

**İKİ PATLİCAN (*Solanum melongena* L.) GENOTİPİNİN TUZA
DAYANIKLILIĞININ HİDROJEN PEROKSİT ÖN
UYGULAMASI İLE *IN VITRO* KOŞULLARDA
ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF THE SALT TOLERANCE BY
HYDROGEN PEROXIDE PRE-TREATMENT ON TWO
EGGPLANT (*Solanum melongena* L.) GENOTYPES UNDER
IN VITRO CONDITIONS**

OĞUZHAN YAŞARKAN

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
BİYOLOJİ Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

2018

**İKİ PATLİCAN (*Solanum melongena* L.) GENOTİPİNİN TUZA
DAYANIKLILIĞININ HİDROJEN PEROKSİT ÖN
UYGULAMASI İLE *IN VITRO* KOŞULLARDA
ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF THE SALT TOLERANCE BY
HYDROGEN PEROXIDE PRE-TREATMENT ON TWO
EGGPLANT (*Solanum melongena* L.) GENOTYPES UNDER
IN VITRO CONDITIONS**

OĞUZHAN YAŞARKAN

Prof. Dr. RUKİYE TIPIRDAMAZ
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
BİYOLOJİ Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

2018

OĞUZHAN YAŞARKAN'ın hazırladığı “İki Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Genotipinin Tuza Dayanıklılığının Hidrojen Peroksit Ön Uygulaması İle *In Vitro* Koşullarda Araştırılması” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından BİYOLOJİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

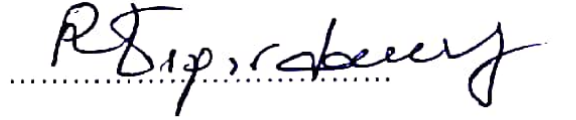
Prof. Dr. Mustafa YILDIZ

Başkan



Prof. Dr. Rukiye TIPIRDAMAZ

Danışman



Prof. Dr. Arzu TÜRKER

Üye



Doç. Dr. Nuran ÇİÇEK

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Cahit DOĞAN

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- ☒ Tezimin 11.06.2019 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- ☐ Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- ☐ Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

11/06/2018



Oğuzhan Yaşarkan

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

11/06/2018



OĞUZHAN YAŞARKAN

ÖZET

İKİ PATLICAN (*Solanum melongena* L.) GENOTİPİNİN TUZA DAYANIKLILIĞININ HİDROJEN PEROKSİT ÖN UYGULAMASI İLE *IN VİTRO* KOŞULLARDA ARAŞTIRILMASI

OĞUZHAN YAŞARKAN

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. RUKİYE TIPIRDAMAZ

Haziran 2018, 68 sayfa

H₂O₂ ön uygulamasının tuzlu koşullarda kültüre alınmış iki patlıcan genotipine (tuza duyarlı; Artvin ve tuza toleranslı; Mardin) ait kallus dokularında, yaş ağırlık, membran geçirgenliği, MDA, prolin, iyon, içsel H₂O₂ miktarları ve antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, *in vitro* çimlendirilen 4 haftalık patlıcan fidelerinden alınan hipokotil eksplantlarından kalluslar elde edilmiştir. Kallusların bir kısmı kontrol, 150 mM NaCl, 50 veya 100 µM H₂O₂ içeren ortamlara, bir kısmı ise 48 saat süreyle 50 veya 100 µM H₂O₂ ön uygulaması yapılarak 150 mM NaCl içeren ortamlara aktarılarak 24 saat süreyle inkübe edilmiştir. Yaş ağırlık, K⁺ ve Ca²⁺ miktarları tuz uygulanan grupta önemli bir şekilde azalırken, H₂O₂ ön uygulamaları tuzun olumsuz etkisini azaltmıştır. Tuz uygulaması her iki genotipte de Na⁺ miktarını artırırken, H₂O₂ ön uygulamaları Na⁺ miktarını azaltarak hücrelerdeki K⁺/Na⁺ oranını arttırmıştır. Tuzluluk membran geçirgenliği, MDA ve içsel H₂O₂ miktarlarını artırırken, H₂O₂ ön uygulamaları bu olumsuz etkileri azaltmıştır. H₂O₂ ön uygulamaları, prolin miktarını, SOD ve CAT enzim aktivitelerini artırarak antioksidan savunmayı güçlendirmiştir. H₂O₂'nin incelenen parametreler üzerindeki iyileştirici etkileri, tuza duyarlı genotipte daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Etkilerin, konsantrasyon ve genotipe bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hidrojen peroksit, *in vitro*, patlıcan, tuz stresi

