noxud bitkisi yarpaqlarında SOD –un aktivliyinin şüalanma dozəsindən asılılığından aydın olur ki, ionlaşdırıcı şüalanma şəraitində bu ferment antioksidant fəallıq nümayiş etdirir (şəkil 3.52).



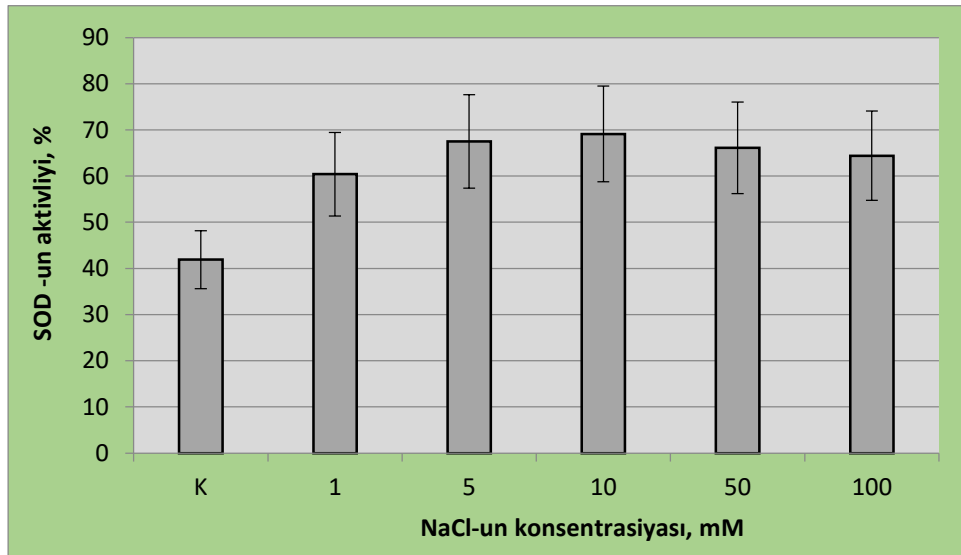
**Şəkil 3.52. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik noxud yarpaqlarında SOD –un aktivliyinin şüalanma dozəsindən asılılığı**

Fermentin antioksidant fəallığı müəyyən doza oblastında özünü biruzə verir. Bu doza oblastı (1 – 10) Qr doza intervalını əhatə edir. Belə məlum olur ki, kiçik şüalanma dozaları SOD –un aktivliyinin artması və/və yaxud da bu fermentin sintezinin sürətlənməsi üçün stimulyator rolunu oynayır. Toxumların şüalanma dozasının 10 Qr –dən yüksək qiymətlərində isə fermentin antioksidant aktivliyi azalaraq, təxminən bitkinin kontrol nümunəsində olduğu qədər olur. Yada salmaq ki, noxudun biometrik göstəricilərinin toxumların şüalanma dozəsindən asılılığına dair aldığımız nəticələrdə (§3.1.1) şüalanma dozasının 1 və 5 Qr qiymətlərində şüalanmanın bu bitkinin boyatma və inkişafına stimullaşdırıcı təsir göstərməsi müəyyənləşdirilmişdi. 10 Qr –dən yüksək

şüalanma dozaları isə, əksinə, bitkinin boyatma və inkişafının ləngiməsinə səbəb olurdu. 100 Qr –dən böyük dozalarda isə cücərtilər, ümumiyyətlə, inkişaf etmirdi.

Biometrik göstəricilərə və SOD –un aktivliyinə dair aldığımız nəticələri ümumiləşdirməklə, hesab etmək olar ki, (1 – 10) Qr dozalarda ionlaşdırıcı şüalanmanın (şüalanma enerjisinin) SOD –un aktivliyini stimullaşdırması noxudun radiasiya stressi şəraitində boyatma və inkişafının sürətlənməsinə səbəb olur.

**Duz stressi ayrılıqda.** Müxtəlif konsentrasiyalı NaCl məhlulu şəraitində yetişən noxud bitkisi yarpaqlarında SOD –un aktivliyinə dair aldığımız nəticələr şəkil 3.53 -də təqdim edilmişdir.



**Şəkil 3.53. Duz stressi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında SOD–un aktivliyinin NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

Şəkildən, ilk növbədə, diqqəti cəlb edən antioksidant SOD –un aktivliyinin duz konsentrasiyasından asılılığının şüalanma dozəsindən asılılığından fərqlənməsidir. Hesab etmək olar ki, SOD fermentinin aktivliyi stress amilin xarakterindən asılı olur. Ona görə də SOD –un aktivliyi baxımından bu iki stress amillərin təsir mexanizmlərinə dair ümumiləşmiş fikir söyləmək çətindir.

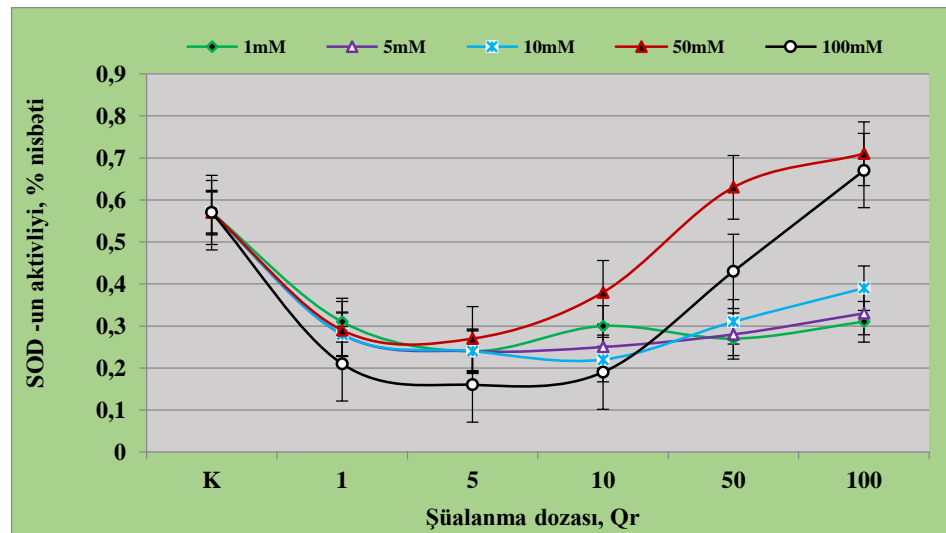
Nəticələrdən aydın olur ki,  $\gamma$ -şüalarla işlənməmiş noxud toxumlarından duz stressi şəraitində yetişən cücərti yarpaqlarında hətta ən aşağı duz konsentrasiyasında belə SOD –un aktivliyi əhəmiyyətli dərəcədə arta bilər. 10 mM konsentrasiya halına

qədər duz stresinin güclənməsi bu fermentin aktivliyini artırır, 10 mM –dan yüksək konsentrasiyalarda isə ferment aktivliyində cüzi azalma tendensiyası müşahidə edilir.

Aşağı duz konsentrasiyalarında belə SOD aktivliyinin artmasını belə şəraitlərdə bu fermentin mühafizə rolu ilə əlaqələndirmək olar. Başqa sözlə desək, bitkinin duz stresindən mühafizə olunmasında SOD –un mühüm rol oynaması fikrini söyləmək mümkündür.

10 mM –dan böyük konsentrasiyalarda da cüzi azalma fonunda yüksək SOD aktivliyinin saxlanması bu fermentin, ümumiyyətlə duz stresindən noxudun mühafizə olunmasında müstəsna əhəmiyyətə malik olmasını göstərir. Yüksək duz konsentrasiyalarında SOD –un aktivliyinin cüzi azalmasının səbəbi, çox yəqin ki, SOD molekullarının özlərinin duz stresinin təsiri ilə parçalanmasıdır.

**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** Toxumları müxtəlif dozalarda  $\gamma$ -şüaların təsirinə məruz qalmış və müxtəlif konsentrasiyalı duz məhlulu şəraitində yetişən noxud yarpaqlarında SOD fermentinin aktivliyinə dair aldığımız nəticələr (şəkil 3.54) göstərir ki, bu fermentin aktivliyi həm şüalanma dozəsindən, həm də NaCl-un konsentrasiyasından asılı dəyişmələrə mürəz qalır [15, s.5; 16, s.377].



**Şəkil 3.54. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında SOD –un aktivliyinin şüalanma dozəsindən və NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Aydın olur ki, istifadə etdiyimiz bütün duz konsentrasiyalarında şüalanma dozasının 5 Qr -ə qədər artması antioksidant müdafiənin əsas fermentlərindən olan SOD –un aktivliyinin azalması ilə müşayiət olunur. Şüalanma dozasının 5 Qr –dən böyük qiymətlərində isə antioksidant fermentin aktivliyi, əksinə, artır. Bu halda da artma bütün duz konsentrasiyalarında müşahidə edilir. Fərq ondan ibarət olur ki, bu dozalarda yüksək duz konsentrasiyalarında (50 və 100 mM) ferment aktivliyində böyük miqyaslı artım, aşağı duz konsentrasiyalarında isə kiçik miqyaslı artım müşahidə edilir. Belə məlum olur ki, toxumların 5 - 100 Qr dozalarda şüalanması halında SOD 1, 5 və 10 mM konsentrasiyalı duz məhlulu şəraitində kiçik, 50 və 100 mM konsentrasiyalı duz məhlulu şəraitində isə yüksək aktivlik nümayiş etdirir.

Qeyd edək ki, ətraf mühitin müxtəlif əlverişsiz şəraitlərində bitkilərdə SOD –un aktivliyinin artmasına dair məlumatlar digər işlərdə də alınmışdır. Belə işlərə misal olaraq, buğda [34, c.26, s.71] və düyü [157, c.248, s.565] bitkiləri üzərində aparılan tədqiqatları göstərmək olar.

Aldığımız nəticələrin əsasında hesab etmək olar ki, toxumların əkin əvvəli 5 Qr –dən yüksək dozalarda radioaktiv şüalarla işlənməsi hətta yüksək duz stresi şəraitində (100 mM konsentrasiyalı duz mühitində) belə duzun yaratdığı zədələyici effekti zəiflədə bilər. Zədələyici effektin zəifləməsi antioksidant SOD fermentinin aktivliyinin kəskin artması hesabına baş verir [17, c.16, s.150; 122, s.75].

Qamma şüalanmadan istifadə etməklə stress amilinin neqativ təsirini azaltmağa bir çox cəhdlər edilmişdir. Məsələn, Vanq və s. [222, c.40, s.174] arpa toxumlarına əvvəlcədən 50 Qr dozada  $\gamma$ -şüalarla təsir etməklə, duzun yaratdığı oksidləşdirici stresi zəiflədə bilmiş və bununla da onların NaCl stresi şəraitində inkişafını təmin edə bilmişlər. El-Beltagi və s. [89, c.41, s.104] isə *Vigna sinensis* bitkisinin böyüməsi prosesində torpağın duzluluğunun neqativ təsirini  $\gamma$ -şüalanma ilə azaltmağa çalışmışlar.

Digər bir işdə tədqiqatçılar yüksək duzluluq şəraitində şüalanmanın antioksidant fermentlərin aktivliklərinə təsirinə aydınlıq gətirə bilmişlər [111, c.6, s.190]. Müəyyən etmişlər ki, şüalanmış tumurcuqlarda şüalanmamış tumurcuqlarla müqayisədə antioksidant fermentlərin (o cümlədən də SOD –un) yüksək duzluluq kimi ekstremal

şəraitdə aktivlikləri daha yüksək olur. Müəlliflərin fikrincə, antioksidant fermentlərin aktivləşməsi hüceyrələrin yüksək duz konsentrasiyasının yaratdığı oksidləşdirici stressdən qorunmasını təmin edir.

Kumar və s. [142, c.308, s.965] isə noxudun (*Cajanus cajan* L.) toxumlarına qamma şüalarla təsir etməklə, bu bitkinin duz stresinə davamlılığını artırmağa çalışmışdır. Aydın olmuşdur ki, həqiqətən də kiçik dozalarda  $\gamma$ -şüalarla toxumların işlənməsi bu bitkinin duz stresinə davamlılığını artırır.

Qamma şüalanmanın kiçik dozalarda bitkilərin duz stresinə qarşı dözümlülüyü artırma bilməsinə dair nəticələr Qi və s. tərəfindən də alınmışdır [179, s.1010].

Dekorativ *Şirin osmantus* (*Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour.) bitkisinin yüksək duzluluğa davamlılığını artırmaq məqsədi ilə də yeni yanaşma üsulundan, yeni toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi üsulundan istifadə edilmişdir [96, c.10, s.2].

Strateji əhəmiyyətli qida məhsullarından biri olan düyü bitkisinin də duz stresinə həssas olması məlumdur. Son illərin tədqiqatları göstərir ki,  $\gamma$ - şüalanma bu bitkinin də həm quraqlığın, həm də yüksək duzluluğun təsirinə tolerantlığını artırır [204, c.6, s.421].

Elmi ədəbiyyatda  $\gamma$ -şüalanmanın duz stressi şəraitində yetişən düyü bitkisinin antioksidant fəallığını artırma bilməsinə dair məlumatlar da vardır [147, c.2014, s.1]. Antioksidant fermentlərin aktivliklərinin artması müəlliflər tərəfindən antioksidant müdafiə sisteminin fəallaşması kimi qəbul olunmuşdur.

Göründüyü kimi, bizim aldığımız nəticələr sadalanan tədqiqat işlərinin nəticələri ilə üst-üstə düşür. Başqa sözlə desək, toxumların  $\gamma$ - şüalarla işlənməsinin duz stresinin təsirini azalda bilməsi və bunun da səbəbinin antioksidant sistemin fəallaşması olması digər işlərdə də öz təsdiqini tapmışdır.

### **3.5.2.2. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında katalaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi**

Yuxarıda qeyd etdik ki, SOD-un fəaliyyəti oksigenin digər fəal formasının -

hidrogen peroksidinin ( $H_2O_2$ ) yaranmasına səbəb olur. Bu səbəbdən də hidrogen peroksidi “zərərsizləşdirən” başqa bir fermentin (katalazanın) də fəaliyyətinə zərurət yaranır. Hesab olunur ki, bu halda SOD -un effektiv fəaliyyəti əhəmiyyətli dərəcədə oksigenin bu aktiv formasını hüceyrədən kənarlaşdıran antioksidant sistemin katalaza fermentinin fəaliyyətindən asılı olur [6, c.48, s.465].

Məlum olduğu kimi, hidrogen peroksidi bitkilərin həyatında xüsusi əhəmiyyət kəsb edən oksigenin fəal formalarından biridir. Artıq qeyd etdiyimiz kimi,  $H_2O_2$ , oksigenin stabil aktiv forması olub, superoksid anion radikalın ( $O_2^{*-}$ ) spontan və yaxud da onun yaranma sürətini əhəmiyyətli dərəcədə artıran superoksiddismutaza fermentinin katalizatorluğu ilə baş verən dismutasiya reaksiyalarında yaranır.

Müəyyən edilmişdir ki,  $H_2O_2$  yalnız dismutasiya reaksiyalarında deyil, həm də peroksisoma və qliksiomalarda intensiv baş verən bir çox digər reaksiyalarda da yaranır [155, c.32, s.497].

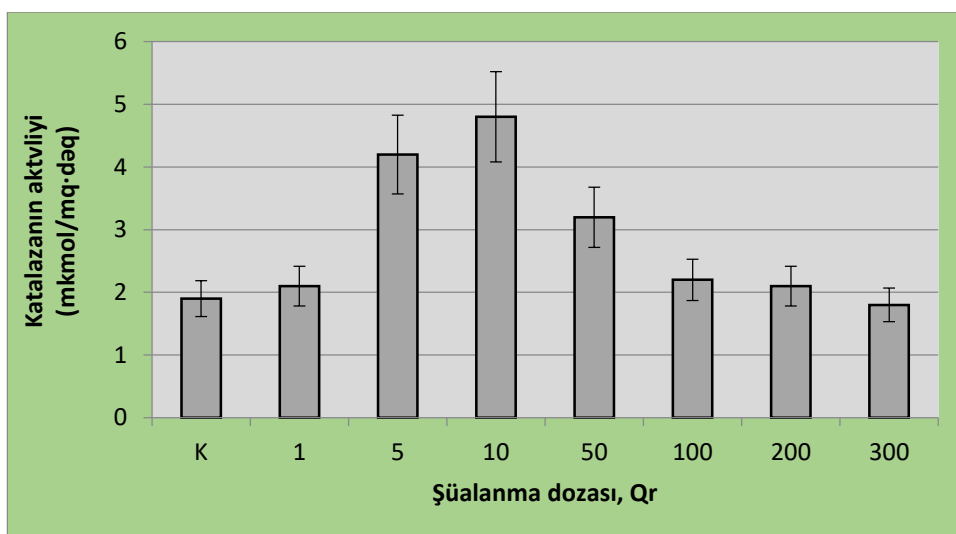
**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stressi ayrılıqda).** Katalazanın aktivliyinin şüalanma dozasından asılılığına dair aldığımız nəticələr bu fermentin də toxumların şüalanma dozasından asılı olan fəaliyyətə malik olduğunu göstərir [3, c.5, s.470;17, c.16, s.150;122, s.75].

Şəkil 3.55 -də təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, aşağı doza oblastında (1 – 10 Qr) şüalanma dozasının artması, KAT aktivliyinin kontrol nümunədəki aktivliklə müqayisədə kəskin artdığını göstərir. Məsələn, toxumların 10 Qr -ə bərabər dozada şüalandırılması halında bu fermentin aktivliyi kontrol nümunədəki aktivlikdən ~ 2,5 dəfə yüksək olur.

Şüalanma dozasının (10 -100) Qr doza oblastında sonrakı artımı bu fermentin aktivliyinin azalmasına, şüalanma dozasının növbəti artımı (100 – 300 Qr doza oblastında) isə, təcrübənin xətası daxilində olan kənarçıxmaları nəzərə almasaq, KAT aktivliyinin, demək olar ki, dəyişməməsinə səbəb olur.

Qeyd edək ki, SOD fermenti də toxumların şüalanma dozasından asılı oxşar formada dəyişmə dinamikası nümayiş etdirirdi. Fərq yalnız ondan ibarət idi ki, SOD 5 Qr şüalanma dozasında, KAT isə 10 Qr şüalanma dozasında ən yüksək aktivlik

nümayiş etdirirdi. Digər tərəfdən SOD hətta 1 Qr dozada fəallaşdığı halda, KAT bu dozada aktivlik nümayiş etdirmir.



**Şəkil 3.55. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik noxud yarpaqlarında KAT –ın aktivliyinin şüalanma dozasından asılılığı**

Yüksək dozalarda SOD –un aktivlik nümayiş etdirməməsinin səbəbi, hesab edirik ki, belə dozalarda bu fermentin fəaliyyətinə tələbatın olmamasıdır. SOD –un fəaliyyətinin stress şəraitlərdə yaranan superoksid anion radikalların dismutasiyası üzərində qurulduğunu əsas götürməklə, hesab etmək olar ki, yüksək şüalanma dozalarında radiasiya stresi superoksid anion radikalların deyil, oksigenin digər aktiv formalarının və sərbəst radikalların yaranmasına səbəb olur. Belə olan halda SOD –un fəaliyyətinə tələbat olmur və o, yüksək aktivlik nümayiş etdirmir.

Bu iki antioksidant fermentin şüalanma dozasından asılı təxminən oxşar aktivlik nümayiş etdirməsi xüsusi maraq kəsb edir. Belə ki, SOD –un stress şəraitlərdə yaranan superoksid anion radikalları dismutasiya etməsi və bu reaksiya nəticəsində hidrogen peroksidinin yaranması məlumdur [6, c.48, s.468]. Həmçinin də məlumdur ki, KAT fermentinin başlıca fəaliyyətinin əsasında hidrogen peroksidinin detoksikasiya edilməsi (zərərsizləşdirilməsi) dayanır [13, s.2].