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE SALT TOLERANCE BY HYDROGEN PEROXIDE PRE-TREATMENT ON TWO EGGPLANT (*Solanum melongena* L.) GENOTYPES UNDER *IN VITRO* CONDITIONS

OĞUZHAN YAŞARKAN

Master of Science, Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. RUKİYE TIPIRDAMAZ

June 2018, 68 pages

Effects of H₂O₂ pre-treatment on fresh weight, membrane permeability, MDA, proline, ion, inner H₂O₂ contents and antioxidant enzyme activities were investigated in the callus tissues of two eggplant genotypes (salt sensitive; Artvin and salt tolerant; Mardin) cultured in saline conditions. For this purpose, calli were obtained from hypocotyl explants from 4-week-old seedlings germinated *in vitro*. Some of the calli were transferred to mediums containing control, 150 mM NaCl, 50 or 100 µM H₂O₂, and the others which were pre-treated with 48 hours 50 or 100 µM H₂O₂ were transferred to mediums containing 150 mM NaCl and all of them incubated during 24 hours. While fresh weight, K⁺ and Ca²⁺ contents were decreased on salt stressed groups, H₂O₂ pre-treatments reduced these negative effects of salt stress. Salinity increased Na⁺ contents, while H₂O₂ pre-treatments decreased Na⁺ contents and increased K⁺/Na⁺ ratio. Salinity increased membrane permeability, MDA and inner H₂O₂ contents, these negative effects were reduced by H₂O₂ pre-treatments. H₂O₂ pre-treatments enhanced antioxidant defence by increasing SOD and CAT enzyme activities and proline contents, The curative effects of H₂O₂ pre-treatment on parameters we investigated were found to be higher in the salt-sensitive genotype. It has been shown that the effects vary depending on concentrations and genotypes.

Keywords: Eggplant, hydrogen peroxide, *in vitro*, salt stress

TEŞEKKÜR

Lisans yıllarımda özel çalışma dersi aldığım ilk günden tez çalışmamın sonuna kadar bana destek olan, yol gösteren, benim için büyük emek veren ve zor durumlarımda anlayış gösteren danışman hocam Prof. Dr. Rukiye Tıpırdamaz'a,

Bilgisi, samimiyeti ve güzel enerjisiyle, her daim yalnızca bir telefon kadar uzakta olduğunu hissettiren değerli hocam Ankara Üniversitesi'nden Prof. Dr. Şebnem Ellialtıoğlu'na,

Tez çalışmam sırasında izin vererek beni destekleyen Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Kurucusu Sayın Ali Nihat Gökyiğit'e ve Müdürü Prof. Dr. Adil Güner'e,

Erasmus yaz stajı programıyla beni laboratuvarına kabul ederek bana büyük bir fırsat veren ve çok şey katan Ghent Üniversitesi'nden Prof. Dr. Danny Geelen'a ve Dr. Linda Zamariola'ya,

Özellikle deneylerim ve analizlerim esnasında bana hızır gibi yetişen, deneyimlerini esirgemeyen ve tez yazım aşamasında da bana yardımcı olan Gazi Üniversitesi'nden Arş. Gör. Dr. Gökçen Baysal Furtana'ya ve Arş. Gör. Fahriye Öcal Özdamar'a,

Deney çalışmalarım için yeterli pratiğe sahip olmam konusunda çok emeği geçen Uzm. Seray Kenar'a,

Her kriz anını ustalıkla yöneten, acil bir işim olduğunda hep samimiyetle yardımcı olmaya çalışan Teknisyen Vedat Mutlu'ya,

Çalışmalarım boyunca gerek okulda gerek iş yerinde bana sürekli destek olan Uzm. Ebru Akyüz'e ve tezimi yazarken beni cesaretlendiren, tüm aşamalarında bana sonsuz yardımı dokunan Uzm. Ahmet Cemil Özturhan'a,

Her an ulaşabildiğim ve destekleriyle sürekli beni motive eden başta Aşkın Öykü Çimen, Ayşe Yazar, Deniz Asal, Edibe Avcı, Ekin Ergin, Hüseyin Kulaç, Onur Aydın, Ofcan Oflaz ve Şule Aksoy olmak üzere bütün yakın dostlarıma,

Her kararımda bana destek olan aileme içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Tuz Stresi	1
1.1.1. Tuz Stresi ve İyonlar	1
1.1.2. Tuz Stresi ve Membran Geçirgenliği	2
1.1.3. Tuz Stresi ve Malondialdehit (MDA)	2
1.1.4. Tuz Stresi ve Prolin	3
1.1.5. Tuz Stresi ve Reaktif Oksijen Türleri (ROS)	3
1.1.6. Tuz Stresi ve Antioksidan Enzimler (SOD, CAT)	4
1.2. Tuz Stresi ile İlgili Yapılan <i>in vivo</i> ve <i>in vitro</i> Uygulamalar	5
1.2.1. Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂) ve Tuz Stresi	6
1.3. Patlıcan (<i>Solanum melongela</i> L.) ve Tuz Stresinin Önemi	7
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	9
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	13
3.1. Gereç	13
3.2. Yöntem	13

3.2.1. Doku Kültürü Koşulları	13
3.2.2. Besin Ortamlarının Hazırlanışı	14
3.2.3. Tohumların Yüzey Sterilizasyonu ve Çimlendirilmesi.....	15
3.2.4. Hipokotil Eksplantlarından Kallus Elde Edilmesi ve Alt Kültürler	15
3.2.5. Uygulama Grupları.....	16
3.2.6. Analizler	17
3.2.6.1. Yaş ağırlık ölçümleri.....	17
3.2.6.2. İyon analizleri	17
3.2.6.3. Membran geçirgenliğinin belirlenmesi.....	18
3.2.6.4. MDA analizleri.....	18
3.2.6.5. İçsel H ₂ O ₂ analizleri	19
3.2.6.6. Prolin analizleri.....	19
3.2.6.7. Enzim analizleri.....	19
3.2.6.8. İstatistiksel analiz	20
4. BULGULAR	21
4.1. Yaş Ağırlık Değişimleri.....	21
4.2. İyon Miktarlarındaki Değişimler	23
4.2.1. K ⁺ Miktarındaki Değişimler	23
4.2.2. Na ⁺ Miktarındaki Değişimler.....	24
4.2.3. K ⁺ /Na ⁺ Oranındaki Değişimler.....	26
4.2.4. Ca ²⁺ Miktarındaki Değişimler	27
4.3. Membran Geçirgenliğindeki Değişimler	29
4.4. MDA Miktarındaki Değişimler.....	30
4.5. İçsel H ₂ O ₂ Miktarındaki Değişimler	32

4.6. Prolin Miktarındaki Değişimler	34
4.7 Antioksidan Enzim Aktivitelerindeki Değişimler.....	36
4.7.1 Katalaz (CAT) Aktivitesindeki Değişimler.....	36
4.7.2 Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesindeki Değişimler	38
4.8. İncelenen Parametreler Arasındaki Korelasyon Analiz Sonuçları	39
4.8.1. Artvin Genotipine Ait Korelasyon Sonuçları	39
4.8.2. Mardin Genotipine Ait Korelasyon Sonuçları	40
5. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	42
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Murashige ve Skoog (MS) besin ortamı bileşenleri.....	14
Çizelge 3.2. Uygulama grupları.....	17
Çizelge 4.1. Kallus dokularında yaş ağırlık değişimleri	22
Çizelge 4.2. Kallus dokularında K ⁺ miktarı değişimleri.....	23
Çizelge 4.3. Kallus dokularında Na ⁺ miktarı değişimleri.....	25
Çizelge 4.4. Kallus dokularında K ⁺ /Na ⁺ oranları.....	26
Çizelge 4.5. Kallus dokularında Ca ²⁺ miktarı değişimleri	28
Çizelge 4.6. Kallus dokularında membran geçirgenliği değişimleri	29
Çizelge 4.7. Kallus dokularında MDA miktarındaki değişimler	31
Çizelge 4.8. Kallus dokularında içsel H ₂ O ₂ miktarındaki değişimler.....	33
Çizelge 4.9. Kallus dokularında prolin miktarı değişimleri.....	35
Çizelge 4.10. Kallus dokularında CAT aktivitesindeki değişimler	37
Çizelge 4.11. Kallus dokularında SOD aktivitesindeki değişimler	38
Çizelge 4.12. Artvin genotipine ait korelasyon sonuçları.....	40
Çizelge 4.13. Mardin genotipine ait korelasyon sonuçları	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. UV ışık altında kabin sterilizasyonu.....	13
Şekil 3.2. İklim odasında patlıcan fideleri.....	15
Şekil 3.3. Artvin (a) ve Mardin (b) genotipi patlıcanlara ait kallus kültürleri	16
Şekil 4.1. Kallus dokularında yaş ağırlık değişimleri	22
Şekil 4.2. Kallus dokularında K ⁺ miktarı değişimleri	24
Şekil 4.3. Kallus dokularında Na ⁺ miktarı değişimleri.....	25
Şekil 4.4. Kallus dokularında K ⁺ /Na ⁺ oranları.....	27
Şekil 4.5. Kallus dokularında Ca ²⁺ miktarı değişimleri	28
Şekil 4.6. Kallus dokularında membran geçirgenliği değişimleri.	30
Şekil 4.7. Kallus dokularında MDA miktarındaki değişimler	31
Şekil 4.8. Kallus dokularında içsel H ₂ O ₂ miktarındaki değişimler	33
Şekil 4.9. Kallus dokularında prolin miktarı değişimleri	35
Şekil 4.10. Kallus dokularında CAT aktivitesindeki değişimler	37
Şekil 4.11. Kallus dokularında SOD aktivitesindeki değişimler	39