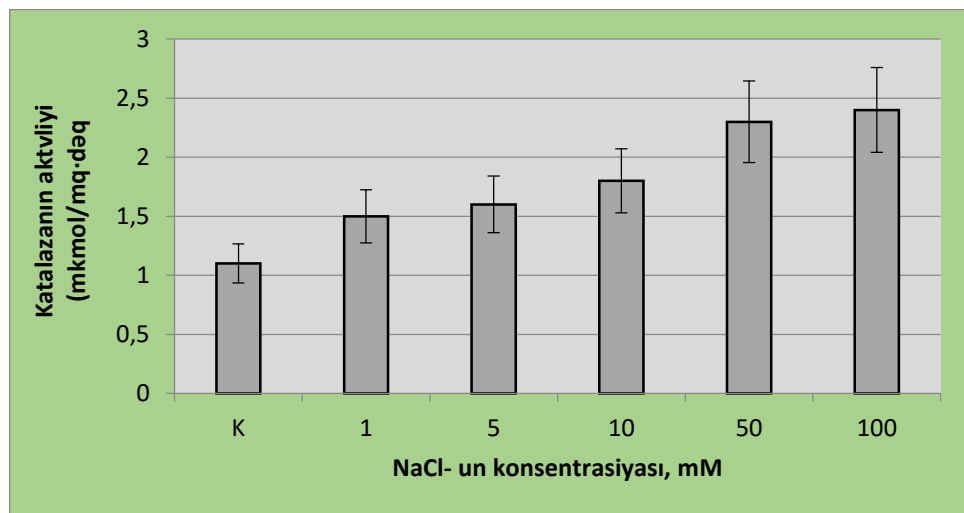
Deyilənləri nəzərə alaraq, SOD və KAT fermentlərinin aktivliklərinin müəyyən doza oblastında artmasına dair aldığımız nəticələri aşağıdakı kimi izah etmək olar:

- toxumların (1- 10) Qr doza oblastında  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi, başqa sözlə bu doza oblastında radiasiya stresinin yaradılması aktiv şəkildə sərbəst radikalların, o cümlədən

də superoksid radikalların yaranması ilə müşayiət olunmalıdır ki, bu da, sözsüz ki, antioksidant müdafiə sisteminin fəallaşmasına səbəb olmalıdır. Antioksidant müdafiənin ön cəbhəsini təşkil edən SOD –un aktivliyinin artması, bu baxımdan tamamilə yolveriləndir;

- belə olan halda dismutasiya reaksiyaları nəticəsində yaranan hidrogen peroksidinin zərərsizləşdirilməsinə zərurət yaranmalı və katalaza fermenti fəallaşmalı, yəni onun aktivliyi artmalıdır.

**Duz stresi ayrılıqda.** Katalazanın aktivliyinin duz konsentrasiyasından asılılığı şüalanma dozasından asılılığından fərqlənir. Şəkil 3.56 –də təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, NaCl -un konsentrasiyasının artması bütün duz oblastında noxud yarpaqlarında katalaza fermentinin aktivliyinin artmasına səbəb olur.



**Şəkil 3.56. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında KAT –ın aktivliyinin NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

Bu zaman kiçik duz konsentrasiyalarında duz stresinin güclənməsi KAT –ın aktivliyinin kiçikmiqyaslı, böyük duz konsentrasiyalarında isə irimiqyaslı artmasına səbəb olur.

Katalazanın hidrogen peroksidinin zərərsizləşdirilməsini həyata keçirən antioksidant ferment olmasını nəzərə alaraq, onun aktivliyinin artmasının səbəbini oksigenin bu fəal formalarının yaranma sürətinin artması ilə əlaqələndirmək olar.

Yada salaq ki, digər antioksidant ferment olan SOD –un aktivliyinin duz konsentrasiyasından asılılığı, az da olsa, fərqlənirdi. Belə ki, aşağı duz konsentrasiyasında SOD –un aktivliyi əhəmiyyətli dərəcədə artması, yüksək konsentrasiyalarda isə sabit qalması və bəzən də cüzi azalması müşahidə olunurdu.

Hidrogen peroksidinin yalnız dismutasiya reaksiyasının məhsulu kimi deyil, həm də stress şəraitlərdə yaranan oksigenin digər sərbəst fəal formasının olması məlumdur [155, c.32, s.497]. Bu faktı nəzərə almaqla, hər iki fermentə aid aldığımız nəticələri ümumiləşdirərək aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar:

- katalaza aşağı duz konsentrasiyalarında dismutasiya reaksiyasının məhsulu kimi yaranan hidrogen peroksidinin zərərsizləşdirilməsini həyata keçirir;
- yuxarı duz konsentrasiyalarında isə bu ferment oksigenin fəal forması kimi yaranan sərbəst hidrogen peroksidini detoksikasiya edir.

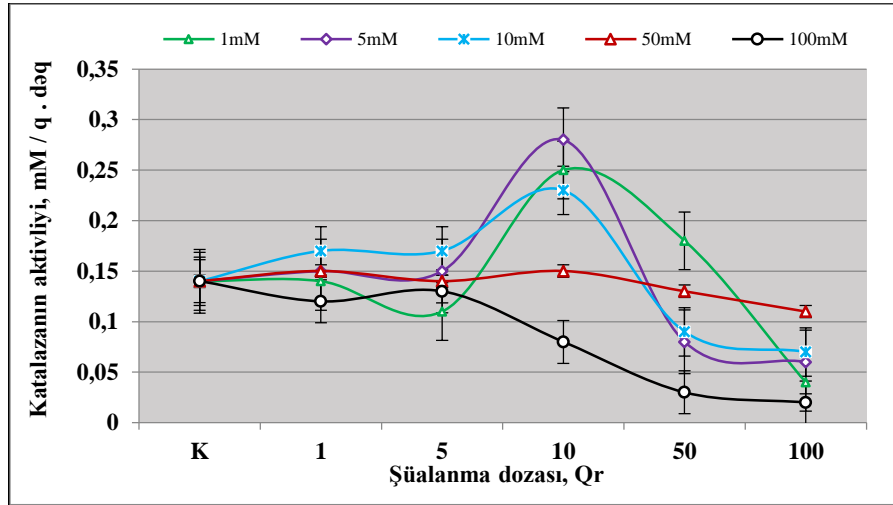
Bu səbəbdən də bütün duz konsentrasiyalarında katalazaya tələbat olur. SOD –a tələbat isə aşağı duz konsentrasiyalarında olsa da, yuxarı duz konsentrasiyalarında onun fəaliyyətinə o qədər də tələbat olmur.

**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** Dediklərimizdən aydın olur ki, bitkilərin stress amillərin təsirindən müdafiəsinin təmin olunmasında SOD –la yanaşı KAT –ın da rolu əhəmiyyətlidir. Müxtəlif stress şəraitlərdə bu antioksidant fermentin aktivliyinin dəyişməsi çoxlu sayda tədqiqat işlərində qeydə alınmışdır [34, c.26, s.71; 192, c.58, s.60].

Şüalanmış noxud toxumlarından duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik cücərti yarpaqlarında KAT –ın aktivliyinin şüalanma dozasından və NaCl -un konsentrasiyasından asılılığına dair aldığımız nəticələr bu fermentin aktivliyinin həm toxumların şüalanma dozasına, həm də duz konsentrasiyasına həssas olduğunu göstərir (şəkil 3.57).

Şəkildə təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki, toxumların (1 – 5) Qr doza oblastında şüalandırılması halında bütün duz konsentrasiyalarında (1, 5, 10, 50 и 100 mM) KAT fermentinin aktivliyi kontrol variantdakı aktivlikdən, demək olar ki,

fərqlənir. Bu doza oblastında ferment aktivliyində baş verən kiçik dəyişmələr təcrübənin xətası daxilində olur.



**Şəkil 3.57. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında KAT –ın aktivliyinin şüalanma dozəsindən və NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

(5 – 10) Qr şüalanma dozəsi oblastında ferment aktivliyində əhəmiyyətli dəyişmələr baş verir və bu dəyişmələr müxtəlif duz konsentrasiyalarında müxtəlif olur. Daha dəqiq desək, 1, 5 və 10 mM duz konsentrasiyası halında antioksidant fermentin aktivliyinin sıçrayışla artması, 50 mM konsentrasiya halında sabit qalması, 100 mM konsentrasiya halında isə, əksinə, azalması müşahidə edilir.

Şüalanma dozəsinin 10 Qr -dən 100 Qr -ə qədər artması isə bütün duz konsentrasiyalarında) antioksidant katalazanın aktivliyinin azalmasına səbəb olur.

KAT –ın aktivliyinin duz stresi şəraitində müəyyən doza oblastında dəyişməməsi, müəyyən doza oblastında isə artması və ya azalması faktlarına əsaslanaraq, hesab etmək olar ki:

- kiçik şüalanma dozələri duz stresinin təsirini azaltdığından katalazanın fəaliyyətinə ehtiyac qalmır və bu ferment kiçik aktivlik nümayiş etdirir;
- (5 – 10) Qr şüalanma dozəsi oblastında nisbətən kiçik duz konsentrasiyalarında antioksidant fermentin aktivliyinin sıçrayışla artmasının səbəbi bu fermentə tələbatın

yanarınmasıdır. Belə ki, bu halda, yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, digər antioksidant (SOD) kiçik aktivlik nümayiş etdirirdi;

- 10 Qr -dən böyük şüalanma dozalarında da KAT –ın aktivliyinin azalması SOD –un aktivliyinin artması fonunda baş verir ki, bu da, böyük ehtimalla SOD və KAT –ın müəyyən mərhələlərdə uzlaşmış, əlaqəli fəaliyyət göstərməsinin nəticəsi ola bilər.

Belə çıxır ki, müəyyən şəraitlərdə SOD və KAT –ın bir-birini əvəz etməsi baş verir: SOD kiçik aktivliyə malik olan halda KAT –a tələbat yaranır və tərsinə.

### **3.5.2.3. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə noxud (*Cicer arietinum* L.) yarpaqlarında askorbatperoksidaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi**

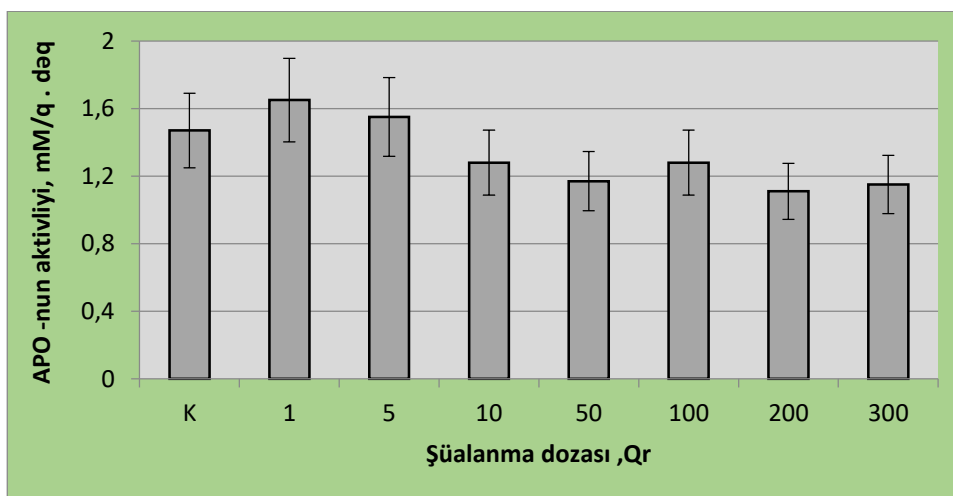
Məlum olduğu kimi, hidrogen peroksidini “zərərsizləşdirən” katalaza fermentinin katalitik təsirinin əsasında  $H_2O_2$ –nin suya və molekulyar oksigenə parçalanması dayanır:  $2H_2O_2 \xrightarrow{\text{katalaza}} 2H_2O + O_2$  [13, s.5].

Bu reaksiyanın sürətinin çox yüksək olması qeyd olunur (sürət sabiti  $10^7$ -yə bərabərdir) və hesab olunur ki, bir katalaza fermenti molekulu bir saniyədə  $6 \cdot 10^6$  sayda hidrogen peroksidi molekulu parçalaya bilər [38, c.111]. Buna baxmayaraq, qeyd olunur ki, katalaza  $H_2O_2$  –yə zəif “hərslilik” (yaxınlıq) nümayiş etdirir və peroksidin ancaq çox yüksək konsentrasiyalarında fəaliyyət göstərir [38, c.123]. Bu səbəbdən, həmçinin də katalazanın bir çox hüceyrə komponentlərində mövcud olmaması hidrogen peroksidini “zərərsizləşdirən” digər bir fermentin də fəaliyyətini zəruri edir.

Hüceyrədə  $H_2O_2$ -nin “zərərsizləşdirilməsinə” cəlb edilən əsas fermentlərdən birinin askorbatperoksidaza (APO) fermenti olması məlumdur [35, s.123]. Qeyd olunur ki,  $H_2O_2$  -ni detoksikasiya etməsi askorbin turşusunun hesabına baş verən bu ferment, substrata çox yüksək hərslilik göstərir və peroksidi, hətta onun ən kiçik konsentrasiyalarında belə neytrallaşdırır [35, s. 124].

Deyilənləri, həmçinin də askorbatperoksidazanın bitkilərin antioksidant müdafiə sisteminin əsas fermentlərindən birinin olmasını nəzərə alaraq, tədqiq etdiyimiz proseslərdə bu fermentin fəaliyyətinə də müəyyən aydınlıq gətirməyə çalışmışıq.

**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stresi ayrılıqda).** Askorbatperoksidaza fermentinin aktivliyinin toxumların şüalanma dozasından asılılığına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.58 –də verilmişdir.



**Şəkil 3.58. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik noxud yarpaqlarında APO –ın aktivliyinin şüalanma dozasından asılılığı**

Nəticələr bu fermentin aktivliyinin şüalanma dozasından irimiqyaslı asılılığının olmadığını göstərir. Ferment aktivliyinin dəyişməsində ümumi tendensiya belədir: aşağı şüalanma dozalarında cüzi artma, yuxarı şüalanma dozalarında isə cüzi azalma.

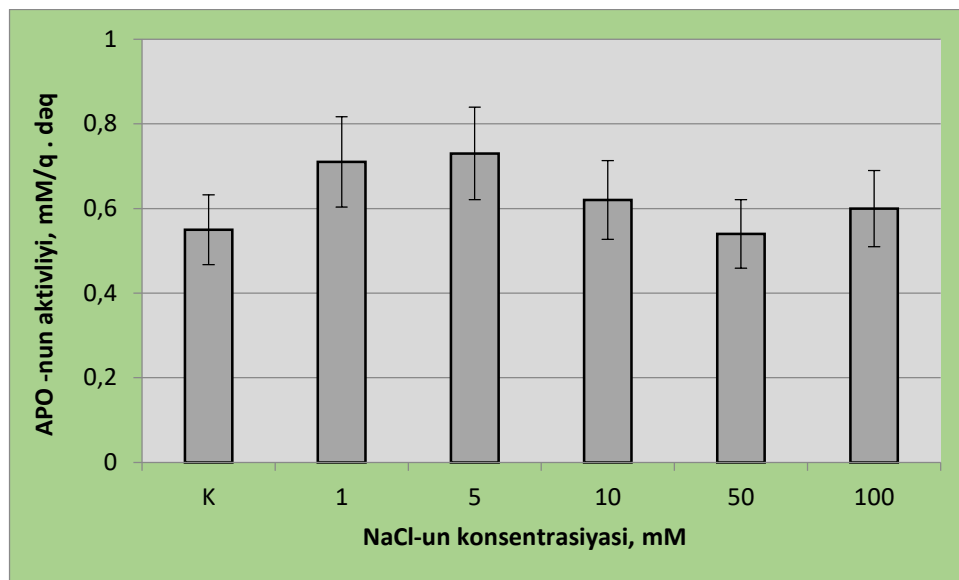
Daha dəqiq desək, 1 Qr -ə bərabər ən kiçik şüalanma dozasında APO kontrolla müqayisədə, miqyasca kiçik də olsa, yüksək aktivlik nümayiş etdirir. Yada salaq ki, bu dozada katalaza aktivlik nümayiş etdirmirdi.

Qeyd edək ki, bu nəticələr radiasiyanın ümumi təsir mexanizmi prinsipinə tamamilə uyğun gəlir. Belə ki, kiçik şüalanma dozasında az sayda hidrogen peroksidi yaranmalıdır və onun zərərsizləşdirilməsi üçün isə katalazaya ehtiyac qalmayacaq. Az sayda yaranan hidrogen peroksidinin zərərsizləşdirilməsi üçün isə askorbatperoksidazaya tələbat yaranacaq və bu fermentin aktivliyi artacaq.

1 Qr -dən yüksək dozalarda isə KAT –ın aktivliyinin artması fonunda APO -nun aktivliyinin azalması da tamamilə başadüşüləndir. Aydınır ki, nisbətən yüksək dozalarda yaranan  $H_2O_2$  –nin miqdarı da çox olacaq. Belə olan halda KAT –ın fəallaşmasına zərurət yaranacaq, bu fermentin aktivliyi artacaq və APO -nun

fəaliyyətinə ehtiyac qalmayacaq.

**Duz stresi ayrılıqda.** Duz stresinin APO -nun aktivliyinə təsirinə dair aldığımız nəticələrdən aydın olur ki, duz stresi şəraitində bu fermentin aktivliyi də dəyişir (şəkil 3.59).



**Şəkil 3.59. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında APO –nun aktivliyinin NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı**

Ferment aktivliyinin NaCl –un konsentrasiyasından asılılığında ümumi dəyişmə dinamikası aşağıdakı kimidir:

- NaCl –un konsentrasiyasının 5 mM –a qədər artması bu antioksidantın aktivliyinin artmasına səbəb olur;
- duz stresinin güclənməsi (NaCl –un konsentrasiyasının 5 mM –dan 50 mM –a qədər artması) APO –nun aktivliyinin azalması ilə müşayiət olunur;
- duz stresinin sonrakı güclənməsi (NaCl –un konsentrasiyasının 50 mM –dan böyük olan halında) APO –nun aktivliyinin yenidən artmasına səbəb olur.

KAT –ın aktivliyinin NaCl -un konsentrasiyasından asılılığından aydın olmuşdu ki, kiçik duz konsentrasiyaları KAT –ın aktivliyinin kiçikmiqyaslı, böyük duz konsentrasiyaları isə irimiqyaslı artmasına səbəb olurdu. APO -nun aktivliyinin NaCl

-un konsentrasiyasından asılılığında isə fərqli mənzərənin şahidi oluruq: həm nisbətən zəif, həm də nisbətən güclü duz streslərində bu fermentin aktivliyi artır, mülayim duz stresləri halında isə, əksinə, azalır.

Deməli, kiçik duz konsentrasiyalarında APO böyük, KAT isə nisbətən kiçik aktivlik nümayiş etdirir. Hesab edirik ki, bunun səbəbi zəif duz stressi şəraitində hidrogen peroksidinin kiçik konsentrasiyalarda yaranmasıdır ki, bu səbəbdən də KAT –a tələbat kiçik, APO –ya isə tələbat böyük olar.

Orta duz konsentrasiyalarında KAT –ın aktivliyinin sürərlə artmasına, APO –nun aktivliyinin isə azalmasına səbəb, çox yəqin ki, intensiv şəkildə  $H_2O_2$  –nin yaranmasıdır ki, bu da KAT –a olan tələbatın artmasına, APO –ya olan tələbatın isə azalmasına səbəb olur. Belə ki, artıq qeyd etdiyimiz kimi, KAT və APO –nun hidrogen peroksidinə hərisliyi eyni deyil. Başqa sözlə, APO  $H_2O_2$  –nin kiçik, KAT isə onun böyük konsentrasiyalarında oksigenin bu fəal formasına daha yüksək hərislik göstərir.

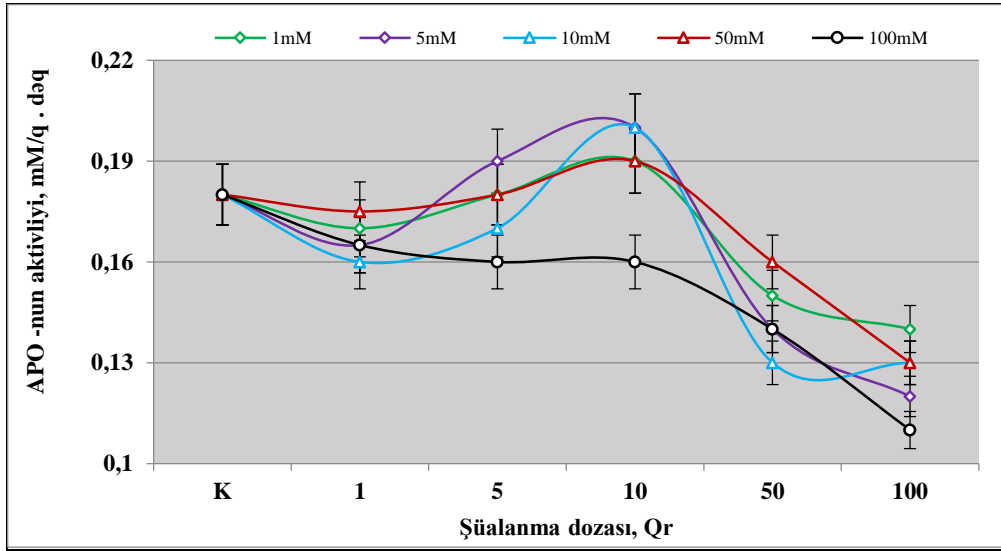
Çox yüksək duz konsentrasiyalarında yüksək KAT aktivliyi fonunda APO –nun da aktivliyinin artmasına səbəb isə, hesab edirik ki, belə şəraitdə  $H_2O_2$  -in kifayət qədər yüksək sürətlə yaranmasıdır. Belə olan halda KAT onların zərərsizləşdirilməsinin öhdəsindən təkbaşına gələ bilmir və APO –nun da fəallaşmasına zərurət yaranır.

**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** Bu günə qədər toplanmış ədəbiyyat materialı askorbatperoksidaza (APO) fermentinin də bitkilərin əlverişsiz şəraitlərdən mühafizə olunmasında vacib rol oynadığını göstərir [76, c.35, s.1011].

Duz stressi şəraitində şüalanmış toxumlardan yetişən noxud yarpaqlarında APO –nun aktivliyinin şüalanma dozəsindən və duz konsentrasiyasından asılılığına dair bizim aldığımız nəticələrdən aydın olur ki, bu asılılıq, ümumi halda KAT –ın asılılığından, demək olar ki, fərqlənmir (şəkil 3.60). Belə ki, bu halda da orta dozalarda fermentin aktivliyinin müəyyən duz konsentrasiyalarında artması, yüksək dozalarda isə, KAT- da olduğu kimi, bütün duz konsentrasiyalarında azalması baş verir. Nisbətən kiçik dozalarda (1 Qr şüalanma dozəsində) isə ferment aktivliyində duz konsentrasiyasından asılı olan kiçik azalma müşahidə edilir.

Hesab etmək olar ki, ionlaşdırıcı şüalanma kiçik dozalarda (1 Qr-ə qədər

dozalarda) noxud toxumu hüceyrələrində APO –nun aktivliyini artırma bilmədiyini halda, yüksək dozalarda (1- 10 Qr doza oblastında) müdafiə sisteminin aktivləşməsi hesabına bu fermentin aktivliyi artır.



**Şəkil 3.60. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik noxud yarpaqlarında APO –nun aktivliyinin şüalanma dozasından və NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Hər üç fermentin aktivliyinə dair nəticələrdən aydın olur ki, 1 Qr –dən 10 Qr -ə qədər doza oblastında APO –nun aktivliyinin artması həmin doza oblastında SOD –un aktivliyinin azalması ilə müşayiət olunur və 10 Qr –dən yüksək dozalarda bu fermentin aktivliyinin azalması isə SOD –un aktivliyinin artması fonunda baş verir.

Göründüyü kimi, APO və KAT oxşar formada aktivlik nümayiş etdirir. APO –nun aktivliyinin şüalanma dozasından və NaCl -un konsentrasiyasından asılılığının KAT –ın aktivliyində baş verən dəyişmələrlə eynilik təşkil etməsini bu fermentlərin oxşar formada fəaliyyət göstərmələri kimi qəbul etmək olar. Qeyd edək ki, elmi əbəbiyyatda bu fermentlərin hər ikisinin  $H_2O_2$  –nin detoksikasiya olunmasında iştirakına dair məlumat vardır [38, c.98; 35, s. 67]. Sadəcə olaraq, qeyd olunur ki, katalaza antioksidant fəaliyyətini  $H_2O_2$  –nin yüksək konsentrasiyalarında həyata keçirə bilir,  $H_2O_2$  –nin kiçik konsentrasiyalarında isə bu funksiyayı APO öz üzərinə götürür.

Aldığımız nəticələrə əsaslanaraq, hesab etmək olar ki, şüalanma dozasından və duz konsentrasiyasından asılı olaraq müxtəlif şəraitlərdə müxtəlif sayda hidrogen

peroksidi yaranır. Bu səbəbdən də həm KAT –a, həm də APO –ya tələbat yaranır və fermentlərin aktivləşməsi hesabına oksidantın zərərli təsiri azaldılır [3, c.5, s.472-473; 17, c.16, s.155; 122, s.75].

Hər üç fermentin duz və radiasiya stresləri şəraitlərində aktivliklərinə dair nəticələri ümumiləşdirməklə belə nəticələrə gəlmək olar:

- toxumları radioaktiv şüalarla işlənmiş noxud cücərtilərində duz stresi şəraitində boyatma və inkişafı antioksidant müdafiə sisteminin balanslaşmış fəaliyyəti hesabına baş verir;

- toxumları radioaktiv şüalarla işlənmiş noxud cücərtilərində duz stresi şəraitində antioksidant fermentlərin fəaliyyəti əlaqəli və koordinasiya olunmuş halda həyata keçirilir.

#### **3.5.2.4. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında superoksiddismutaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi**

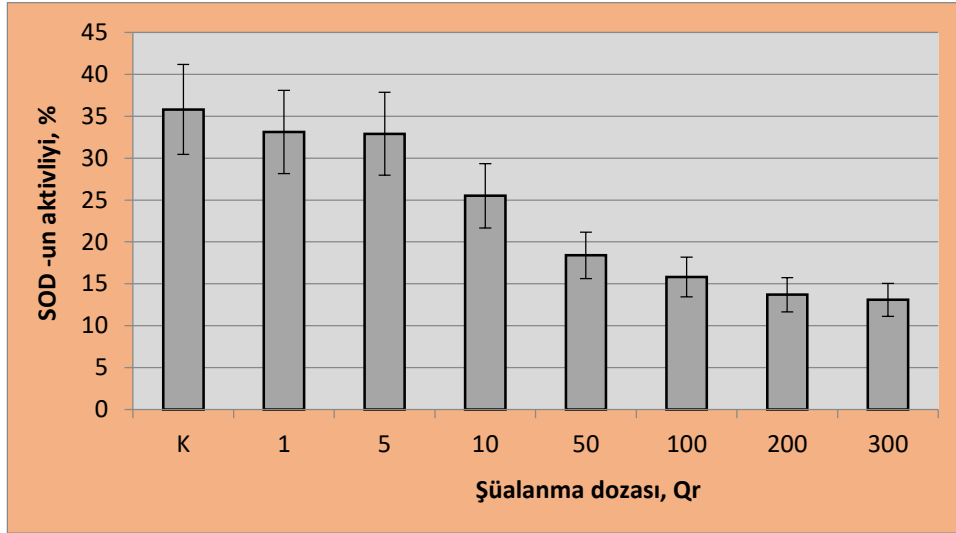
**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stresi ayrılıqda).** Antioksidant sistemin eyni bir stress təsirə cavab reaksiyası bitkilərin növündən, stresin təsir dərəcəsi və davam etmə müddətindən, bu faktorun xarakterindən, antioksidant sistemin vəziyyətindən, antioksidantların aktivliyinin ilkin səviyyəsindən, bitkinin yaşından və yetişmə şəraitindən asılı olur [35, s.105]. Buna görə də antioksidant sisteminin fəaliyyətinin daha dəqiq qiymətləndirilməsi üçün çoxlu sayda faktorlardan asılı olan bu prosesin hərtərəfli öyrənilməsinə böyük ehtiyac vardır [42, s.55].

Deyilənlər nəzərə alınaraq, təqdim etdiyimiz işdə qamma radiasiya ilə işlənmiş qarğıdalı toxumlarından laboratoriya şəraitində yetişdirilmiş bitkilər tədqiq edilmiş və antioksidant fermentlərin fəaliyyəti öyrənilmişdir [3, c.5, s.471-472; 9, s.289; 16, s.377; 122, s.75; 216, c.LXXVI, s.78].

Antioksidant müdafiə sisteminin əsas fermentlərindən olan SOD –un aktivliyinin toxumların şüalanma dozəsindən asılılığına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.61 –də təqdim edilmişdir.

Nəticələrdən aydın olur ki, aşağı doza oblastında (1 – 5 Qr doza oblastında)

şüalanma dozasının artması antioksidant SOD –un aktivliyinə, demək olar ki, təsir etmir, yuxarı doza oblastında isə şüalanma dozasının artması bu fermentin aktivliyinin, müntəzəm olaraq, azalmasına səbəb olur. Çox yüksək dozalarda bu fermentin aktivliyi sıfıra yaxın olur, başqa sözlə, ferment tam fəaliyyətsiz olur.



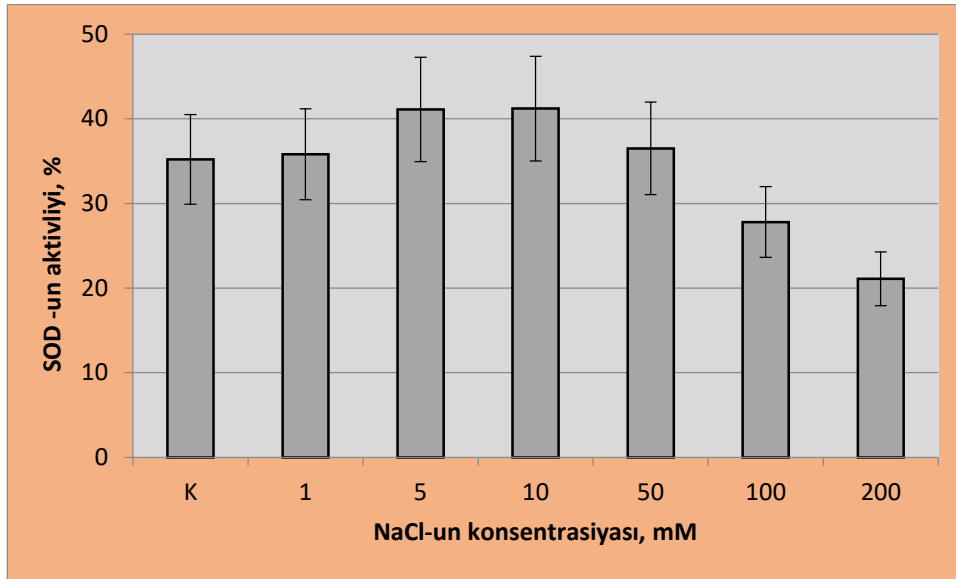
**Şəkil 3.61. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında SOD –un aktivliyinin şüalanma dozasından asılılığı**

Bu nəticələr maraqlı olmaqla yanaşı, həm də izah olunması çətinlik törədən nəticələrdir. Bu çətinliyin bir səbəbi elmi ədəbiyyatda bu barədə məlumatın olmaması, digər səbəbi isə stress şəraitində SOD –un aktivliyinin, demək olar ki, bütün doza oblastında azalmasıdır. Birinci səbəb üzündən aldığımız nəticəni hansısa bir nəticə ilə müqayisə etmək olmur, ikinci səbəb üzündən isə radioaktiv şüalanmanın SOD –un aktivliyinə təsirinə dair birmənalı fikir söyləmək olmur. Diqqəti cəlb edən qarğıdalının kontrol nümunəsinin də (hətta şüalanmamış toxumlar halında) noxudla müqayisədə SOD –a dair kiçik aktivlik potensialına malik olmasıdır.

Çox yəqin ki, qarğıdalı bitkisinin kiçik SOD aktivliyinə malik olmasının səbəbi onun digər antioksidantlarla zəngin olmasıdır. Hesab edirik ki, məhz buna görə də radiasiya stresi şəraitində digər antioksidantlar fəallaşdığından SOD –un fəaliyyətinə ehtiyac qalmır və onun aktivliyi azalır.

**Duz stresi ayrılıqda.** Şəkil 3.62 –də təqdim olunan nəticələrdən aydın olur ki,

SOD –un aktivliyinin duz stresi şəraitində dəyişməsi, radiasiya stresi şəraitində dəyişməindən fərqlənir. Bu da bir daha bu iki stress amilinin eyni təsir mexanizminə malik olmadığını göstərir.



**Şəkil 3.62. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında SOD -un aktivliyinin NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Nəticələr SOD -un aktivliyinin NaCl -un konsentrasiyasından asılılığında kəskin dəyişmələrin olmadığını göstərir. Sadəcə olaraq, duz stresinin güclənməsi kiçik konsentrasiyalarda bu fermentin aktivliyinin cüzi artmasına, böyük konsentrasiyalarda isə nəzərəcarpacaq azalmasına səbəb olur.

Deməli, zəif duz stresi şəraitində SOD –a, az da olsa, tələbat yaranır, güclü duz stresi şəraitində isə mühafizə funksiyasını digər antioksidantlar öz üzərinə götürür. Buna görə də SOD –un fəaliyyətinə ehtiyac qalmır.

**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** Son zamanlar bəzi ətraf mühit amillərinin neqativ təsirlərinin özlərini aşkar şəkildə biruzə verməsi tədqiqatçıların kənd təsərrüfatı bitkilərinin abiotik amillərə davamlılığını artırmağa imkan verən vasitələrdən istifadə etmə cəhdlərini daha da intensivləşdirmişdir. Qeyd etdiyimiz kimi, bu məqsədlə kiçik dozalı  $\gamma$ -şüalanmadan istifadə arzuolunan nəticələrin əldə edilməsinə imkan vermişdir. Ayrı-ayrı hallarda  $\gamma$ -şüalanmanın kiçik dozalarda bitkilərin müxtəlif stress

amillərinə təsirinə davamlılığını artırma bilməsinə dair nəticələr alınmışdır [161, c.8, s.199; 162, c.8, s.181; 178, c.115, s.243; 180, c.175, s.1490].

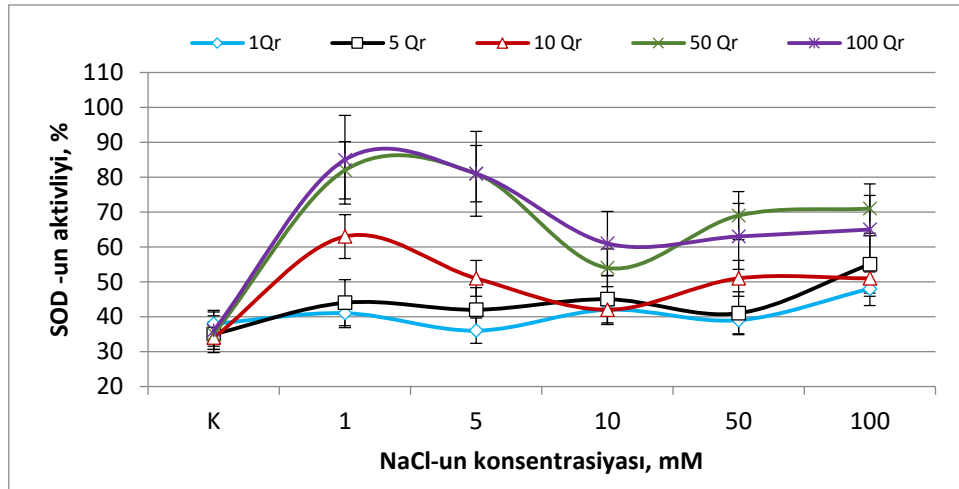
Duz stresinin kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığını azaldan əsas amillərdən birinin olmasını nəzərə alaraq, tədqiqat işimizin bu hissəsini toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin qarğıdalı bitkisinin duza davamlılığında rolunu aydınlaşdırmağa çalışmışıq. Artıq qeyd etdiyimiz kimi, şüalanmış toxumların duz stresinin təsirinə reaksiyasını SOD, KAT, APO kimi antioksidant fermentlərin aktivliklərinin dəyişməsinə əsasən qiymətləndirmişik. İlk tədqiqatlarımızda  $\gamma$ -şüalanmanın müəyyən dozalarda duz stresi şəraitində yetişən qarğıdalının boyatma və inkişafını stimullaşdırmasını göstərmişdik (§ 3.1.6). Müəyyən etmişdik ki, toxumların 50 Qr dozada şüalandırılması (5 – 50) mM konsentrasiyalı duz məhlulunda bu bitkinin inkişafını stimullaşdırma bilər [119, c.15, s.10; 120, s.369]. Tədqiqatımız bu hissəsini aparmaqda məqsəd isə stimullaşdırıcı təsirin mexanizminə müəyyən aydınlıq gətirmək olmuşdur.

Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş qarğıdalı yarpaqlarında bitkilərin inkişafı üçün əlverişsiz olan şəraitlərdə yaranan superoksid anion radikalların dismutasiyasını həyata keçirən SOD –un aktivliyinin NaCl –un konsentrasiyasından asılılığına dair aldığımız nəticələrdən aydın olur ki, aşağı duz konsentrasiyalarında (1 – 10 mM) toxumların şüalanma dozasının artması bu fermentin aktivliyinin artmasına səbəb olur və yüksək şüalanma dozalarında ferment aktivliyinin artması daha irimiqyaslı olur (şəkil 3.63).

5 mM –dan yüksək konsentrasiyalarda duz stresinin güclənməsi bütün şüalanma dozalarında antioksidant SOD –un aktivliyinin azalması ilə müşayiət olunur. Bu halda SOD fermenti yüksək şüalanma dozalarında yüksək, kiçik şüalanma dozalarında isə nisbətən kiçik aktivliklə xarakterizə olunur.

Nəticələrə əsaslanaraq, hesab edirik ki, aşağı duz konsentrasiyalarında superoksid radikalların intensiv yaranması baş vermir və bu səbəbdən də SOD –un fəaliyyətinə zərurət yaranmır. SOD –un aktiv fəaliyyəti isə bu bitkinin əlverişsiz duz stresi şəraitində inkişafını təmin edir. Belə ki, duz stresinin güclənməsi superoksid radikalların yaranmasını intensivləşdirir və onların dismutasiyasına

(zərərsizləşdirilməsinə) zərurət yaranır. Nəticədə SOD aktivləşir və beləliklə də duzun neqativ təsiri müəyyən qədər zəifləyir.



**Şəkil 3.63. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında SOD –un aktivliyinin şüalanma dozəsindən və NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

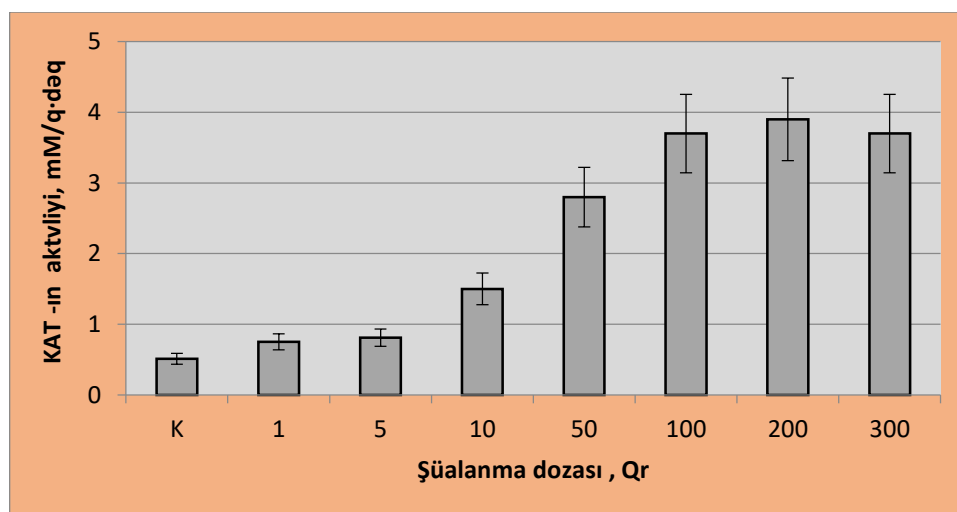
### 3.5.2.5. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında katalaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi

**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stressi ayrılıqda).** Şəkil 3.64 –də qarğıdalı yarpaqlarında katalaza fermentinin aktivliyinin toxumların şüalanma dozəsindən asılılığına dair aldığımız nəticələr əks olunmuşdur.

Nəticələr katalaza fermentinin aktivliyinin superoksiddismutaza fermentinin aktivliyindən fərqli dəyişmə dinamikasına malik olduğunu göstərir. Belə ki, bu fermentin aktivliyi, SOD –un aktivliyindən fərqli olaraq, şüalanma dozasının artması ilə artır. Sadəcə olaraq, ferment aktivliyinin artması aşağı şüalanma dozalarında kiçik, böyük şüalanma dozalarında isə irimiqyaslı olur. Çox yüksək şüalanma dozalarında (100 Qr –dən yüksək) isə, dəyişməz qalır.

Yüksək şüalanma dozalarında SOD –un aktivliyinin azalması fonunda KAT –ın aktivliyinin artmasına əsaslanaraq, hesab etmək olar ki, yüksək dozalarda oksigenin

fəal formalarından olan superoksid radikallar yaranmır. Bu səbəbdən də onların dismutasiyasını həyata keçirən SOD –a tələbat yaranmır.