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
g	Gram
L,l	Litre
ml	Mililitre
mm	Milimetre
ms	Milisaniye
mg	Miligram
µg	Mikrogram
ng	Nanogram
M	Molar
mM	Milimolar
µM	Mikromolar
µmol	Mikromol
°C	Santigrat derece

Kisaltmalar

APX	Askorbat peroksidaz
CAT	Katalaz
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
HCl	Hidroklorik asit
K.A.	Kuru Ağırlık

MS	Murashige ve Skoog besin ortamı
MDA	Malondialdehit
NaCl	Sodyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit
NO	Nitrik oksit
SOD	Süperoksit dismutaz
POX	Peroksidaz
ROS	Reaktif oksijen türleri
T.A.	Taze ağırlık
TBA	Tiobütirik asit
TCA	Trikloroasetik asit
UV	Morötesi

1. GİRİŞ

1.1. Tuz Stresi

Biyotik ve abiyotik olmak üzere iki ayrı grupta incelenen stres; çoğunlukla optimal yaşam koşullarından sapma olarak tanımlanır [1]. Böcekler, mikroorganizmalar ve hayvanlar biyotik stres etmeni olarak değerlendirilirken; fiziksel (sıcaklık, radyasyon, rüzgar v.b.) ve kimyasal (pestisit, tuzluluk, pH v.b.) çevre etmenleri ise abiyotik stres etmenleri olarak tanımlanmaktadır [2]. Abiyotik stresler arasında tuzluluk, toprak verimliliğini ve dolayısıyla bitki büyümesini olumsuz yönde etkileyen ve sonuçta verimi düşüren en önemli çevresel faktörlerden biridir [3].

Dünyanın işlenmiş alanlarının %20'si ve sulu arazilerinin neredeyse yarısı tuzluluk etkisindedir [4]. Çoğunlukla oksidatif bir zararlanma olarak ortaya çıkan tuz stresi, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde görülmektedir ve yüksek sıcaklıklarla birlikte artış göstermektedir [5]. Tuzluluk, bitkileri; ozmotik, özgül iyon toksisitesi ve/veya besinsel bozukluk gibi farklı yollardan etkilemektedir [6]. Tuz stresi, sürgün uzamasında azalmaya, kısırlıkta artışa ve çiçeklenme zamanında değişime neden olmaktadır [6–8]. Tuzluluk nedeniyle oluşan iyon birikimi ve stomaların açılıp kapanmasındaki düzensizlikler, toplam klorofil miktarının düşmesine ve böylece fotosentez etkinliğinde azalmaya sebep olmaktadır [9–10]. Ayrıca tuzluluğa bağlı olarak artan reaktif oksijen türleri (ROS) membran hasarına neden olabilmektedir [11–13].