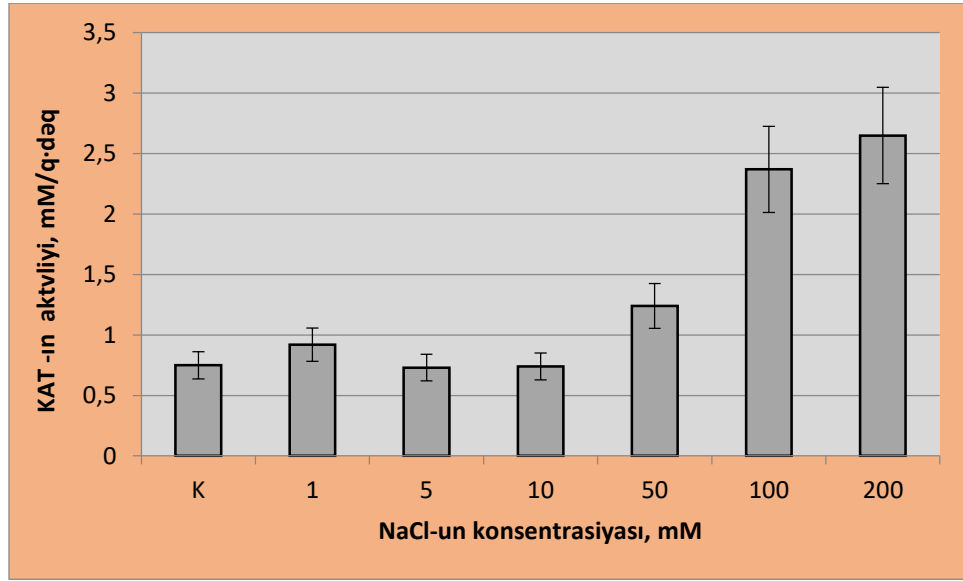
**Şəkil 3.64. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında KAT –ın aktivliyinin şüalanma dozasından asılılığı**

Yüksək dozalarda KAT –ın fəallaşmasının səbəbi isə, hesab edirik ki, belə şəraitdə hidrogen peroksidinin dismutasiya reaksiyasının məhsulu kimi deyil, oksigenin sərbəst fəal forması kimi yaranmasıdır ki, bunların da detoksikasiyası üçün KAT –a tələbat yaranmalıdır və bu antioksidant fermentin aktivliyi artmalıdır.

**Duz stresi ayrılıqda.** Katalaza fermentinin aktivliyinin NaCl –un konsentrasiyasından asılılığı (şəkil 3.65) şüalanma dozasından asılılığına oxşayır. Belə ki, şüalanma dozasının artmasına uyğun olaraq, NaCl –un konsentrasiyasının artması da antioksidant katalazanın aktivliyinin artmasına səbəb olur.

Radiasiya stresi şəraitində olduğu kimi, duz stresi şəraitində də aşağı intensivliklərdə bu ferment zəif, yuxarı intensivliklərdə isə yüksək aktivlik nümayiş etdirir.  $H_2O_2$  -nin oksigenin ən fəal və hüceyrəni zədələmək baxımından ən “aqrəssiv” formalarından birinin olması, katalazanın isə  $H_2O_2$  –ni parçalayaraq, suya və molekulyar oksigenə çevirən katalizator olması məlumdur. Belə olan halda, hesab etmək olar ki, aşağı duz və radiasiya intensivliklərində oksigenin fəal forması olan hidrogen peroksidi yaranmır və yaxud da elə konsentrasiyalarda yaranır ki, o da

bitkinin KAT potensialı ilə zərərsizləşdirilə bilər. Bu səbəbdən də yeni KAT –a tələbat olmur və o, kiçik aktivlik nümayiş etdirir.



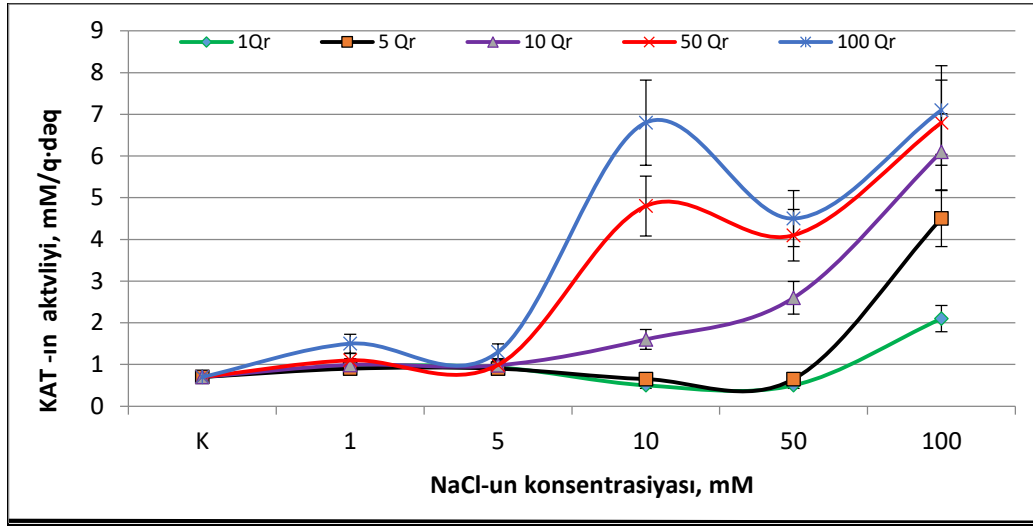
**Şəkil 3.65. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında KAT -in aktivliyinin NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Yüksək intensivliklərdə isə KAT –ın aktivliyinin artması bu fermentə tələbatın yaranmasının məntiqi nəticəsi kimi qiymətləndirilə bilər. Bu isə  $H_2O_2$  -nin əmələgəlmə sürətinin artması zamanı mümkündür. Deməli, yüksək duz və radiasiya stresləri şəraitlərində hidrogen peroksidinin yaranması sürətlənir ki, bu da KAT –ın aktivləşməsi ilə müşayiət olunur.

**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** Toxumları şüalanmış qarğıdalı bitkisinde katalaza fermentinin aktivliyinin duz konsentrasiyasından asılılığına dair aldığımız nəticələrdən aydın olur ki, zəif duz stresi şəraitində (1 – 5 mM duz konsentrasiyalarında) ferment aktivliyi, 100 Qr dozada təcrübənin xətası daxilində olan kiçik kənarçıxmanı nəzərə almamaq şərti ilə, demək olar ki, toxumların şüalanma dozasından asılı olmur (şəkil 3.66).

KAT –ın aktivliyinin dəyişməməsi 5 mM –dan 50 mM –a qədər duz konsentrasiyası intervalında 1 və 5 Qr şüalanma dozaları halında da saxlanılır. 50 mM

–dan yüksək duz konsentrasiyalarında isə bütün şüalanma dozalarında duz stresinin güclənməsi antioksidant katalazanın aktivliyinin də artması ilə müşayiət olunur.



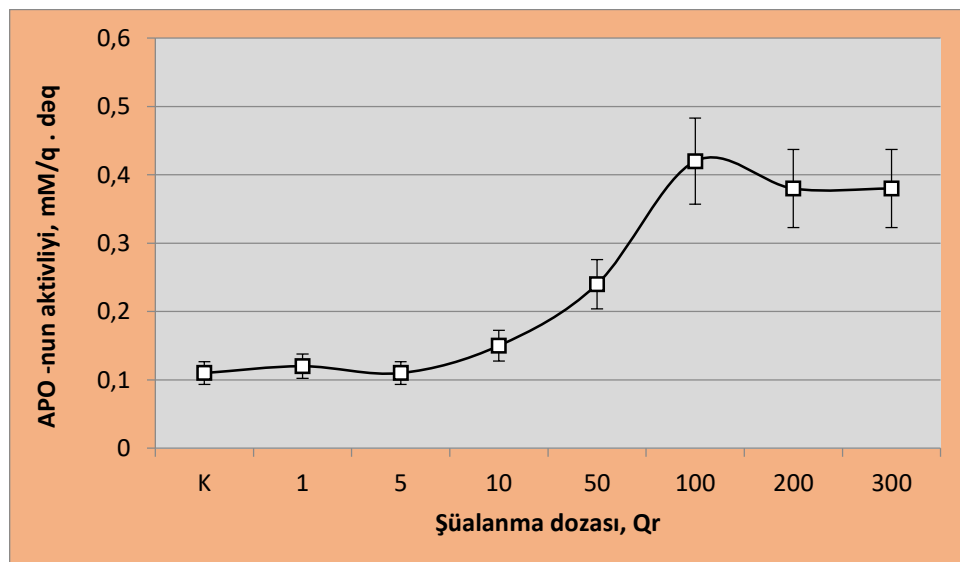
**Şəkil 3.66. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında KAT –ın aktivliyinin şüalanma dozasından və NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Qeyd edək ki, belə şəraitlərdə SOD fermenti yüksək aktivlik nümayiş etdirmirdi. SOD və KAT –a dair aldığımız nəticələri ümumiləşdirməklə aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar:

- yüksək duz konsentrasiyalarında bütün şüalanma dozalarında SOD –un kiçik aktivlik nümayiş etdirməsi dismutasiya reaksiyalarının olmaması, başqa sözlə, belə şəraitdə superoksid radikalların yaranmaması kimi qəbul olunmalıdır. Belə ki, dismutasiya reaksiyaları baş versəydi, bu reaksiyaların məhsulu kimi hidrogen peroksidi yaranardı, bunların da zərəsizləşdirilməsi üçün KAT –a tələbat yaranardı. Belə olan halda həm SOD, həm də KAT yüksək aktivlik nümayiş etdirərdi.
- SOD –un kiçik aktivliyi fonunda KAT –ın aktivliyinin artması isə ona tələbatın yaranması, yəni hidrogen peroksidinin intensiv əmələ gəlməsini göstərir. Deməli, hidrogen peroksidi dismutasiya reaksiyalarının məhsulu kimi deyil, oksigenin fəal forması kimi sərbəst halda yaranır. Bu səbəbdən də onların detoksikasiyası üçün KAT –a tələbat yaranır.

### 3.5.2.6. Radioaktiv şüalanma və duz stresinin ayrılıqda və birlikdə qarğıdalı (*Zea mays*) yarpaqlarında askorbatperoksidaza fermentinin aktivliyinə təsirinin tədqiqi

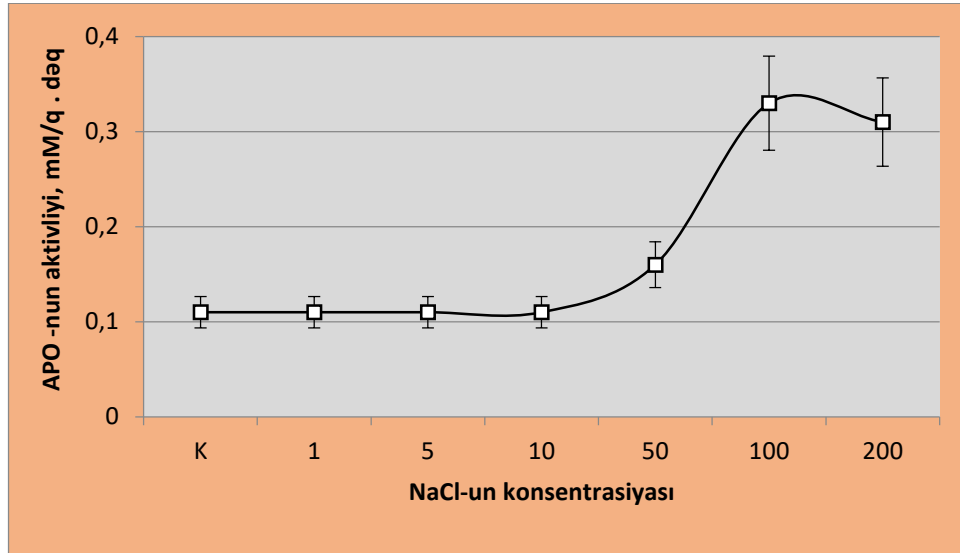
**Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi (Radiasiya stresi ayrılıqda).** Askorbatperoksidazanın aktivliyinə dair aldığımız nəticələrdən (şəkil 3.67) aydın olur ki, qarğıdalı bitkisinde bu ferment katalaza fermentinə oxşar formada dəyişmə dinamikası nümayiş etdirir. Belə ki, bu halda da şüalanma dozasının artması ilə bu fermentin aktivliyi artaraq müəyyən maksimal qiymətə çatır. Şüalanma dozasının sonrakı artımı isə ferment aktivliyini dəyişdirmir. Şüalanma dozasının 50 Qr qiymətində bu fermentin aktivliyində 2 dəfəyə, 100 Qr qiymətində 4 dəfəyə qədər artım müşahidə olunur.



**Şəkil 3.67. Toxumları səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənmiş 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında APO –nun aktivliyinin şüalanma dozasından asılılığı**

Askorbatperoksidaza və katalaza fermentlərinin müəyyən şəraitlərdə oxşar formada fəaliyyət göstərə bilmələri faktını bu fermentlərin hər ikisinin hidrogen peroksidin zərərsizləşdirilməsində oxşar rola malik olmaları ilə izah etmək mümkündür.

**Duz stresi ayrılıqda.** Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən qarğıdalı yarpaqlarında APO –nun aktivliyinin NaCl –un konsentrasiyasından asılılığına dair aldığımız nəticələr şəkil 3.68 –də təqdim edilmişdir.



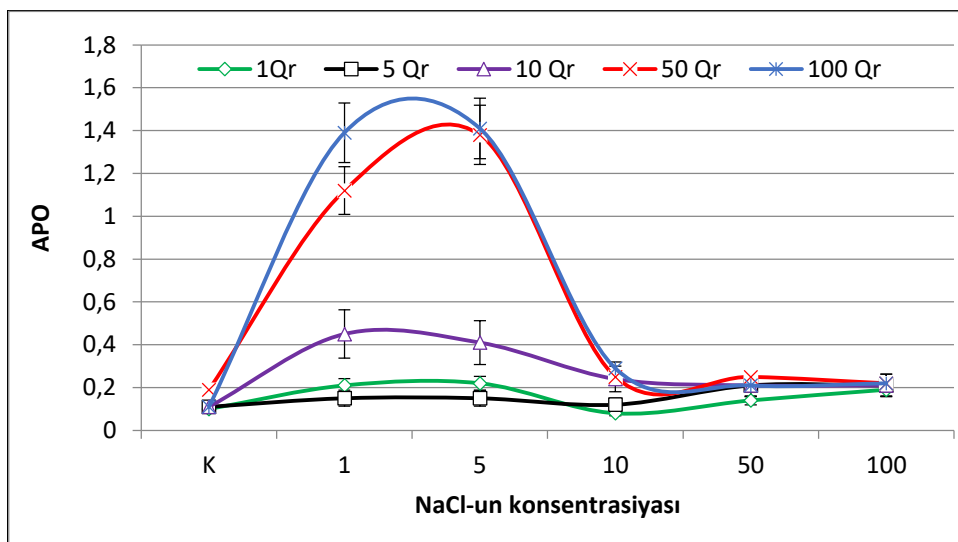
**Şəkil 3.68. Duz stresi şəraitində şüalanmamış toxumlardan yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında APO -nun aktivliyinin NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

APO -nun aktivliyinin NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı özünəməxsusluğu ilə seçilir. Belə ki, antioksidant fermentin aktivliyi 1, 5 və 10 mM duz konsentrasiyalarında, demək olar ki, dəyişmir. Deməli, belə şəraitlərdə APO –nun fəaliyyətinə tələbat olmur. NaCl –un konsentrasiyasının 100 mM –a qədər sonrakı artımı bu fermentin aktivliyini kəskin (~3 dəfə) artırır. 100 mM –dan yüksək duz konsentrasiyasında isə ferment aktivliyində azalma müşahidə edilir.

KAT -ın aktivliyinin NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı da təxminən oxşar dinamika üzrə dəyişirdi. Bu ferment də, APO –ya oxşar olaraq, zəif duz stresi şəraitində kiçik, güclü duz stresi şəraitində isə yüksək aktivlik nümayiş etdirir.

Bu halda da hesab etmək olar ki, askorbatperoksidaza və katalaza fermentləri müəyyən şəraitlərdə oxşar formada fəaliyyət göstərirlər. Başqa sözlə desək, adı çəkilən fermentlərin hər ikisi hidrogen peroksidin zərərsizləşdirilməsində oxşar rola malik olurlar.

**Radiasiya və duz stresləri birlikdə.** İkili stress şəraitində qarğıdalı bitkisinə APO –nun aktivliyinin dəyişməsinə dair aldığımız nəticələrdən aydın olur ki, bu fermentin aktivliyinin dəyişməsində müəyyən qanunauyğunluq vardır (şəkil 3.69).



**Şəkil 3.69. Şüalanmış toxumlardan duz məhlulu şəraitində yetişən 2 həftəlik qarğıdalı yarpaqlarında APO –nun aktivliyinin şüalanma dozəsindən və NaCl -un konsentrasiyasından asılılığı**

Belə ki, (1 – 10) mM duz konsentrasiyası oblastında şüalanma dozasının 10 Qr –dən başlayaraq artması bu fermentin aktivliyinin əhəmiyyətli dərəcədə artmasına səbəb olur. Məsələn, qeyd olunan duz konsentrasiyası oblastında toxumların 50 Qr dozada şüalandırılması halında APO fermentinin aktivliyi bu bitkinin kontrol nümunəsi ilə müqayisədə ~ 7 dəfə yüksək olur.

Yüksək duz konsentrasiyalarında (10 mM –dan böyük) isə ferment bütün şüalanma dozalarında kontrol nümunədəki aktivliyə bərabər aktivlik nümayiş etdirir.

Aldığımız nəticələrə müəyyən aydınlıq gətirməyə çalışaq. Məlumdur ki, APO –nun, antioksidant ferment olaraq, fəaliyyətinin əsasında  $H_2O_2$  –nin zərərsizləşdirilməsi dayanır. Aydındır ki, (1 – 10) mM duz konsentrasiyası oblastında APO –nun aktivliyinin şüalanma dozasının artmasına uyğun olaraq artmasına, başqa sözlə, onun fəallaşmasına səbəb  $H_2O_2$  –nin yaranma intensivliyinin artmasıdır. Belə olan halda APO –ya tələbat yaranır və onun aktivliyi artır.

Maraqlıdır ki, ikili stres şəraitində SOD fermenti də oxşar formada aktivlik nümayiş etdirirdi. Belə ki, aşağı duz konsentrasiyalarında (1 – 10 mM) toxumların şüalanma dozasının artması bu fermentin də aktivliyinin artmasına səbəb olurdu və həmin duz konsentrasiyalarında yüksək şüalanma dozalarında ferment aktivliyinin artması daha irimiqyaslı olurdu.

APO və SOD –un aktivliklərinə dair aldığımız nəticələri ümumiləşdirməklə hesab etmək olar ki, NaCl –un (1 – 10) mM konsentrasiya oblastında toxumların yüksək dozalarda şüalandırılması böyük miqdarda superoksid anion radikalların yaranmasına səbəb olur. Nəticədə onların dismutasiyasına tələbat yaranır və antioksidant SOD fermenti aktivləşir.

Artıq qeyd etdiyimiz kimi, superoksid radikalların dismutasiyasının son məhsulu hidrogen peroksididir. Deməli, son nəticədə kifayət qədər “ağressiv”  $H_2O_2$  molekulları yaranmalıdır və bunların zərərsizləşdirilməsinə tələbat yaranmalıdır. Bu funksiyanı isə, məlum olduğu kimi, APO və KAT fermentləri həyata keçirməlidir. Belə olan halda APO və KAT fermentlərinin fəallaşması qaçılmaz olur.

Yada salmaq ki, aşağı duz konsentrasiyalarında digər antioksidant ferment katalazanın aktivliyi, bütün şüalanma dozalarında kontroldakı aktivlikdən, demək olar ki, fərqlənmirdi, yəni belə şəraitlərdə KAT, demək olar ki, fəaliyyət göstərmirdi.

Belə olan halda bu formada ikili stress (aşağı duz konsentrasiyaları və yuxarı şüalanma dozaları) şəraitində APO –nun aktivləşməsi tamamilə yolverilən və başadüşüləndir.

$H_2O_2$  molekullarının intensiv yaranması halında KAT –ın kiçik aktivlik nümayiş etdirməsinin səbəbi nədir? Ədəbiyyat materialında qeyd olunur ki,  $H_2O_2$  –nin kiçik konsentrasiyalarında katalaza onlara “hərslilik” göstərə bilmir, yalnız hidrogen peroksidinin yüksək konsentrasiyalarında bu ferment onlara qarşı aktivlik nümayiş etdirir [38, c. 115]. Bu səbəbdən də antioksidant sistem  $H_2O_2$  –ni zərərləşdirən digər antioksidant ilə (APO ilə) təmsil olunur ki, bu ferment isə, KAT –dan fərqli olaraq,  $H_2O_2$  –ni ən kiçik konsentrasiyalarda belə zərərsizləşdirə bilir [35, s. 104].

Deməli,  $H_2O_2$  qeyd olunan şəraitdə (aşağı duz konsentrasiyaları və yuxarı şüalanma dozaları şəraitində) çox da böyük olmayan konsentrasiyalarda yaranır. Bu səbəbdən də KAT-a tələbat olmur və APO isə fəallaşır.

10 mM –dan böyük duz konsentrasiyalarında bütün şüalanma dozalarında APO –nun kiçik (kontrol nümunədəki aktivliyə bərabər), KAT –ın isə böyük aktivlik nümayiş etdirməsinin əsasında isə, hesab edirik ki, belə şəraitlərdə  $H_2O_2$  –nin böyük konsentrasiyalarda yaranması durur. Bu səbəbdən də KAT təkbaşına  $H_2O_2$  –nin zərərsizləşdirilməsinin öhdəsindən gələ bilir və APO –ya ehtiyac qalmır.