1.1.1. Tuz Stresi ve İyonlar

Toprak tuzluluğu ve tuz stresi söz konusu olduğunda genellikle NaCl'den söz edilmektedir [14]. Yüksek oranda NaCl alımı, K^+ , Ca^{2+} , N ve P gibi diğer iyonların alımıyla rekabete girerek besinsel düzensizliklere ve bunun sonucunda verimde ve kalitede düşüşe neden olmaktadır [15]. Pek çok bitki türü üzerinde yapılan araştırma sonuçları, artan NaCl konsantrasyonunun Na^+ ve Cl^- iyon seviyelerinde artışa, Ca^{2+} , K^+ ve Mg^{2+} seviyelerinde ise azalmaya neden olduğunu göstermekte [16–18] ve özellikle K^+ ve Ca^{2+} iyonlarında eksikliğe yol açarak, hücre düzeyinde oksidatif strese neden olduğunu [14, 19, 20] vurgulamaktadır. Fizyolojik bulgular Na^+ ve K^+ iyonlarının aynı protein aracılığıyla taşındığını ve bu nedenle bu iki iyonun rekabet halinde olduğunu

göstermekle birlikte, Na⁺ iyonunun hücre içine alımından sorumlu transport (taşıma) sistemi henüz tam olarak bilinmemektedir [21–23]. Bitki hücrelerinde, metabolik reaksiyonların devamlılığının sağlanabilmesi için K⁺ seviyesinin yüksek olması gerekirken, Na⁺ seviyesinin göreceli olarak düşük olması gerekmektedir [24]. Bunun yanı sıra K⁺ iyonu pek çok enzim için ko-faktör olarak gerekliyken, Na⁺ iyonu için aynı durum söz konusu değildir [25]. Aynı zamanda Na⁺ ve Cl⁻ iyonları fazlalığında protoplazmada Na⁺ yüzdesinin arttığı ve bunun sonucu olarak da enzim ve membran proteinleri üzerine özgül iyon etkisine yol açtığı da bilinmektedir [26–28].

1.1.2. Tuz Stresi ve Membran Geçirgenliği

Hücrelerin membran geçirgenliği, su ve çözünen maddelerin membrandan geçiş özgürlüklerinin bir ifadesidir [29]. Tuz stresi, reaktif oksijen türleri (ROS) üretimini tetiklemekte ve böylece hücre proteinlerine, nükleik asitlere ve membran kararlılığına zarar vermektedir [30]. Membran kararlılığındaki azalma, ROS nedeniyle oluşan lipid peroksidasyonu ile ilişkilendirilmektedir [31]. Bir taksonun farklı tuz toleransı gösteren genotiplerinin membran geçirgenliği, aynı tuzlu koşullar altında değişiklik gösterebilmektedir [32]. *Brassica napus* L. (kanola) üzerine yapılan bir çalışmada, tuza toleranslı genotipte duyarlı olan genotipe göre nispeten daha az membran geçirgenliği gözlemlendiği belirtilmiştir [33]. Bunun yanında, *Atriplex* (unluca), *Fragaria x ananassa* (çilek) [34] ve *Lycopersicon esculentum* (domates) [35] üzerine yapılan çalışmalarda, yüksek konsantrasyonlardaki tuzun membran geçirgenliğinde artışa neden olduğu belirtilmiştir [36].

1.1.3. Tuz Stresi ve Malondialdehit (MDA)

Tuzluluk da dâhil olmak üzere çeşitli abiyotik stresler sonucu oluşan membran zararlanması, çoğunlukla membran lipid peroksidasyonundan kaynaklanmaktadır [37]. Lipid peroksidasyonunun son ürünü olan malondialdehit (MDA) düzeyinin belirlenmesi ve dolayısıyla membran lipid peroksidasyonunun ölçülmesi, oksidatif stresin şiddetinin ve bitkinin hassasiyet derecesinin anlaşılması için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir [37–41]. Erturk ve arkadaşları [43] kiraz sürgünlerindeki MDA miktarına bağlı olarak, tuz

stresi altındaki bitkilerde lipid peroksidasyonunun kontrol bitkilerine göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Mısır üzerine yapılan bir araştırmada, MDA konsantrasyonu ile zar geçirgenliği ve elektrolit sızıntısı arasında anlamlı bir pozitif ilişkinin varlığı bildirilmiştir [44–45]. MDA birikimi, tuz stresi sonucu hücre zarlarında oluşan oksidasyonların belirteci olarak kullanılmaktadır [46].

1.1.4. Tuz Stresi ve Prolin

Yüksek yapılı bitkilerde tuz stresine bağlı olarak amino asit birikimi gözlenmektedir [47–49]. Bu amino asitler arasından prolinin, tuz stresi koşullarında diğer amino asitlere oranla çok daha fazla miktarda biriktiği belirtilmektedir, pek çok araştırmada prolin birikimi ile stres toleransı arasında pozitif ilişki olduğundan söz edilmektedir [49–53]. Prolin, strese maruz kalmış olan bitkilerde ozmotik dengenin sağlanmasında ve hücre içi yapıların korunmasında etkili rol oynamaktadır [54–55].

Populus euphratica kallus dokuları üzerine yapılan bir araştırmada, NaCl'nin çok düşük konsantrasyonlarının bile prolin birikimini tetiklediği gözlenmiştir [42]. Soğan üzerine yapılan bir araştırmada ise, tuzluluk hasarına karşı prolinin hücre membranlarını koruduğu belirtilmektedir [56]. Bunların yanı sıra prolinin, kullanılabilir N birikimini düzenlediği [47, 49], membran kararlılığına katkı sağladığı [57–60] ve NaCl'nin hücre membranında parçalanmaya sebep olan etkisini hafiflettiği [56] söylenmektedir. Prolin birikiminin stres etkisinin mi yoksa stres toleransının mı bir sonucu olduğu tartışmalı olsa da [61], çoğunlukla uyumlu bir osmotik çözünen olarak aktivite gösterdiği bildirilmektedir [62].

1.1.5. Tuz Stresi ve Reaktif Oksijen Türleri (ROS)

Aerobik metabolizmanın kaçınılmaz bir sonucu olarak reaktif oksijen türleri (ROS) oluşur. ROS'lar, hidrojen peroksit (H_2O_2) ve singlet oksijen (1O_2) moleküllerini olduğu gibi, süperoksit anyonu ($O_2^{\bullet-}$) ve hidroksil radikali ($\bullet OH$) gibi serbest radikalleri de içermektedir [63–67].

Optimal koşullarda ROS'lar genellikle kloroplastlarda, mitokondride ve peroksizomlarda düşük miktarlarda üretilirken, stres koşullarında ROS üretimi keskin bir artış göstermektedir [68]. Yüksek konsantrasyonlardaki ROS, organizmalar için son derece zararlıdır ve hücrelerde oksidatif strese neden olduğu bilinmektedir. Çevresel stresler sırasında artış gösteren ROS üretimi, hücreler için lipit peroksidasyonu, protein oksidasyonu, nükleik asit hasarları, enzim inhibisyonu ve programlanmış hücre ölümü gibi tehditler oluşturmaktadır [69–76]. Tuz stresinin de aşırı miktarda ROS üretimi ile sonuçlandığı bilinmektedir [77–78]. Tuzluluk nedeniyle oluşan ROS, lipit peroksidasyonu, protein ve nükleik asit denatürasyonuna yol açarak olağan metabolizmayı bozmaktadır [77–79]. Pirinç [11], limon [12] ve domates [13] üzerine yapılan araştırmalarda, tuzluluk nedeniyle oluşan hücresel toksisitenin en büyük kaynağının ROS kaynaklı membran hasarı olduğu ispatlanmıştır. ROS molekülleri yüksek konsantrasyonlarda sitotoksik maddeler olsa da, düşük konsantrasyonlarda antioksidan savunma mekanizmasına ait gen ifadesinin düzenlenmesinde aracı sinyal moleküller olarak da görev almaktadır [80–81]. Ayrıca düşük konsantrasyonlardaki ROS'un, stomaların kapanması [82–84], programlanmış hücre ölümü [72, 85], biyotik ve abiyotik streslere karşı direnç kazanma [86–87] ve gravitropizma [88] ile ilişkili olduğu düşünölmektedir. ROS'ların sahip oldukları çift yönlü etkileri nedeniyle (yüksek konsantrasyonda toksik, düşük konsantrasyonlarda sinyal molekülü olarak), hücredeki seviyelerinin kontrol altında tutması gereklidir [89].