Qeyd edək ki, bu nəticələr antioksidant sisteminin fəaliyyət mexanizminin öyrənilməsi baxımından əhəmiyyət kəsb edən nəticələndir.

## YEKUN

İstinad etdiyimiz işlərin təhlilindən aydın olur ki, toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi texnologiyasından bitkilərin duz stresinə davamlılığını artırmağa edilən cəhdlər heç də az deyil. Bu işlərin nəticələri qamma şüalanmanın oksidləşdirici stressi zəiflətməklə, NaCl kimi stress amilinin neqativ təsirini azalda və bitkinin belə şəraitində inkişafını stimullaşdırma bilməsini göstərir. Oksidləşdirici stressin zəifləməsi özünü lipidlərin peroksid oksidləşməsi reaksiyasının məhsulu olan MDA -nın və  $H_2O_2$  -nin miqdarının azalmasında və antioksidant müdafiə sisteminin fəallaşmasında (antioksidant fermentlərin aktivləşməsində və prolinin miqdarının artmasında) göstərir. Toxumların əkindən əvvəl qamma şüalarla işlənməsinin duzluluq şəraitində yetişən bitkinin boyatmasını, fotosintetik piqmentlərin, ümumi fenolun, ümumi sərbəst amin turşularının, ümumi şəkərin miqdarını da əhəmiyyətli dərəcədə artırma bilməsinə dair də məlumatlar vardır. Hesab olunur ki, toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi duz stresinin xloroplastların ultrastrukturunda yaratdığı zədələnmələri azaldır və duz stressi ilə əlaqəli genlərin ekspressiyasını gücləndirir [85, c.1, s.251; 89, c.41, s.104; 104, c.4, s.1139; 111, c.6, s.190; 147, c.2014, s.1; 161, c.8, s.199; 179, s.1010; 193, c.6, s.263; 222, c.40, s.174].

Müəlliflər hesab edirlər ki, bunun səbəbi duzun zərərli təsirinin zəiflədilməsində iştirak edən proseslərin aktivləşməsidir.

Bu istiqamətdə aparılan tədqiqat işlərində toxumları şüalandırılmış bitkilərdə duz stresinin yaratdığı fizioloji və biokimyəvi dəyişmələrin mexanizminə də aydınlıq gətirməyə cəhdlər edilmişdir [142, c.308, s.965; 194, c.6, s.2; 195, c.35, s.938].

Araşdırdığımız işlərin nəticələrinə əsaslanmaqla, hesab etmək olar ki, hüceyrələrdə oksigenin aktiv formalarının balansının tənzimlənməsi bitkilərin duz stressi şəraitinə adaptasiya olunması üçün çox vacibdir və bu nəticələrdən bitkilərin duz stresinə qarşı tolerantlığını artırmaq üçün potensial bir yanaşma kimi istifadə edilə bilər.

Bizim apardığımız tədqiqat işlərinin digər işlərdən fərqli xüsusiyyəti tədqiqat obyektini kimi duza davamlılığı ilə fərqlənən 2 müxtəlif bitkinin seçilməsi və onların şüalanmış toxumlarından yetişən cücərtilərinin duz stresinə reaksiyasının müqayisəli

öyrənilməsidir. Tədqiqat işimizin bir məqsədi isə 2 fərqli bitkinin duza tolerantlığında toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin roluna aydınlıq gətirməkdir.

Aydın olmuşdur ki, ionlaşdırıcı şüalanma dozasının 1 Qr –dən 5 Qr -ə qədər artması noxud bitkisinin boyatma və inkişafına stimullaşdırıcı, 10 Qr –dən 50 Qr -ə qədər artması isə, əksinə, inhibirləşdirici (ləngidici) təsir göstərir. Toxumların 100 Qr –dən yüksək dozalarda şüalandırılması halında ionlaşdırıcı şüalanma noxud cücartilərinin inkişafının qarşısını tamamilə alır.

Duz stresinin noxud cücartilərinin inkişafına təsiri daha “dramatik” olur. Belə ki, hətta 1 mM konsentrasiyalı NaCl belə bu bitkinin inkişafına ləngidici təsir göstərir. Duzun konsentrasiyasının artması isə bu təsiri daha da gücləndirir və 50 mM –dan yüksək duz konsentrasiyalarında bitkinin inkişafı tamamilə dayanır.

İkili stress şəraitinə (şüalanmış toxumların duz mühitində yetişdirilməsi) dair aldığımız nəticələr kifayət qədər maraq kəsb edir. Belə ki, ayrılıqda  $\gamma$ -şüalanma yüksək dozalarda, NaCl isə hətta aşağı konsentrasiyalarda noxud bitkisinin inkişafına mane olduğu halda, yüksək dozalarda şüalanmış toxumların yuxarı konsentrasiyalı duz mühitində yetişməsi halında (ikili stress şəraitində) bitki normal inkişaf edə bilər. Daha dəqiq desək, (5 – 100) Qr dozalarda şüalanmış toxumlardan yetişən cücartilər hətta yüksək (50, 100 mM) duz konsentrasiyalı NaCl məhlulunda belə normal inkişaf edə bilər. Hesab edirik ki, bunun səbəbi ionlaşdırıcı şüalanmanın duz stresinin neqativ təsirini müəyyən dərəcədə zəiflətməsidir. Belə ki toxumların udduğu ionlaşdırıcı şüalanma enerjisi requlyator sistemlərinin işini stimullaşdırır, nəticədə metabolik proseslər və bitkilərin boyatma və inkişafı sürətlənir.

Aldığımız bu nəticələr bəzi işlərdə [25, c.37, s.987; 223, c.22, s.498; 232, c.6, s.5] müəyyənləşdirilmiş “kross-adaptasiya” hadisəsi ilə (bitkilərin hər hansı bir ətraf mühit amilinin təsirinə adaptasiya etməsi onların digər amillərin təsirinə müqavimətini artırır) müəyyən qədər uyğunluq təşkil edir.

Qarğıdalı bitkisinin biometrik göstəricilərinin şüalanma dozasından asılılığı, az da olsa, noxudun göstəricilərindən fərqlənir. Belə ki, bu bitki misalında da 1 və 5 Qr -ə bərabər şüalanma dozaları bitkinin inkişafına stimullaşdırıcı təsir göstərməsinə baxmayaraq, ləngidici təsir 10 Qr –dən başlamış 300 Qr -ə qədər davam edir, yəni bitki

yüksək şüalanma dozalarında belə, ləng də olsa, inkişaf edə bilirdi. Noxud üçün isə 100 Qr –dən yüksək dozalarda bitkinin inkişafı tamamilə dayanırdı.

Bu nəticələr qarğıdalı toxumlarının noxudla müqayisədə  $\gamma$ -şüalanmanın təsirinə daha yüksək davamlılıq göstərməsinin sübutu kimi götürülə bilər.

Maraqlıdır ki, qarğıdalı bitkisi noxudla müqayisədə yalnız ionlaşdırıcı şüalanmanın deyil, həm də duz stresinin təsirinə yüksək davamlılıq nümayiş etdirir. Belə ki, NaCl –un konsentrasiyasının artması, noxud bitkisində olduğu kimi, bu bitkinin də boyatma və inkişafına ləngidici təsir göstərməsinə baxmayaraq, noxuddan fərqli olaraq, qarğıdalı yüksək duz konsentrasiyalarında da (50 – 200 mM), zəif də olsa, inkişaf edə bilər. Yada salmaq ki, noxud 50 mM –dan yüksək duz konsentrasiyalarında, ümumiyyətlə, inkişaf etmirdi. Bu nəticələr “qarğıdalı bitkisi ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirinə yüksək rezistentlik göstərə bildiyi kimi, duz stresinin təsirinə də yüksək davamlılıq göstərə bilər” fikrini söyləməyə əsas verir.

Aldığımız nəticələrdən həmçinin də aydın olur ki, radioaktiv şüalanmanın ayrılıqda yüksək dozalarda, duzun isə ayrılıqda böyük konsentrasiyalarda qarğıdalının inkişafını inhibirləşdirməsinə baxmayaraq, ikili stress şəraitində, daha dəqiq desək, bu bitkinin toxumlarının 50 Qr dozada şüalandırılması hətta böyük duz konsentrasiyalarında belə onun inkişafını stimullaşdırır.

Hesab edirik ki, qarğıdalının, noxuddan fərqli olaraq, radiasiya və duz streslərinin təsirinə yüksək davamlılıq göstərə bilməsinin səbəbi onun antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyətinin xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır. Burada bu bitkinin daxili antioksidant müdafiə potensialından istifadə qabiliyyəti də, böyük ehtimalla, onun stredən mühafizə olunmasında mühüm rol oynayır. Həqiqətən də noxud toxumlarının 5 Qr –dən 200 Qr -ə qədər dozada şüalandırılmasının antioksidant prolinin miqdarının əhəmiyyətli dərəcədə (məsələn, 200 Qr şüalanma dozasında kontrolla müqayisədə ~ 2 dəfə) artmasını göstərdi. Zəif duz stressi şəraiti noxudda prolinin miqdarını dəyişdirə bilməsə də, yüksək duz konsentrasiyalarında duz stresinin güclənməsi bu antioksidantın miqdarının artması ilə müşayiət olunur.

Qarğıdalı toxumlarının  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi şüalanma dozasının 1 Qr –dən 10 Qr -ə qədər artması halında prolinin miqdarını, demək olar ki, dəyişdirmir. Şüalanma

dozasının (10 – 100) Qr intervalda artması isə prolinin miqdarının tədricən kiçik miqyaslı artması ilə müşayiət edilir. Duz stresi şəraitində isə qarğıdalıda prolinin miqdarında duz konsentrasiyasından aydın və daha irimiqyaslı asılılıq mövcud olur. Belə çıxır ki, prolin toplanmasına duz stresindən mühafizə mexanizmlərindən biri kimi baxmaq olar.

Hesab etmək olar ki, prolin, qeyri fermentativ antioksidant olaraq, kiçik şüalanma dozalarında hüceyrələrin oksigenin fəal formalarından mühafizə olunmasında əsas rolə malik olmur, böyük şüalanma dozalarında isə antioksidant müdafiənin bir hissəsi prolinin üzərinə düşür. Duz stresi şəraitində radiasiya stresindən fərqli olaraq, antioksidant prolinin fəaliyyətinə daha çox ehtiyac olur. Başqa sözlə desək, duz və radiasiya stresləri bu bitkinin boyatma və inkişafına fərqli mexanizmlər üzrə təsir göstərir.

Antioksidant müdafiə sisteminin karotinoidlər, antosianlar və flavonoidlər kimi digər kiçik molekullu antioksidantlarının radiasiya və duz streslərində fəaliyyətinə dair aldığımız nəticələr də bəzi suallara cavab tapmağa imkan verdi. Aldığımız nəticələrdən aydın olur ki, həm radiasiya, həm də duz stresi antosianların, flavonoidlərin və karotinoidlərin miqdarına oxşar formada təsir göstərir. Belə ki, hər iki stress təsiri şəraitində antosianların və flavonoidlərin miqdarında azalma, karotinoidlərin miqdarında isə artma tendensiyası müşahidə edilir. Fərq ondan ibarətdir ki, radiasiya stresi şəraitində antosianların və flavonoidlərin miqdarında baş verən azalma kiçik miqyaslı, duz stresi şəraitində isə irimiqyaslı olur. Radioaktiv şüalanma böyük dozalarda, duz stresi isə hətta kiçik konsentrasiyalarda belə karotinoidlərin miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Başqa sözlə desək, antosianların və flavonoidlərin miqdarının azalmasının, karotinoidlərin miqdarının artması fonunda baş verdiyini göstərir. Deməli, stress şəraitlərində kiçik molekullu antioksidantlar, müəyyən mənada, əlaqəli, uzlaşmış fəaliyyət göstərir.

Böyük molekullu antioksidantların radiasiya və duz stresləri şəraitlərində fəaliyyətlərinə dair aldığımız nəticələr xüsusi maraq doğurur. İstifadə etdiyimiz bütün duz konsentrasiyalarında şüalanma dozasının 5 Qr -ə qədər artması noxud bitkisinde antioksidant müdafiənin əsas fermentlərindən olan SOD –un aktivliyinin azalması,

şüalanma dozasının 5 Qr –dən böyük qiymətlərində isə, əksinə, artması ilə müşayiət olunur. Bu zaman şüalanma dozasının 5 Qr –dən yüksək qiymətlərində aşağı duz konsentrasiyalarında ferment aktivliyində artım kiçik miqyaslı, yüksək duz konsentrasiyalarında isə iri miqyaslı olur. Deməli, toxumların səpindən əvvəli 5 Qr –dən yüksək dozalarda radioaktiv şüalarla işlənməsi SOD –un aktivliyinin artması hesabına hətta yüksək duz stressi şəraitində (100 mM konsentrasiyalı duz mühitində) belə duzun yaratdığı zədələyici effekti zəiflədə bilər.

Qeyd edək ki, oxşar nəticələr digər tədqiqatçılar tərəfindən də alınmışdır. Məsələn, Vanq və s. [222, c.40, s.174] arpa toxumlarına əvvəlcədən 50 Qr dozada  $\gamma$ -şüalarla təsir etməklə, duzun yaratdığı oksidləşdirici stressi zəiflətməyə nail olmuş və bununla da bu bitkinin NaCl stressi şəraitində inkişafını təmin edə bilmişlər.

Digər bir işdə isə göyərçin noxudu (*Cajanus cajan* L.) toxumlarına  $\gamma$ -şüalarla təsir etməklə, bu bitkinin duz stressinə davamlılığını artırmağa çalışmışlar. Aydın olmuşdur ki, həqiqətən də toxumların kiçik dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi bu bitkinin duz stressinə davamlılığını artırır [142, c.308, s.965].

Dekorativ *Şirin osmantus* (*Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour.) bitkisinin yüksək duzluluğa davamlılığını artırmaq məqsədi ilə də bu yeni yanaşma üsulundan, yəni toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi üsulundan istifadə edilmişdir [96, c.10, s.3].

Göründüyü kimi, bizim aldığımız nəticələr sadalanan tədqiqat işlərinin nəticələri ilə üst-üstə düşür. Bizim apardığımız tədqiqat işinin maraqlı xüsusiyyəti toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsinin duz stressinin təsirini azalda bilməsi və bunun da səbəbinin antioksidant sistemin fəallaşmasının olmasıdır.

Qeyd edək ki, bitkilərin stress amillərinin təsirinə davamlılığının artırılması məqsədi ilə  $\gamma$ -şüalanmadan istifadə olunması və bu prosesin molekulyar mexanizminin öyrənilməsinə son illər böyük önəm verilir [67, c.96, s.257]. Belə ki, bu istiqamətdə aparılan işlər proseslərə məqsədyönlü müdaxilə imkanlarını açır. Bu səbəbdən də aldığımız nəticələr bu istiqamətdə aparılan işlər üçün faydalı ola bilər.

Noxud bitkisinde KAT –ın aktivliyinin stress şəraitlərində dəyişmə dinamikası da özünəməxsusluğu ilə seçilir. Aşağı doza oblastında (1 – 10 Qr) şüalanma dozasının artması KAT aktivliyinin artmasına, şüalanma dozasının (10 -100) Qr doza oblastında

sonrakı artımı ferment aktivliyinin azalmasına, şüalanma dozasının (100 – 300) Qr doza oblastında artması isə KAT aktivliyinin, təcrübələrin xətası daxilində sabit qalmasına səbəb olur.

Qeyd edək ki, SOD fermenti də toxumların şüalanma dozasından asılı oxşar formada dəyişmə dinamikası nümayiş etdirirdi. Bu iki antioksidant fermentin şüalanma dozasından asılı oxşar aktivlik nümayiş etdirməsinin səbəbi odur ki, toxumların aşağı dozalarda  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi, başqa sözlə, bu doza oblastında radiasiya stresinin yaranması aktiv şəkildə sərbəst radikalların, o cümlədən də superoksid radikalların yaranması ilə müşayiət olunur. Antioksidant müdafiənin ön cəbhəsini təşkil edən SOD –un aktivliyinin artması, bu baxımdan tamamilə yolveriləndir. Belə olan halda dismutasiya reaksiyaları nəticəsində yaranan hidrogen peroksidinin zərərsizləşdirilməsinə zərurət yaranmalı və katalaza fermenti fəallaşmalı, yəni onun aktivliyi artmalıdır.

Hesab edirik ki, noxud cücərtilərində stress şəraitlərdə boyatma və inkişafı antioksidant müdafiə sisteminin balanslaşmış fəaliyyəti hesabına baş verir. Bu zaman antioksidant fermentlərin fəaliyyəti əlaqəli və koordinasiya olunmuş halda həyata keçirilir. Yüksək şüalanma dozalarında isə radiasiya stressi superoksid anion radikalların deyil, oksigenin digər aktiv formalarının və sərbəst radikalların yaranmasına səbəb olur. Belə olan halda SOD –un, həm də KAT-ın fəaliyyətinə tələbat olmur və onlar yüksək aktivlik nümayiş etdirmir.

Aldığımız nəticələr noxud bitkisinde APO fermentinin aktivliyinin şüalanma dozasından irimiqyaslı asılılığının olmadığını göstərir. Ferment aktivliyinə aşağı şüalanma dozalarında cüzi artma, yuxarı şüalanma dozalarında isə cüzi azalma tendensiyası xasdır. Nəticələrdən diqqəti cəlb edən qarğıdalı bitkisinin kontrol nümunəsinin belə noxudla müqayisədə kiçik SOD aktivliyinə malik olmasıdır. Bunun səbəbi, böyük ehtimalla, qarğıdalı bitkisinin digər antioksidantlarla zəngin olmasıdır. Hesab edirik ki, məhz buna görə də stress şəraitində digər antioksidantlar fəallaşdığından SOD –un fəaliyyətinə ehtiyac qalmır və onun aktivliyi kiçik olur.

Şüalanma dozasının aşağı doza oblastında (1 – 5 Qr doza oblastında) artması SOD –un aktivliyinə təsir etmir, yuxarı doza oblastında isə şüalanma dozasının artması bu fermentin aktivliyinin müntəzəm olaraq azalmasına səbəb olur.

Qarğıdalı bitkisinde SOD –un kiçik aktivliyi fonunda KAT –ın aktivliyinin artmasını bu fermentə tələbatın yaranması kimi, başqa sözlə, hidrogen peroksidinin intensiv əmələ gəlməsi kimi başa düşmək olar. Nəticələrdən aydın olur ki, hidrogen peroksidi dismutasiya reaksiyalarının məhsulu kimi deyil, oksigenin fəal forması kimi sərbəst halda yaranır. Bu səbəbdən də onların detoksikasiyası üçün yalnız KAT –a tələbat yaranır.

$H_2O_2$  –nin çox da böyük olmayan konsentrasiyalarda yaranması (aşağı duz konsentrasiyaları və yuxarı şüalanma dozaları şəraitində) halında KAT –ın kiçik aktivlik nümayiş etdirməsinin səbəbi isə, hesab edirik ki, oksigenin bu fəal formasının ayrı-ayrı hüceyrə kompartimentlərində kiçik konsentrasiyalarda yaranmasıdır.  $H_2O_2$  –nin kiçik konsentrasiyalarında katalazın onlara “hərislik” göstərə bilməməsi və antioksidant sistemin  $H_2O_2$  –ni zərərsizləşdirən digər fermentinə (APO –ya) ehtiyacın yaranması, aydındır ki, KAT –ın aktivliyinin azalmasına, APO –nun isə aktivləşməsinə səbəb olmalıdır. Aldığımız nəticələr bu hipotezin doğruluğunu təsdiq edir.

Yüksək duz konsentrasiyalarında bütün şüalanma dozalarında APO –nun kiçik (kontrol nümunədəki aktivliyə bərabər), KAT –ın isə böyük aktivlik nümayiş etdirməsinin səbəbi isə belə şəraitlərdə  $H_2O_2$  –nin böyük konsentrasiyalarda yaranmasıdır. Bu səbəbdən də KAT təkbaşına  $H_2O_2$  –nin zərərsizləşdirilməsinin öhdəsindən gələ bilir və APO –ya ehtiyac qalmır.

Qeyd edək ki, bu nəticələr antioksidant sisteminin fəaliyyət mexanizminin öyrənilməsi baxımından əhəmiyyət kəsb edən nəticələrdir. Bu nəticələrə əsasən abiotik stress amillərinin təsirinə davamlılığından asılı olaraq, bitkilərin kiçik dozalı ionlaşdırıcı qamma şüaların təsirinə cavab reaksiyasının onlarda müxtəlif formada morfoloji, fizioloji və biokimyəvi dəyişmələr yarada bilməsi fikrini söyləmək mümkündür. Dəyişmələr özünü membran lipidlərinin peroksid oksidləşməsində (MDA –nın və  $H_2O_2$  –nin toplanmasında), sərbəst radikalların yaranmasında və antioksidant müdafiə sisteminin fəallaşmasında (antioksidant fermentlərin

aktivliklərinin, prolin kimi qeyri-fermentativ antioksidantların isə miqdarının artmasında) göstərir.

Müzakirələrə yekun vuraraq, qeyd etmək olar ki, qamma şüalanmanın stimullaşdırıcı effektinin və bu şüalanmanın bitkilərin stress amillərə davamlılığına təsirinin müxtəlif bitkilər üçün müxtəlif formada təzahür etməsi, bu effektin şüalanma dozasından başqa, bitkinin yetişmə şəraitindən, onun radioaktiv şüalanmaya həssaslığından, eyni bitkinin genotipindən və populyasiyasından, stress amilin növündən, onun şiddətindən və təsir müddətindən asılı olması stimullaşmaya dair ümumiləşdirici fikir söyləməyə imkan vermir. Başqa sözlə desək, toxumların inkişafını stimullaşdırmaq, bitkilərin biotik və abiotik streslərə davamlılığını artırmaq üçün qamma şüaların enerjisindən istifadə etmək yalnız xüsusi hallarda arzuolunan nəticələrə səbəb olur. Bu səbəbdən də qamma şüalanmanın bitki metabolizminin vacib aspektlərinə mümkün təsirinin hələ də dəqiqliyi ilə qiymətləndirilməməsi haqlı olaraq kənd təsərrüfatında çalışan mütəxəssisləri narahat edir.

## NƏTİCƏLƏR

1. Toxumların  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi həm noxud, həm də qarğıdalının əsas biometrik göstəricilərinin nəzarət bitki ilə müqayisədə kiçik doza oblastında artmasına (~1.5 dəfə), yüksək doza oblastında isə, əksinə, azalmasına (~6 dəfə), səbəb olur. Duz stresinin şiddətlənməsi cücərtilərin boyu, yarpaqların sayı və sahəsi, zoğların sayı və zoğlararası məsafə, əsas kökün uzunluğu kimi boyatma və inkişaf parametrlərində qarğıdalı üçün kiçikmiqyaslı, noxud üçün isə irimiqyaslı dəyişmələr yaradır.

2. Noxudla müqayisədə qarğıdalı bitkisi ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirinə daha yüksək rezistentlik, duz stresinin təsirinə isə daha yüksək davamlılıq göstərir.

3. Qamma şüalanmanın ayrılıqda yüksək dozalarda, NaCl -un isə ayrılıqda yüksək konsentrasiyalarda noxud və qarğıdalı bitkilərinin boyatma və inkişafına inhibirləşdirici təsir göstərməsinə baxmayaraq, toxumların səpindən əvvəl  $\gamma$ -şüalarla işlənməsi hətta yüksək konsentrasiyalarda belə bu bitkilərin duz stresi şəraitində normal inkişafını təmin edir.

4. Hər iki bitkidə  $\gamma$ -şüalanma dozasının və duz konsentrasiyasının artması MDA -nın miqdarının artmasına səbəb olur. Radiasiya stresi halında bu kiçikmiqyaslı, duz stresi halında isə irimiqyaslı olur. Bu nəticələr “ $\gamma$ -şüalanma hüceyrə membranlarında kiçik, duz stresi isə böyük dağıntılar yaradır” fikrini söyləməyə əsas verir.

5. İonlaşdırıcı şüalanma kiçik doza oblastında xlorofil sintezinə stimullaşdırıcı, böyük doza oblastında isə ləngidici təsir göstərdiyi halda, duz stresi bütün konsentrasiyalarda yaşıl piqmentlərin sintezinə inhibirləşdirici təsir göstərir.

6. Yüksək doza və yüksək duzluluq şəraitlərində prolin və karotinoidlər antioksidant olaraq birlikdə fəaliyyət göstərdiyi halda, zəif stress şəraitlərində karotinoidlərə tələbat olmur və prolin sərbəst radikalların zərərsizləşdirilməsinin öhdəsindən təkbaşına gələ bilər.

7. SOD və KAT -ın oxşar və yüksək aktivlik nümayiş etdirməsinin səbəbi SOD-un radiasiya və duz streslərində yaranan superoksid radikalları dismutasiya etməsi, bu reaksiya nəticəsində yaranan  $H_2O_2$ -nin isə KAT tərəfindən detoksikasiya edilməsidir. SOD -un kiçik aktivliyi fonunda KAT-ın aktivliyinin artması isə  $H_2O_2$ -nin dismutasiya reaksiyalarının məhsulu kimi deyil, sərbəst yaranması kimi başa düşülməlidir. Hesab

edirik ki, bu zaman  $H_2O_2$ -nin kiçik konsentrasiyalarda yaranması KAT-ın zəif aktivliyi fonunda APO-nun aktivliyini artırmalıdır.

## ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Əzizov, Q.Z. Azərbaycanın şoranlaşmış torpaqlarının duzluluq dərəcəsi və tipinə görə təsnifatı / Q.Z. Əzizov. -Bakı: -2002. -29 s.
2. Məmmədov, Q.Ş. Torpaqşünaslıq və torpaq coğrafiyasının əsasları / Q.Ş.Məmmədov. -Bakı: Elm, -2007. -664 s.
3. Orucova, C.R., Vəlicanova, M.Z., Cəfərov, E.S. Toxumları qamma şüalarla işlənmiş qarğıdalı və noxud bitkilərinin antioksidant fermentlərinin fəaliyyətinin müqayisəli öyrənilməsi // Journal of Radiation Researches, - 2018, 5 (2), - p. 470 - 476.
4. Аббасзаде, Г.З., Велиджанова, М.З., Джафаров, Э.С. Динамика изменения содержания малондиальдегида в листьях кукурузы (*Zea Mays L.*) в условиях отдельного и совместного воздействия радиационного и солевого стресса // Матер. XXXIII Межд. Конф. «Актуальные пробл. в соврем. науке и пути их решения», - Москва: - 2016, №2, - ч. 2, - с. 12-15.
5. Антонов, М., Минтева, Д., Диноева, С. Влияние комбинированного гамма-облучения и лучей лазера на семена кукурузы // Почвоведение, агрохимия и экология, - 2002. 37 (1-3), - с. 94-96.
6. Бараненко, В.В., Супероксиддисмутаза в клетках растений // Цитология, - 2006. 48 (6), - с. 465-474.
7. Битаршвили, С.В., Волкова, П.Ю., Гераськин, С.А. Изменение фитогормонального баланса проростков ячменя после гамма-облучения семян стимулирующими дозами // Сб. докладов молодежной конф. «Взгляд молодых ученых на современные проблемы развития радиобиологии, радиоэкологии и радиационных технологий», - Обнинск: - 7–8 сентября, -2016, - с. 9-12.
8. Бухарина, И.Л. Биохимия растений. Учебно-методическое пособие / И.Л. Бухарина, О.В. Любимова. – Ижевск: - 2009. - 51 стр.
9. Велиджанова М.З., Агаева А.В., Джафаров Э.С. Влияние солевого стресса на ферментные компоненты антиоксидантной системы защиты кукурузы, семена которой подверглись предпосевному гамма- облучению при

разных дозах // Межд. научный форум «Ядерная наука и технологии», посвященный 60-летию Института Ядерной Физики, - Алматы: - 2017, - с. 289.

10. Велиджанова М.З., Оруджева Дж. Р., Годжаева Г.А., Джафаров Э.С. Содержание пролина в *Cicer arietinum* L., произрастающей в условиях радиационного и солевого стресса // Межд. научно-практич. конф. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019», - Севастополь: - 23 – 26 сентября, - 2019, - с. 370-373.

11. Велиджанова М.З., Оруджева Дж.Р., Джафаров Э.С. Влияние солевого стресса на содержание малондиальдегида в листьях нута (*Cicer arietinum* L.), семена которого перед посевом подверглись  $\gamma$  - облучению при разных дозах// Матер. Межд. Научно-практической конф. «Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы», - Обнинск: - 2018, - с. 65-68.

12. Велиджанова М.З., Оруджева Дж.Р., Э.С.Джафаров. Влияние предпосевного  $\gamma$  - облучения семян на содержание общего белка в *cicer arietinum* L., произрастающей в условиях солевого стресса // II международный научный форум «ядерная наука и технологии» Международная конференция «Ядерные и радиационные технологии в медицине, промышленности и сельском хозяйстве», - Алматы, Республика Казахстан: - 24-27 июня, - 2019, - с. 227-228.

13. Гарифзянов, А.Р. Жуков Н.Н., Иванищев В.В. Образование и физиологические реакции активных форм кислорода в клетках // Журнал «Современные проблемы науки и образования», - 2011. №2, - с.1-21.

14. Гродзинский, Д.М. Антропогенная радионуклидная аномалия и растения / Д.М.Гродзинский, К.Д.Коломиец, Ю.А.Кутлахмедов Д.М.Гродзинский (ред.), - Киев: Лыбидь, - 1991. - 160 с.

15. Джафаров Э.С., Велиджанова М.З., Аббасзаде Г.З. Биометрические показатели и активность супероксиддисмутазы в условиях солевого стресса для *Pisum* L., семена которого перед посевом подверглись гамма-облучению // Сборник статей XVIII Межд. Конф. «Актуальные проблемы науки XXI века», - Москва: - 2017, - с. 5-9.

16. Джафаров, Э.С., Велиджанова, М.З., Агаева, А.В. Адаптационная особенность к солевому стрессу некоторых сельскохозяйственных растений, семена которых перед посевом подверглись гамма облучения в разных дозах // Сб. статей Межд. Конф. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017», - Севастополь: - 2017, - с. 377-380.

17. Джафаров Э.С., Велиджанова М.З., Оруджева Дж. Р. Влияние предпосевного облучения семян на солеустойчивость нута бараньего // Вестник Украинского Общества генетиков и селекционеров, - 2018. 16 (2), - с. 150-158.

18. Иванов, Ю.В., Карташов, А.В., Савочкин, Ю.В. Устойчивость всходов *Pinus silvestris* и *Picea abies* к солевому стрессу // Лесной вестник, - 2010. №3, - с. 119-122.

19. Карташов, А.В. Роль антиоксидантных систем при адаптации дикорастущих видов растений к солевому стрессу / А.В. Карташов, Н.Л. Радюкина, Ю.В. Иванов, П.П. Пашковский, Н.И. Шевякова, Кузнецов Вл.В. // Физиология растений, - 2008. 55, - с. 516-522;

20. Кожокару А.Ф., Ревин А.Ф. Изучение механизма действия  $\gamma$ -облучения на биосинтез индольных производных и их роли в образовании энергии в проростках растений // Современные проблемы науки и образования, – 2010. № 4, - с. 8-18.

21. Колупаев Ю.Е. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров / Ю.Е. Колупаев, Ю.В. Карпец - Киев: Основа, - 2010. - 351 с.

22. Косаковская, И.В. Физиолого-биохимические основы адаптации растений к стрессам / И.В. Косаковская, - Киев: Сталь, - 2003. - 191 с.

23. Косаковская И.В., Гудкова Н.В. Влияние ионизирующего облучения на жизнедеятельность растений // Укр. ботан. журн, - 2002. 59 (3) - с 246-250.

24. Кузин А.М. Структурно-метаболическая теория в радиобиологии / А.М. Кузин, - Москва: Наука, - 1986. - 284 с.

25. Кузнецов Вл.В. Общие системы устойчивости хлопчатника к засолению и высокой температуре / Вл.В.Кузнецов, Б.Т.Хыдыров, Б.В.Рощупкин, Н.Н. Борисова // Физиология растений, - 1990. 37, - с. 987-996.

26. Куликов Н.В., Альшиц Л.К., Позолотин А.А. Исследование радиорезистентности некоторых растений // Радиобиология, - 1991. 31 (4), - с. 441-446.

27. Левин В.И. Агрэкологические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур гамма лучами (под ред. Н.П.Кузнецов) / В.И. Левин. - Москва: ВНИИ «Агрэкоинформ», - 2000 (1). - 221 с.

28. Левин В.И. Агрэкологические эффекты воздействия на семена растений электромагнитных полей различной модальности: / автореф. дисс. докт. биол. наук / – Москва, 2000 (2). - 36 с.

29. Ломбоева С.С., Танхаева Л.М., Оленников Д.Н. Метод количественного определения общего содержания флавоноидов в наземной части *Orthilia Secunda* L. // Журнал Химия растительного сырья, - 2008. 2, - р. 65-68.

30. Маргулис М.А., Маргулис И.М. О механизме биологического действия ионизирующей радиации // Журнал физической химии, - 2005, 79(6), - с.1142-1151.

31. Махдавиани К., Горбанли М., Калантари Х. М. Влияние салициловой кислоты на формирование окислительного стресса, индуцированного УФ - светом в листьях перца // Физиология растений, - 2008. 55, - с. 620-624.

32. Мокроносов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза / А.Т. Мокроносов. – Москва: Наука, - 1981. - 196 с.

33. Назиров Н.Н. Действие ионизирующей радиации на интенсивность фотосинтеза и дыхание у различных по скороспелости сортов хлопчатника // Физиология растений, - 1964. -1 (2), - с. 328.

34. Обозный А.И. Динамика активности антиоксидантных ферментов при кросс-адаптации проростков пшеницы к гипертермии и осмотическому шоку/ А.И.Обозный, Ю.Е.Колупаев, Н.В. Швиденко, А.А. Вайнер // Весн. Харьковського Нац. Аграрного Інст. Сер. Біол., - 2012. 26 (2), - с.71-84.

35. Полесская О.Г. Расстительная клетка и активные формы кислорода / О.Г.Полесская. – Москва: КДУ, - 2007.
36. Радиобиология / А.А. Белов, В.А Киршин, Н.П. Лысенко, В.В. Пак, Л.В. Рогожина. – Москва: Колос, - 1999. - 384 с.
37. Радюкина Н.Л., Экзогенный пролин модифицирует дифференциальную эксперссию генов супероксиддисмутазы в растениях шалфея / Н.Л.Радюкина, А.В.Шашукова, С.С.Макарова, Вл.В.Кузнецов // Физиология растений, - 2011. 58 (1), с. 49-57.
38. Рогожин В.В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов / В.В.Рогожин. СПб: ГИОРД . -2004. -с 240.
39. Сааков В.С. Особенности действия  $\gamma$  - излучения на тонкую структуру фотосинтетического аппарата: оценка характера нарушений *in vivo* с помощью производных спектров высоких порядков // - ДАН (Россия), - 2002. 387 (2), - с. 265-271.
40. Тойма В.И.М. Действие UV-B облучения на антиоксидантную систему лекарственных растений: / авт. дисс. ...канд. биол. наук / - Москва, 2010. - 22с.
41. Цыцугина В.Г., Флору Х., Поликарпов Г.Г. Мультиаберрантные клетки и пикноз ядер у гидробионтов из района с повышенным содержанием радионуклидов // Морской экологический журнал, - 2005, 4(1), - с. 84-90.
42. Чупахина Г.Н. Абиотические факторы, определяющие пул антиоксидантов растений // Вестник Российского гос. университета им. И. Канта. Сер. Естественные науки, - 2009, вып.7. - с. 55-63.
43. Чурюкин, Р.С., Гераськин, С.А. Влияние облучения ( $^{60}\text{Co}$ ) семян ячменя на развитие растений на ранних этапах онтогенеза // Радиация и риск, - 2013. 22 (3), - с.80-92.
44. Abbas, M.K. Salt tolerance study of six cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) during germination and early seedling growth / M.K.Abbas, A.S.Ali, H.H.Hasan, R.H.Ghal // Journal of Agricultural Science, - 2013. 5 (1). - p. 250.
45. Abbasi, G. H. Profiling of Anti-Oxidative Enzymes and Lipid Peroxidation in Leaves of Salt Tolerant and Salt Sensitive Maize Hybrids under NaCl and Cd Stress

/ G.H. Abbasi, M. Ijaz, J. Akhtar, M. Anwar-Ul-Haq, M. Jamil, S. Ali, R. Ahmad, H. N. Kha // Sains Malaysiana. - 2016. 45 (2), - p. 177-184.

46. Abdallah, M.M.S., Abdelgawad, Z.A., El-Bassiouny, H.M.S. Alleviation of the adverse effects of salinity stress using trehalose in two rice varieties // South African Journal of Botany, - 2016. 103. – p. 275-282.

47. Abiotic stress in plants-mechanisms and adaptations: Carillo P., Annunziata M.G., Pontecorvo G., Fuggi A., Woodrow P. Salinity stress and salt tolerance: In: Shanker A (ed.), Croatia: InTech; - 2011, - p. 2-35.

48. Abo – Hamad, S. A. E., Elhaak, M. A. E. A. and Saad-Allah, K. M. G. Effect of gamma irradiation or potassium on oxidative stress and antioxidant system of cadmium stressed *Brassica rapa* (L.) plant / Iranian Journal of Plant Physiology, - 2012. 2 (3), - p. 435-443.

49. Abo – Hamad, S. A. E., Saad-Allah, K. M. G., Abo-Kassem, E.E.M. Effect of Gamma Irradiation or Potassium on Some Primary and Secondary Metabolites of *Brassica rapa* (L.) Root Under Cadmium Stress / Inter. Research Journal of Agricultural Science and Soil Science // - 2013. 3 (12), - p. 408-415.

50. Afify, A.M.R. Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation as biomarker compounds for potato tuber stored by gamma radiation. A.M.R.Afify, H. E.S.El-Beltagi, A.A.Aly, A.E.El-Ansary // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, - 2012. - p. 1548-1555.

51. Ahmad, P., Umar, S. Oxidative stress: role of antioxidants in plant // Studium Press, - New Delhi: - 2011. - p. 56.

52. Akshatha, Chandrashekar, K. R., Somashekarappa, H. M. and Souframanien, J. Effect of gamma irradiation on germination, growth, and biochemical parameters of *Terminalia arjuna* Roxb // Radiation Protection and Environment, -2013, 36(1) - p. 38-44.

53. Al-Enezi, N. A., Al-Khayri, J. M.. Effect of X-irradiation on Proline Accumulation, Growth and Water Content of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Seedlings // Journal of Biological Sciences, - 2012, 12 (3), - p. 146-153.

54. Al-Ouadat, M., Razzouk, A.K., Chang Kum, S. Effect of low doses of gamma radiation on the growth and yield of tomato variety Caramello in green house // AECS Feb 1990–1991. Plant Cultivation Breed., 1994, - p. 19.

55. Al-Rumaih, M.M., Al-Rumaih, M.M. Influence of ionizing radiation on antioxidant enzymes in three species of Trigonella // American Journal of Environmental Sciences, - 2008. 22 (2), p. 151- 156.

56. Aly, A.A. Biosynthesis of phenolic compounds and water soluble vitamins in Culantro (*Eryngium foetidum* L.) plantlets as affected by low doses of gamma irradiation // Analele Universității din Oradea - Fascicula Biologie, - 2010, XVII (2), - p. 356-361.

57. Aly, A.A., El-Beltagi, H.E.S. Influence of ionizing irradiation on the antioxidant enzymes of *Vicia faba* L. Grasas Y Aceites // - 2010. 61 (3), - p. 288-294.

58. Arora, N. Homobrassinolide alleviates oxidative stress in salt-treated maize (*Zea mays* L.) plants / N. Arora, R. Bhardwaj, P. Sharma, H.K. Arora // Brazilian Journal Plant Physiol, - 2008. 20, - p. 153-157.

59. Ashraf, M. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers / Biotechnology Advances, - 2009, 27 (1), - p. 84–93.

60. Ashraf, M. Effect of gamma rays on M1 generation in Basmati rice / M. Ashraf, A.A. Cheema, M. Rashid, Z. Qamar // Pakistan Journal of Botany - 2003, 35 (5), - p. 791-795.

61. Ashraf, M., Bashir, A. Salt stress induced changes in some organic metabolites and ionic relations in nodules and other plant parts of two crop legumes differing in salt tolerance // Flora, - 2003. 198, - p. 486- 498.

62. Ashraf, M., Foolad, M.R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance / Journal Environmental and Experimental Botany, - 2007, 59 (2), - p. 206-216.

63. Ashraf, M., Harris, P.J.C. Photosynthesis under stressful environments: an overview // Photosynthetica 2013. 5, - p. 163-190.

64. Azarin, K.V. Effects of salt stress on ion balance at vegetative stage in rice (*Oryza sativa* L.) / K.V. Azarin, A.V. Alabushev, A.V. Usatov, P.I. Kostylev, N.S.

Kolokolova, O.A. Usatova // Online Journal of Biological Sciences, - 2016. 16, - p. 76-81.

65. Balestrazzi, A. Genotoxic stress and DNA repair in plants: emerging functions and tools for improving crop productivity / A. Balestrazzi, M. Confalonieri, A. Macovei, M. Dona, and D. Carbonera // Plant Cell Reports, - 2011. 30 (3), - p. 287-295.