1.1.6. Tuz Stresi ve Antioksidan Enzimler (SOD, CAT)

Süperoksit radikalleri ($O_2^{\cdot-}$), oksidatif metabolizmanın toksik yan ürünleridir ve H_2O_2 ile tepkimeye girerek, hücrelerdeki oksijen toksisitesinden birincil derecede sorumlu olan yüksek reaktif hidroksil radikallerini ($\cdot OH$) oluşturur [90]. $O_2^{\cdot-}$ 'nin H_2O_2 ve oksijene dismutasyonu, hücreyi korumada ilk adımdır [91]. Antioksidan enzimler, tuzdan kaynaklanan oksidatif hasarı hafifletmek için ROS süpürücüleri olarak rol oynamaktadır [68]. Bitkilerdeki en önemli ROS süpürücü mekanizmaların Süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX) ve katalaz (CAT) olduğu belirtilmektedir [72]. SOD, süperoksit radikalle H_2O_2 üretmek üzere reaksiyona girmekte ve H_2O_2 de APX ve CAT başta olmak üzere peroksidazlar tarafından süpürölmektedir [68, 92].

Dayanıklı buğday genotiplerinde kuraklık, yüksek sıcaklık ve tuzluluk gibi farklı stres koşullarında hücrelerdeki SOD, APX, CAT ve GR enzim aktivitelerinde artış olduğu belirtilmiştir [93–96]. Limon [12] ve domates [13] üzerine yapılan çalışmalarda da tuz toleransının artan SOD, APX ve CAT enzim aktiviteleri ile doğru orantılı olduğu bildirilmiştir. Antioksidan enzim aktivitelerinin tuz stresine yanıt olarak arttığı ve dayanıklı çeşitlerde daha da yüksek olduğu pek çok çalışma ile desteklenmektedir [12, 77, 97–100].

1.2. Tuz Stresi ile İlgili Yapılan *in vivo* ve *in vitro* Uygulamalar

Tuzluluğun olumsuz etkilerini azaltmak ve tuzluluk sebebiyle ortaya çıkan verimlilik kaybını önlemek için, günümüzde bilimsel araştırmalar bu probleme karşı çözüm üretme üzerine yoğunlaşmıştır. Bu amaçla yapılan *in vitro* ve *in vivo* çalışmalar;

- Tuza toleranslı çeşitlerin seçilmesi [101],
- Bitkide tuza toleransı sağlayan genlerin aktivasyonu ile tuza dayanıklılığın uyarılması [102–104],
- Bitkinin yetiştirme ortamına dışarıdan eklenen kimyasal maddeler ile tuz stresinden kaynaklanan bitki bünyesindeki osmotik [102, 105] ve oksidatif stresin azaltılmaya çalışılması [106, 107] olarak özetlenebilir.

Tuzun bitkide oluşturduğu olumsuz etkileri gidermek için çeşitli ekzojenik uygulamalar yapılmaktadır. Bu uygulamalardan bazıları kalsiyum, jasmonik asit, salisilik asit, nitrik oksit ve etilen olup, bitkinin maruz kaldığı çevresel stres faktörlerine karşı meydana gelen yanıtın tetiklenmesine sinyal molekülü olarak rol oynadıkları bildirilmiştir [108–110]. Bu uygulamalardan biri de son yıllarda üzerinde yoğun olarak çalışılan stres koşullarında dıştan hidrojen peroksit (H_2O_2) uygulamasıdır [111].

Bitki doku kültürleri, günümüzde gerek bitkisel materyalin hızlı çoğaltılmasında gerekse ıslah çalışmalarında uygulamadaki yerini almış ve ticari olarak kullanılabilir duruma gelmiştir. Ayrıca *in vitro* yapılacak bir çalışmada değiştirilen herhangi bir koşulun etkisinin tek başına gözlenmesi ve analizi mümkündür. Doku kültürlerinden, bitkilerin *in vivo* koşullarda gösterdikleri tepkileri *in vitro* koşullarda da göstermeleri nedeniyle temel

biyoloji çalışmalarında yararlanılmaktadır. Bu sayede *in vitro* çalışmalarla elde edilen sonuçların *in vivo*'ya aktarılması mümkün olmaktadır [105, 112].