66. Bates, L. S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water – stress studies // Plant and Soil, - 1973. 39 (1), - p. 205-207.

67. Beyaz, R. Impact of gamma irradiation pretreatment on the growth of common vetch (*Vicia sativa* L.) seedlings grown under salt and drought stress // International Journal of Radiation Biology, - 2019, 96 (2). - p. 257-266.

68. Beyaz, R and Yildiz, M. The use of gamma irradiation in plant mutation breeding // Plant Engineering ed S Jurić (IntechOpen), -2017. – p. 33-46.

69. Beyaz, R. Response of seeds and pollen of *Onobrychis viciifolia* and *Onobrychis oxyodonta* var. *armena* to NaCl stress / R. Beyaz, G. Kaya, S. Cocu and C. Sancak // Sci. Agric, - 2011. 68 (4). - p. 477-481.

70. Beyaz, R. The effect of gamma radiation on seed germination and seedling growth of *Lathyrus chrysanthus* Boiss. under *in vitro* conditions / R. Beyaz, C. T. Kahramanogullari, C. Yildiz, E. S. Darcin, M. Yildiz // Journal of Environmental Radioactivity. - 2016, vol.162-163, - p. 129-133.

71. Blokhina, O., Virolainen E., Fagerstedt K. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress // Ann. Bot., - 2003. 91, - p. 179-194.

72. Borzouei, A. Effects of gamma radiation of germination and physiological aspects of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings // Pakistan Journal of Botany, - 2010. 42 (4), - p. 2281-2290.

73. Borzouei, A. Biochemical response of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to gamma radiation / A.Borzouei, M.Kafi, R.Sayahi, E.Rabiei, P.Sayad Amin // Pak. J. Bot, - 2013. 45 (2), - p. 473- 477.

74. Bose J., Rodrigo-Moreno A., Shabala S. ROS homeostasis in halophytes in the context of salinity stress tolerance // *Journal of Experimental Botany*, - 2014. 65, - p. 1241-1257.
75. Calabrese, E. J. Hormesis: changing view of the dose-response, a personal account of the history and current status // *Mutation Research*, - 2002. 511 (3), - p. 181-189.
76. Caverzan, A. Plant Responses to stresses: role of ascorbate peroxidase in the antioxidant protection / A. Caverzan, G. Passaia, S.B. Rosa, et al. // *Genetics and Molecular Biology*. - 2012. 35 (4), - p. 1011-1019.
77. Chang Kum, S. Present status of radiation utilization in Thailand // *Proceedings of the 21st Japan conference on radiation and radioisotopes, Comar CL, Zscheile FP 1942*. 1994, - p. 596-599.
78. Chauhan, S.V.S., Kumar, R., Kindoshita, T. Protein and malt quality in some gamma rays induced high yielding mutant in barley (*Hordeum vulgare*) // *Wht. Barl. Trit. Abst.*, - 1985, 2, - p. 356.
79. Chaves, M.M., Flexas, J., Pinheiro, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell // *Ann. Bot.* – 2009, 103, - p. 551-560.
80. Chaves, M.M., Oliveira, M.M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture // *Journal of Experimental Botany*, - 2004. 55, - p. 2365-2384.
81. Chusreeaeom, K. and Khamsuk, O. Effects of gamma irradiation on lipid peroxidation, survival and growth of turmeric in vitro culture // *Inter. Nuclear Science and Technology Conf. IOP Conf. Series: J. of Physics: Conf. Series 1285 (2019)*, 012003. - p.1-8.
82. Coksel, H., Celik, S., Tuncher, T. Effects of gamma irradiation on durum wheat quality // *Journal Cereal. Sci.*, - 1996. 73 (4), - p. 506-509.
83. Cramer, G.R., Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective / G.R. Cramer, K. Urano, S. Delort, M. Pezzotti, K. Shinozaki // *BMC Plant Biology*, - 2011. 11, - p. 163.

84. Das, P. Understanding salinity responses and adopting 'omics-based' approaches to generate salinity tolerant cultivars of rice / P.Das, K.K.Nutan, S.N. Singla-Pareek, A.Pareek // *Frontiers in Plant Science*, - 2015. 6 (712), - p. 1-16.

85. Dehpour, A.A. Effect of gamma irradiation and salt stress on germination, callus, protein and proline in rice (*Oryza sativa* L.) / A.A. Dehpour, M. Gholampour, P. Rahdary, M.R.J. Talubaghi, S.M. Hamdi // *Iranian Journal of Plant Physiology*, - 2011. 1 (4), - p. 251-256.

86. Delauney, A.J. and Verma, D.P.S. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants // *Plant Journal*, - 1993. 4, - p. 215-223.

87. De Micco, V. Effects of sparsely and densely ionizing radiation on plants / V. De Micco, C. Arena, D. Pignalosa, M. Durante // *Radiation and Environmental Biophysics*, - 2011. 50(1), - p. 1-19.

88. El-Beltagi, H.S., Ahmed, O.K., El-Desouky, W. Effect of low doses  $\gamma$ -irradiation on oxidative stress and secondary metabolites production of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) callus culture // *Radiat Phys Chem*, (2011b). 80, - p. 968-976.

89. El-Beltagi, H. S. Physiological and Biochemical Effects of  $\gamma$ -Irradiation on Cowpea Plants (*Vigna sinensis*) under Salt Stress / H. S. El-Beltagi, H. I. Mohamed, A. H. M.A. Mohammed, L. M. Zaki, A. M. Mogazy // *Not Bot Horti Agrobo*, - 2013, 41(1), - p. 104-114.

90. El-Gazzar, N. ISSR Markers associated with effects of gamma irradiation on growth and seed yield of M2 plants of faba bean (*Vicia Faba* L.) / N. El-Gazzar, L. Mekki, S. Heneidak and A. Badr // *Arab J. Sci. Res. Publish.*, - 2016. 2 (2), - p. 75-89.

91. El-Sayed, H.H., Abd El-Tawab, F.M., El-Souedy, A., Sharabash, M.T., Asmahan, A.M. Effect of gamma irradiation on growth, yield and chemical constituents for three tomato varieties and their crosses // *In Second Arab conference on the peaceful uses energy*, - Cairo: 5–9 Nov, - 1994, - p. 913-923.

92. Enhancing plant productivity under salt stress: relevance of poly-omics / M. Hasanuzzaman, K. Nahar, M. Fujita, P. Ahmad, R. Chandna, M.N.V. Prasad, M.

Ozturk. In: Ahmad P, Azooz MM, Prasad MNV (ed. s) Salt stress in plants: signaling, omics and adaptations. - New York: Springer, - 2013. - p. 113-156.

93. Esnault, M., Legue, F., Chenal, C. Ionizing radiation: advances in plant response // Environmental and Experimental Botany, - 2010. 68 (3), - p. 231–237.

94. Flexas, J. Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO<sub>2</sub> concentration around leaves / J. Flexas, A. Diaz-Espejo, J. Galme's, R. Kaldenhoff, H. Medrano, M. Ribas-Carbo // Plant, Cell & Environment, - 2007. 30 - p. 1284-1298.

95. Foyer, C.H., Noctor, G. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling // New Phytol, - 2002. 146, - p. 359-388.

96. Geng, X. Pretreatment with High-Dose Gamma Irradiation on Seeds Enhances the Tolerance of Sweet Osmanthus Seedlings to Salinity Stress / X. Geng, Y. Zhang, L. Wang, X. Yang // Forests, - 2019, 10 (406), - p. 1-11.

97. Geras'kin, S., Evseeva, T., Oudalova, A. Effects of long-term chronic exposure to radionuclides in plant populations // Journal Environ Radioact, - 2013. 121, - p. 22-32.

98. Ghosh, N. Variations of antioxidative responses in two rice cultivars with polyamine treatment under salinity stress / N. Ghosh, S.P. Das, C. Mandal, S. Gupta, K. Das, N.Dey, M.K. Adak // Physiology and Molecular Biology of Plants, - 2012, 18, - p. 301-313.

99. Giannopolites, C.N., Ries, S.K. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants // Plant Physiol., 1997, 59 (2), - p. 309-315.

100. Gill, S.S., Tuteja, N. Polyamines and abiotic stress tolerance in plants / Plant Signaling & Behavior, - 2010. 51, - p. 26-33.

101. Gill, S.S., Tuteja, N.. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants / Plant Physiology and Biochemistry, - 2010, 48. - p. 909-930.

102. Gressel, J. Commentary: Hormesis can be used in enhancing plant productivity and health; but not as previously envisaged / Plant Science, - 2013. 213, - p.123-127.

103. Ha, H.L. The natural polyamine spermine functions as a free radical scavenger / H.L. Ha, N.S. Sirisoma, P. Kuppusamy, et al. // Proc. of the National Academy of Sciences USA, - 1998. 95, - p. 11140-11145.

104. Hanafy Ahmed, A. H. Effect of Gamma Rays and Salinity on Growth and Chemical Composition of *Ambrosia maritima* L. Plants / A. H. Hanafy Ahmed, A. R. M. Ghalab, O. S. Hussein and A. M. El-Hefny // Journal of Radiation Research and Applied Sciences, - 2011. 4 (4)(A), - p. 1139 - 1162

105. Hanafy, R.S., Akladios, S. A.. Physiological and molecular studies on the effect of gamma radiation in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) plants / Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, - 2018. 16, - p. 683–692.

106. Hare, P. D., Cress, W. A. and Van Staden, J. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress in plants / Plant Cell Environ, -1998. 21 (6), - p. 535 - 553.

107. Haris, A., Jusoff, K. Gamma Ray Radiation Mutant Rice on Local aged Dwarf Middle East / Journal of Sci. Res, - 2013. 15 (8). - p. 1160-1164.

108. Hasanuzzaman, M. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties / M. Hasanuzzaman, M.M. Alam, A. Rahman, Md. Hasanuzzaman, K. Nahar, M. // Fujita BioMed Research International, - 2014. 2014, - p. 1-17.

109. Hasanuzzaman, M. Extreme temperatures, oxidative stress and antioxidant defense in plants / M. Hasanuzzaman, K. Nahar, M. Fujita. In: Vahdati K., Leslie C. (ed.s). Abiotic stress—plant responses and applications in agriculture. - Rijeka: InTech, - 2013. - p. 169-205.

110. Hasanuzzaman, M. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages / M. Hasanuzzaman, K. Nahar, M. Fujita. In: Ahmad P, Azooz MM, Prasad MNV (eds) Ecophysiology and responses of plants under salt stress. - New York: Springer, - 2013. - p. 25-87.

111. Helaly, M.N.M. and A.M.R. Hanan El-Hosieny. Effectiveness of Gamma Irradiated Protoplasts on Improving Salt Tolerance of Lemon (*Citrus limon* L. Burm.f.) // American Journal of Plant Physiology, - 2011. 6 (4), - p. 190-208.
112. Hernandez, J.A. Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to longterm salt stress is associated with induction of antioxidant defences / J.A. Hernandez, A. Jimenez, P. Mullineaux, F. Sevilla // Plant Cell and Environment, - 2000. 23 (8), - p. 853-862.
113. Hernandez, J.A., Almansa M.S. Short-term effects of salt stress on antioxidant systems and leaf water relations of pea leaves // Physiol Plant, - 2002. 115, - p. 251-257.
114. Horie, T., Karahara, I., Katsuhara, M. Salinity tolerance mechanisms in glycophytes: an overview with the central focus on rice plants // Rice, - 2012. - p. 5-11.
115. Hua-long, L. Effect of seed soaking with exogenous proline on seed germination of rice under salt stress / L. Hua-long, S. Han-jing, W. Jing-guo, L. Yang, Z. De-tang, Z. Hong-wei // Journal of Northeast Agricultural University, - 2014. 21 (3), - p. 1-6.
116. Ikram, N. Effect of (60 cobalt) gamma rays on growth and root rot diseases in mungbean (*Vigna radiata* l.) / N. Ikram, S. Dawar, Z. Abbas, Z. Javed // Pakistan Journal of Botany, - 2010, 42 (3), - p. 2165-2170.
117. Influence of Heat Stress on Wheat Grain Characteristics and Protein Molecular Weight Distribution / Castro M., C. J. Peterson, M. Dalla Rizza, P. Díaz Dellavalle, D. Vázquez, V. Ibáñez, A. Ross. In book: Wheat Production in Stressed Environments (ed. s: H.T. Buck, J.E. Nisi, N. Salomon). - 2007. - p. 365-371.
118. Jafarov, E. S., Velijanova, M. Z. Adaptive reaction to salt stress in *Cicer arietinum* L. grown from seeds exposed to pre-sowing  $\gamma$  – irradiation // International Journal of Biology and Chemistry, - Kazaxstan: - 2020, 13 (2), - p. 96-109.
119. Jafarov, E. S., Velijanova, M. Z., Orujova, J. R. Corn Response to Separate and Joint Effects of Radiation and Salt Stress // Journal of Stress Physiology & Biochemistry, - 2019. 15 (2), - p. 10-20. (1)

120. Jafarov, E.S., Velijanova, M.Z., Orujova, J.R.. Effect of pre-sowing irradiation of chickpea seeds on the content of low molecular weight antioxidants under salt stress // Seventh International Conference on Radiation in Various Fields of Research (RAD 2019), - Herceg Novi, Montenegro: June 10 – 14. - 2019, - p. 369 (2).
121. Jafarov, E.S., Velijanova, M.Z. Effect of salt stress on the content of photosynthetic pigments in the Pisum L. Seeds, which before sowing is subjected to gamma radiation at different doses // Journal of Radiation Research, - 2017, 4 (2), - p. 80-86.
122. Jafarov, E.S., Velijanova, M.Z., Orujova, J.R.. A comparative study of antioxidant enzymes in conditions of salt stress for chickpeas (*Cicer arietinum*) and corn (*Zea mays* L.) // Baku: AMEA – nin Məruzələri, - 2018. c. LXXIV, № 2, - p. 73-76.
123. Jan, S., Parween, T., Siddiqi, T.O., Uzzafar, M. Effect of gamma radiation on morphological, biochemical, and physiological aspects of plants and plant products // Environmental Reviews, - 2012. 1, 20 (1), - p. 17-39.
124. Kadhimi, A. A. Effect of Irradiation and Polyethylene Glycol on Drought Tolerance of MR269 Genotype Rice (*Oryza sativa* L.) / A. A. Kadhimi, C. R. C. M. Zain, A. N. Alhasnawi, A. Isahak, M. F. Ashraf, A. Mohamad, F. Doni and W. M. W. Yusoff // Asian Journal of Crop Science, - 2016, 8 (2), - p. 52-59.
125. Kavi Kishor, P.B. Effect of salt stress on callus cultures of *Oryza sativa* L. // Journal Exp. Bot., - 1988. 39. - p. 235- 240.
126. Kavi Kishor, P. B. Regulation of Proline Biosynthesis, Degradation, Uptake and Transport in Higher Plants: Its Implications in Plant Growth and Abiotic Stress Tolerance / P. B. Kavi Kishor, S. Sangam, R. N. Amrutha et al. // Current Science, – 2005. 88 (3). - p. 424-438.
127. Khan, M.H., Panda, S.K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress // Acta Physiol Plant, - 2008, 30, - p. 91-89.

128. Khattak, A.B., Klopfenstein, C.F. Effects of gamma irradiation on the nutritional quality of grain and legumes and Stability of niacin, thiamin, and riboflavin // *Cereal Chem*, - 1989, 63(3), - p. 169-170.
129. Kim, J.H. Alterations in the photosynthetic pigments and antioxidant machineries of red pepper (*Capsicum annuum* L.) seedlings from gamma-irradiated seeds / J.H. Kim, M.H. Baek, B.Y. Chung, S.G. Wi, J.S. Kim // *Journal Plant Biochem.Biotech.*, - 2004, 47, - p. 314-321.
130. Kim, J.S. Influence of low dose gamma radiation on the physiology of germinative seed of vegetable crops / J.S. Kim, E.K. Lee, M.H. Back, D.H. Kim, Y.B. Lee // *Kor. J. Environ. Agric.*, - 2000, 19, - p. 58-61.
131. Kiong, A. L. P. Physiological Responses of *Orthosiphon stamineus* Plantles to Gamma Irradiation / A. L. P. Kiong, G.A. Lai, S. Hussein, A.R. Harun // *Amer.-Eurasian. J. Sustain Agric*, - 2008, 2 (2), - p. 135-149.
132. Kishor, K., Sangam, P.B., Amrutha, S.R.N. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and a biotic stress tolerance // *Curr. Sci.*, - 2005, 88, - p. 424-438.
133. Kobeasy, M.I. Induction of resistance in *Arachis hypogaea* L. against Peanut Mottle Virus by nitric oxide and salicylic acid / M.I. Kobeasy, H.S. El-Beltagi, M.A. El-Shazly, E.A.H. Khattab // *Physiol Mol Plant Pathol*, - 2011, 76, - p. 112-118.
134. Koca, H. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars / H. Koca, M. Bor, F. Ozdemir, I. Turkan // *Environmental and Experimental Botany*, - 2007. 60, - p. 344-351.
135. Kohl, D. H. Proline Accumulation, Nitrogenase ( $C_2H_2$  reducing) Activity and Activities of Enzymes related to Proline Metabolism in Drought-Stressed Soybean Nodules / D. H. Kohl, E. J. Kennelly, Y. Zhu, K. R. Schubert, G. Shearer // *Journal Exp. Bot.*, -1991. 42 (240), - p. 831-837.
136. Koseki, P.M. Effects of irradiation in medicinal and eatable herbs / P.M. Koseki, A.L.C.H. Villavicencio, M.S. Brito et al. // *Radiat. Phys. And Chem.* - 2002, 63, № 3-6, - p. 681-684.

137. Kovacs, E., Keresztes, A. Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cell // *Micron*, - 2002. 33, - p. 199-210.
138. Kovalchuk, I. Molecular aspects of plant adaptation to life in the Chernobyl zone / I. Kovalchuk, V. Abramov, I. Pogribny, O. Kovalchuk // *Plant Physiology*, - 2004, 135 (1), - p. 357-363.
139. Kumar, R.R., Gamma irradiation protect the developing wheat endosperm from oxidative damage by balancing the trade-off between the defence network and grains quality / R.R. Kumar, S. Hasija, S. Goswami [et al.] // *Ecotoxicology and Environmental Safety*, - 2019, 174, - p. 637-648.
140. Kumar, N. Physiological and biochemical responses of Makhana (*Euryale ferox*) to gamma irradiation / N. Kumar, Sh. Rani, G. Kuamr, S. Kumari, I. Sh. Singh, S. Gautam, B. K. Choudhary // *Journal Biol Phys*, - 2019; 45 (1), - p. 1-12. (1)
141. Kumar, P. Gamma Ray Irradiation for Crop Protection against Salt Stress / P. Kumar, V. Sharma, P. Yadav, B. Singh // *Defence Life Science Journal*, - July 2017, 2 (3), - p. 292-300.
142. Kumar, P. Low-dose gamma irradiation induces water activity, leaf  $K^+/Na^+$ , glycine betaine, antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation and protease activity to enhance salt tolerance in pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp] / P. Kumar, V. Sharma, R.S. Raje, B. Singh // *Journal Radioanal Nucl Chem*. - 2016. 308 (3), - p. 965-980.
143. Kuznetsov, Vl.V., Stetsenko, L.A., Shevyakova, N.I. Exogenous Cadaverine Induces Oxidative Burst and Reduces Cadaverine Conjugate Content in the Common Ice Plant // *Journal Plant Physiol*, - 2009, 166, - p. 40-51.
144. Lakin Q. F. *Biometrics* / Q. F. Lakin. – Moskva: Nauka, - 1990. - 352 p.
145. Lawlor DW, Cornic G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants // *Plant, Cell & Environment* - 2002. 25, - p. 275-294.
146. Lee M. H. Practical use of chemical probes for reactive oxygen species produced in biological systems by  $\gamma$ -irradiation / M. H. Lee, Y. R. Moon, B. Y. Chung et al. // *Radiation Physics and Chemistry*, - 2009. 78 (5), - p. 323-327.

147. Macovei, A. Synergistic Exposure of Rice Seeds to Different Doses of  $\gamma$ -Ray and Salinity Stress Resulted in Increased Antioxidant Enzyme Activities and Gene-Specific Modulation of TC-NER Pathway / A. Macovei, B. Garg, S. Raikwar, A. Balestrazzi, D. Carbonera, A. Buttafava, J. F. J. Bremont, S. S. Gill and N. Tuteja // BioMed Research International, 2014. v. 2014, - p.1-15.
148. Mahajan, S., Tuteja N. Cold, salinity and drought stresses: an overview // Archives of Biochemistry and Biophysics , - 2005. 444, - p. 139-158.
149. Mahdi, T.A. Effect of gamma irradiation on antinutritional factors in broad bean / T.A. Mahdi, H.A. Abdul-Kader, H.M. Manal & H.S. Amjed // Rad. Phys. Chem., - 2003, 67 (3-4), - p. 493-496.
150. Maity, J.P. Effects of gamma irradiation on edible seed protein, amino acids and genomic DNA during sterilization / J.P. Maity, C. Sukalyan, K. Sandeep, P. Subrata, J. JiinShuh, C.S. Alok, C. Anindita, & C.S. Subhas // Journal Agric. Food Chem., - 2009, 114, - p. 1237-1244.
151. Mashev, N., Vassilev, G., Ivanov, K. A study of N-allyl N-2 pyridyl thiourea and gamma radiation treatment on growth and quality of peas and wheat // Bulg. Journal Plant Physiol., - 1995, 21 (4), - p. 56-63.
152. Mashev, N., Vassilev, G., Ivanov, K. A study of gamma irradiation treatment on growth yield and quality of peas and wheat // Physiol Plant., - 2006, 21(4), - p. 56-63.
153. Mehmood, S. Salt-induced variation of inorganic nutrients, antioxidant enzymes, leaf proline and malondialdehyde (MDA) content in canola (*Brassica napus* L.) / S. Mehmood, E. H. Siddiqi, M. S. Iqbal, M. F. Malik, K. Hussain, K. Nawaz, M. Akbar, S. Fatima, M. Bilal, E. Mukhtar // Applied ecology and environmental research, - 2018, 16 (4), - p. 4299-4309.
154. Miller, R. Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses / R. Miller, N. Suzuki, S. Cifci-Yilmaz, R. Mittler // Plant Cell Environ., - 2010, v.33, - p. 453-467.

155. Minibayeba, F., Kolesnikov, O., Chasov, A. Wound-induced apoplastic peroxides activate: their role in the production and detoxification of reactive oxygen species // *Plant Cell Environ.* - 2009. v.32, - p. 497-508.
156. Mishra, P., Bhoomika, K., Dubey, R.S. Differential responses of antioxidative defense system to prolonged salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive Indica rice (*Oryza sativa* L.) seedlings // *Protoplasma*, - 2013, 250, - p. 3-19.
157. Mishra, S., Jha, A.B., Dubey, R.S. Arsenite treatment induces oxidative stress, upregulates antioxidant system and causes phytochelatin synthesis in rice seedling // *Protoplasma*, - 2011. - 248 (3), - p. 565-577.
158. Mittler, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance // *Trends in Plant Science*, - 2002, 7 (9), - p. 405-410.
159. Mittler, R. Reactive oxygen gene network of plants / R. Mittler, S. Vanderauwera, M. Gollery, and F. Van Breusegem // *Trends in Plant Science*, - 2004. 9 (10), - p. 490-498.
160. Mohamed, H.I. Molecular and biochemical studies on the effect of gamma rays on lead toxicity in cowpea (*Vigna sinensis*) Plants / *Biol Trace Elem Res*, - 2011. 144, - p. 1205-1218.
161. Mohammed, A. H. Pre-exposure to gamma rays alleviates the harmful effect of salinity on cowpea plants. Soil salinity is one of the most severe factors limiting growth and physiological response in cowpea plants / A. H. Mohammed, H. I. Mohamed, L. M. Zaki, A. M. Mogazy // *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, - 2012. 8 (4), - p. 199-217.
162. Mokobia, C.E., Anomohanran, O. The effect of gamma irradiation on the germination and growth of certain Nigerian agricultural crops // *Journal Rad. Prot.*, - 2005, 25, - p. 181- 188.
163. Montiller, J.L., Cacas, J.L. The upstream oxylipin profile of *Arabidopsis thaliana*: A tool to scan for oxidative stresses // *Plant Journal*, - 2004. 40. - p.439-450.
164. Moussa, H.R. Low dose of gamma irradiation enhanced drought tolerance in soybean // *Acta Agronomica Hungarica*, - 2011. 59 (1), - p. 1-12.

165. Moussa, H.R. Low dose of gamma irradiation enhanced drought tolerance in soybean // Bulgarian journal of agricultural science, - 2011. 17 (1), - p. 63-72.
166. Munns, R., James, R.A., Lauchli, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals // Journal of Experimental Botany, - 2006. 57, - p. 1025-1043.
167. Munns, R., Tester, M. Mechanism of salinity tolerance // Annual Review of Plant Biology, - 2008. 59, - p. 651-681.
168. Noreen, Z., Ashraf M. Changes in antioxidant enzymes and some key metabolites in some genetically diverse cultivars of radish (*Raphanus sativus* L.) // Journal Environ. Exp. Bot., - 2009. 67, - p. 395-402.
169. Ohkawa, H., Ohishi, N., Yagi, K. Assay for lipid peroxide in animal tissues by thiobarbituric acid reaction // Anal Biochem., - 1979. 95 (2), - p. 351-358.
170. Ozdemir, F. Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, proline content and antioxidative system of rice (*Oryza sativa* L.) under salinity / F. Ozdemir, M. Bor, T. Demiral, I. Türkan // Plant Growth Regulation, - 2014. 42, - p. 203-211.
171. Ozerinina, O. V., Tsydendambaev, V. D. Effect of Pre-Sowing  $\gamma$ -Irradiation of sea buckthorn Seeds on the Content and Fatty Acid Composition of Total Lipids in the Seeds of the First Plant Generation // Russian Journal of Plant Physiology, - 2011. 58 (2), - p. 370-374.
172. Ozturk L., Demir, Y. *In vivo* and *in vitro* protective role of proline // Plant Growth Requil. - 2002. 38, - p. 259 – 264.
173. Parida, A.K., Das, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review // Ecotoxicology and Environmental Safety, - 2010. 60, - p. 324-349.
174. Passioura, J. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives // Journal of Experimental Botany, - 2007. 58, - p. 113–117.
175. Peng, K., Manganese uptake and interactions with cadmium in the hyperaccumulator-*Phytolacca americana* L / K. Peng, L. Chunling, Y. Wuxin, L. Chunlan, L. Xiangdong, Z. Shen // Journal of Hazardous Materials, - 2008. 154, - p. 674–681.

176. Piri, I. The use of gamma irradiation in agriculture / I. Piri, M. Babayan, A. Tavassoli, M. Javaheri // African Journal of Microbiology Research, - 2011. 5(32), - p. 5806–5811.

177. Plant responses and tolerance to abiotic oxidative stress: antioxidant defense is a key factor / M.Hasanuzzaman, M.A.Hossain, J.A.T.da Silva, M.Fujita In: Bandi V., Shanker A.K., Shanker C., Mandapaka M. (eds) Crop stress and its management: perspectives and strategies - Berlin: Springer, - 2012. - p. 261–316.

178. Qi, W. Pretreatment with low-dose gamma irradiation enhances tolerance to the stress of cadmium and lead in *Arabidopsis thaliana* seedlings / W. Qi, L. Zhang, L. Wang, et al. // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2015. 115, - p. 243-249.

179. Qi, W. Physiological and molecular characterization of the enhanced salt tolerance induced by low-dose gamma irradiation in *Arabidopsis* seedlings / W. Qi, L.Zhang, H. Xua, L. Wanga, Z. Jiao. // Biochemical and Biophysical Research Communications, - 2014. - p. 1010-1015.

180. Qi, W. ROS and ABA Signaling Are Involved in the Growth Stimulation Induced by Low-Dose Gamma Irradiation in Arabidopsis Seedling / W. Qi, L. Zhang, W. Feng, H. Xu, L. Wanga, Z. Jiao. // Appl Biochem Biotechnol, -2015. 175, - p. 1490-1506.

181. Racchi, M.L. Antioxidant Defenses in Plants with Attention to *Prunus* and *Citrus* spp. // Antioxidants (Basel). – 2013. 2 (4), - p. 340–369.

182. Rahimi, M.M., Bahrani, A. Effect of gamma irradiation on qualitative and quantitative characteristics of Canola (*Brassica napus* L.) // Middle-East J. of Sci. Res. – 2011. 8 (2), - p. 519-525.

183. Rahman, A. Manganeseinduced salt stress tolerance in rice seedlings: regulation of ion homeostasis, antioxidant defense and glyoxalase systems / A. Rahman, M.S. Hossain, J. Mahmud, K. Nahar, M. Hasanuzzaman, M. Fujita // Physiology and Molecular Biology of Plants, - 2016.

184. Rahman, A. Calcium supplementation improves Na<sup>+</sup> /K<sup>+</sup> ratio, antioxidant defense and glyoxalase systems in salt-stressed rice seedlings / A. Rahman, K. Nahar, M. Hasanuzzaman, M. Fujita // Frontiers in Plant Science, - 2016.

185. Rahman, A. Salt Stress Tolerance in Rice: Emerging Role of Exogenous Phytoprotectants / A. Rahman, K. Nahar, J. Mahmud, M. Hasanuzzaman, M.S. Hossain, M. Fujita // *Advances in International Rice Research*. - 2017. – p. 139-174.
186. Rajakumar, R. A study on effect of salt stress in the seed germination and biochemical parameters of rice (*Oryza sativa* L.) under in vitro condition // *Asian Journal of Plant Science and Research*, - 2013. 3, - p. 20-25.
187. Redillas, M.C.F.R. Accumulation of trehalose increases soluble sugar contents in rice plants conferring tolerance to drought and salt stress / M.C.F.R. Redillas, S.H. Park, J.W. Lee, Y.C. Kim, J.S. Jeong, H. Jung, S.W. Bang, T.R. Hahn, J.K. Kim // *Plant Biotechnology Reports*, - 2012. 6, - p. 89–96.
188. Rejili, M. Impact of gamma radiation and salinity on growth and K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> balance in two populations of *Medicago sativa* (L.) cultivar Gabe`s / M. Rejili, D. Telahigue, B. Lachiheb, A. Mrabet, A. Ferchichi // *Progress in Natural Science*, - 2008. 18, - p. 1095-1105.
189. Rios –Gonzales, K., Erdei, L., Lips, S.H. The activity of antioxidant enzymes in maize and sunflower seedlings as affected by salinity and different nitrogen sources // *Plant sci.*, - 2002. 162, - p. 923-930.
190. Romero-Aranda, R., Soria, T., Cuartero, S. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions // *Plant Science*, - 2001. 160, - p. 265-272.
191. Saddiqe, Z. Effect of Salt Stress on Growth and Antioxidant Enzymes in Two Cultivars of Maize (*Zea Mays* L.) / Z. Saddiqe, S. Javeria, H. Khalid, A. Farooq // *Pakistan Journal of Botany*; 2016. 48(4), p. 1361-1370.
192. Saglama, A. N., Saruhan, R. T., Kadioglu, A. The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought stress // *Russ. J. Plant Physiol*, - 2011. 58, - p. 60-68.
193. Sahi, C. Salt stress response in rice: genetics, molecular biology, and comparative genomics / C. Sahi, A. Singh, K. Kumar, E. Blumwald, A. Grover // *Functional and Integrative Genomics*, - 2006. 6 (4), - p. 263-284.

194. Sansenya, S. Effect of Gamma Irradiation on 2-Acetyl-1-pyrroline Content, GABA Content and Volatile Compounds of erminated Rice (Thai Upland Rice) / S. Sansenya, Y. Hua, S. Chumanee, K. Phasai, C. Sricheewin // *Plants.*, - 2017. 6, - p. 18.
195. Sansenya, S. The Combination Effect of Gamma Irradiation and Salt Concentration on 2-acetyl-1-pyrroline Content, Proline Content and Growth of Thai Fragrant Rice (KDML 105) / S. Sansenya, Y. Hua, S. Chumanee, C. Sricheewin // *Oriental journal of chemistry.* – 2019. 35 (3), - p. 938-946.
196. Sawant, S. S., Effect of gamma irradiation on antioxidant potential and bioactives of a cosmeceutically significant *Chlorella emersonii* KJ725233. Alterations in cek as a response to gamma irradiation / S. S. Sawant, R. D. Singh, S. Ghosh, V. K. Mane // *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, - 2019, 11 (8).
197. Sedmak, J.J., Grossberg, S.E. A rapid, sensitive, and versatile assay for protein using Coomassie Brilliant Blue G-250 // *Analytical Biochemistry*, - 1977. 79 (1-2), - p. 544-552.
198. Sharma, P. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions / P. Sharma, A. B. Jha, R. Sh. Dubey, M. Pessarakli // *Journal of Botany*, - 2012. 1, - p. 1- 26.
199. Shereen, A. Salinity induced metabolic changes in rice (*oryza sativa* l.) seeds during germination / A. Shereen, R. Ansari, S. Raza, S. Mumtaz, M.A. Khan, M. Ali Khan // *Pakistan Journal of Botany*, - 2011. 43, - p. 1659-1661.
200. Siddiqi, S.H. Variation in genetic parameters of barley and triticales after seed irradiation / S.H. Siddiqi, M. Iqbal, T. Muhaammad, M.T. Jan // *Sarhad. J. Agric.*, - 1985. 1, - p. 339- 345.
201. Sims, D.A., Gamon, J.A. Retationships between leaf piqment content and spectral reflectance across a wide rang of species, leaf structures and devolepmental stages // *Remote Sensing of Enviroment*, - 2002. 81, - p. 337-354.
202. Singh, B., Datta, P.S. Gamma irradiation to improve plant vigour, grain development, and yield attributes of wheat // *Rad. Phys. Chem.*, - 2010. 79, - p. 139-143.

203. Smirnoff, N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-faceted molecule // *Current Opinion in Plant Biology*, - 2000. 3, - p. 229-235.
204. Song, J. Y. Physiological characterization of gamma-ray induced salt tolerant rice mutants / J. Y. Song, D. S. Kim, M.-C. Lee et al. // *Australian Journal of Crop Science*, - 2012. 6 (3), - p. 421-429.
205. Sosedov, N.I., Vakar, A.B. Effect of gamma rays on biochemical properties of wheat // In *Proceedings of the Fifth International Congress of Biochemistry*, - Moscow, Pergamon Press: 10– 16 August, vol. 8, - 1961, - p. 133.
206. Stark, M. Hormesis. Adaptation and the Sandlipe Model. *Critical Reviews in Toxicology* // - 2008. 38, - p. 641–644.
207. Stobart, A.K., Griffiths, W.T. The effect of Cd<sup>2+</sup> on the biosynthesis of chlorofyll in leaves of barley // *Physiol. Plant.* – 1985. 63 (3), - p. 293-298.
208. Subhan, F. Effect of gamma radiation on growth and yield of barley under different nitrogen levels / F. Subhan, M. Anwar, N. Ahmad, A. Gulzar, A.M. Siddiqi, S. Rahman, I. Ahmad, M. Rauf // *Pak. J. Biosci.*, - 2004. 7(6), - p. 981-983.
209. Sumithra, K. Salinity-induced changes in two cultivars of *Vigna radiata*: responses of antioxidative and proline metabolism / K. Sumithra, P.P. Jutur, B.D. Carmel, A.R. Reddy // *Plant Growth Regulation*, - 2006. 50, - p. 11-22.
210. Surai P.F., I.I. Kochish, V.I. Fisinin and M.T. Kidd. Antioxidant Defence Systems and Oxidative Stress in Poultry Biology: An Update / P.F. Surai, I. I. Kochish, V. I. Fisinin and M. T. Kidd // *Antioxidants (Basel)*. – 2019. 8 (7), 235. - p.1-35.
211. Tanou, G., Molassiotis, A., Diamantidis, G. Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity // *Environmental and Experimental Botany*, - 2009. (65), - p. 270–281.
212. Unesco Water Portal. 2007. <http://www.unesco.org/water>. Accessed 25 October 2007
213. Valko, M., Morris, H., Cronin, M.T. D. Metals, toxicity and oxidative stress // *Current Medicinal chemistry*. - 2005. 12 (10). - p. 1161-1208.

214. Vanhoudt, N. The combined effect of uranium and gamma radiation on biological responses and oxidative stress induced in *Arabidopsis thaliana* / N. Vanhoudt, H. Vandenhove, N. Horemans, J. Wannijn, M. Van Hees, J. Vangronsveld, et al. // *Journal Environ Radioact*, - 2010. 101, - p. 923-30.

215. Velijanová, M.Z. Role of low-molecular antioxidants in the reaction of pea plant to the separate and combined effects of salt and radiation stress // *Journal of Radiation Researches*, - 2019. 6 (2), - p. 110-118.

216. Velijanová, M.Z. Investigation of the effect of presowing gamma irradiation of seeds on the antioxidant activity of *Zea mays*, growing under conditions of salt stress // *AMEA – nın Məruzələri*, - 2020. V. LXXVI, №1-2, - s. 76-80.

217. Verma, A.K. Gamma radiation effects seed germination, plant growth and yield attributing characters of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.). A.K. Verma, S. Sharma, R.K. Kakani, R.D. Meena, S. Choudhary // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* - 2017. 6 (5), - p. 2448-2458.

218. Vivek Vardhan, P., Lata, I. Shukla. Gamma irradiation of medicinally important plants and the enhancement of secondary metabolite production // *International Journal of Radiation Biology*, - 2017. 93 (9), - p. 967-979.

219. Wahid, A. Germination of seeds and propagules under salt stress. In: Pessaraki M (ed) *Handbook of plant and crop stress* / A. Wahid, M. Farooq, S.M.A. Basra, E. Rasul, K.H.M. Siddique // Boca Raton: CRC Press, - 2011, - p. 321-337.

220. Wang, H. Effects of salt stress on ion balance and nitrogen metabolism of old and young leaves in rice (*Oryza sativa* L.) / H. Wang, M. Zhang, R. Guo, D. Shi, B. Liu, X. Lin, C. Yang // *BMC Plant Biology*, - 2012. (12), - p. 194.

221. Wang, X. Physio-biochemical and molecular mechanism underlying the enhanced heavy metal tolerance in highland barley seedlings pre-treated with low-dose gamma irradiation / X. Wang, R. Ma, D. Cui, Q. Cao, Z. Shan, Z. Jiao // *Scientific Reports*, - 2017. 7 (1), - p. 14233.

222. Wang, X. Enhanced tolerance to salt stress in highland barley seedlings (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) by gamma irradiation pretreatment / X. Wang, R. Ma, Q. Cao, Z. Shan, Z. Jiao // *Acta Physiologiae Plantarum*. - 2018. 40 (9), - p. 174.

223. Wang, Y. Analysis of Temperature Modulation of Plant Defense against Biotrophic Microbes / Y. Wang, Z. Bao, Y. Zhu, J. Hua // MPMI, - 2009. 22 (5), – p. 498-506.
224. Wi, S.G. Effects gamma irradiation on morphological changes and biological responses in plants / S.G. Wi, B.Y. Chung, J. Kim et al. // Micron, - 2007. 38 (6), - p. 553-564.
225. Wi, S.G. Ultra structural changes of cell organelles in Arabidopsis stem after gamma irradiation / S.G. Wi, B.Y. Chung, J.H. Kim, M.H. Baek, D.H. Yang, J.W. Lee, J.S. Kim // Journal Plant Biol. – 2005. 48 (2), - p. 195–200.
226. Wise, R.R., Naylor, A.W. Chilling-enhanced peroxidation: the peroxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrastructure // Plant Physiol., - 1987. 83, - p. 227- 272.
227. Wolff, S. Human lymphocytes exposed to low doses of ionizing radiations become refractory to high doses of radiation as well as to chemical mutagens that induce double – strand breaks in DNA / S. Wolff, V. Afzal, J.K. Wiencke, G. Olivieri, A. Michaeli // Int. J. Radiat. Biol. Phys. Chem. Med., –1988. 53 (1). – p. 39-48.
228. Wu, G.Q., Wang, S.M. Calcium regulates K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> homeostasis in rice (*Oryza sativa* L.) under saline conditions. Plant, Soil and Environment // - 2012. 58, - p. 121-127.
229. Xiong, L., Zhu, J.K. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress // Plant, Cell and Environment, - 2002. 25, - p. 131-139.
230. Zanzibar, M., Sudrajat D. J. Effect of gamma irradiation on seed germination, storage, and seedling growth of *Magnolia champaca* L. // Indonesian Journal of Forestry Research, October 2016. 3 (2), - p. 95-106.
231. Zhang L. Irradiation with low-dose gamma ray enhances tolerance to heat stress in Arabidopsis seedlings / L. Zhang, F. Zheng, W. Qi, T. Wang, L. Ma, Z. Qiu, J. Li // Ecotoxicology and Environmental Safety, - 2016. 128, - p. 181-188.
232. Zhu Y., Qian W., Hua J. Temperature Modulates Plant Defense Responses through NB-LRR-Proteins // PLoS Pathog. - 2010. 6, - p. 1-12.

## İXTİSARLAR

AMOS – antioksidant müdafiə sistemi

APX – askorbatperosidaza

AsA – askorbar

DHAR – dehidroaskorbatreduktaza

GR – qlutationreduktaza

GSH – qlutation

GST – qlutation-S-transferaza

KAT – katalaza

LD – letal doza

MDA – malondialdehidi

MDHAR – monodehidroaskorbatreduktaza

MS mühiti – Murashide-Skoog media

POD – peroksidaza

SOD – superoksiddismutaza