1.2.1. Hidrojen Peroksit (H₂O₂) ve Tuz Stresi

ROS'lar içerisinde H₂O₂ net yük taşımayan, radikal olmayan bir molekül olup [113] diğer ROS'lara göre daha uzun yarı ömre (yaklaşık 1 ms) sahiptir [114] ve daha ziyade uzun mesafe sinyal molekülü olduğu düşünülmektedir [81]. Pek çok araştırma bitkilerde tuz stresi sonrasında içsel H₂O₂ konsantrasyonunun arttığını göstermektedir [83, 115]. H₂O₂ üretim seviyesinin maruz kalınan stresin gücüne ve süresine göre değiştiği bilinmektedir. Üstelik H₂O₂ miktarının hücre organellerine göre farklılık gösterdiği ve stres çeşidine göre H₂O₂ üretim yerinin de değişebildiği belirtilmektedir [116–118]. H₂O₂ ön uygulamasından sonra bitkilerin fazla ışık ve soğuk stresine daha dayanıklı olduğu vurgulanmaktadır [116–120]. Bunun haricinde, dışarıdan uygulanan H₂O₂'nin çeşitli stresler sonucu oluşan membran hasarını ortadan kaldırdığı da belirtilmektedir [121–123].

H₂O₂ bitkilerde çift yönlü bir role sahiptir: düşük konsantrasyonlarda çevresel streslere karşı toleransı tetikleyen bir sinyal molekülü olarak rol oynarken [121–123]; yüksek konsantrasyonlarda programlanmış hücre ölümünü tetiklemektedir [124]. Dıştan uygulanan H₂O₂'in antioksidan enzimlerin metabolizmasını düzenlediği ve sinyallerinin senesens [125], fotorespirasyon ve fotosentez [89], stoma hareketleri [126], hücre döngüsü [123], büyüme, gravitropizma, temel savunma mekanizmalarının düzenlenmesi gibi süreçlerde ve bitkilerdeki gelişimsel süreçte [80, 122] önemli rol oynadığı belirtilmektedir. Yapılan literatür taramalarında düşük dozda dışsal H₂O₂ uygulamasının arpa [127], buğday [128], nohut [129] ve mısır [91] bitkilerinde tuz stresinin toksik etkisini azaltarak büyüme üzerinde olumlu etkileri olduğu görülmüştür. Ayrıca mısırdaki dıştan H₂O₂ uygulamasının tuza toleransı antioksidan enzim aktivitelerini arttırması yoluyla gerçekleştirdiği bildirilmiştir [91]. Soya fasulyesinde, besin çözeltisine uygulanan H₂O₂'in üşüme toleransını arttırdığı bildirilmiştir [130].

Arabidopsis ve bütün bitkilerine H₂O₂ ön uygulamasının yüksek ışık yoğunluğunun sebep olduğu oksidatif zararlardan bitkileri koruduğu kaydedilmiştir [103, 131]. Benzer

şekilde, düşük konsantrasyonlarda H_2O_2 uygulamasının *Zea mays* ve *Vigna radiata*'da yüksek sıcaklığa toleransı arttırdığı ileri sürülmüştür [105, 106, 130]. Parakuat püskürtülmüş ve H_2O_2 ön uygulaması yapılmış genç bezelye yapraklarındaki sağ kalım oranının sadece parakuat uygulananlara göre çok daha yüksek olduğu gözlenmiştir [132].

Son yıllarda *Triticum aestivum* üzerinde *in vivo* koşullarda gerçekleştirilen bir araştırmada tuz stresi altında düşük konsantrasyonlarda dıştan H_2O_2 uygulamasının Na^+ ve Cl^- miktarını azaltarak tuz stresinin şiddetini azalttığı; prolin miktarını, N asimilasyonunu, fotosentetik pigmentleri ve büyümeyi arttırdığı gösterilmiştir [133]. *In vitro* koşullarda *Panax ginseng* üzerinde yapılan bir araştırmada embriyo kültüründe tuz stresi altında dışarıdan düşük konsantrasyonda H_2O_2 uygulamasının bitki büyümesinde ve pigment miktarı üzerinde olumlu sonuçlar verdiği gösterilmiştir [111]. *Populus euphratica* kallus kültüründe ise dıştan H_2O_2 donörü verilerek dolaylı olarak arttırılan içsel H_2O_2 miktarının, K^+/Na^+ oranını arttırdığı gözlenmiştir [134]. Bitki hücrelerinde tuz stresine dayanım için iyon homeostazisi oldukça önemlidir [135–138]. Bir stres sinyali olan H_2O_2 'nin, tuz stresi altındaki bitkilerde antioksidan savunmada da önemli bir aracı olduğu, *P. euphratica* kallus hücrelerinde gösterilmiştir [134].

1.3. Patlıcan (*Solanum melongela* L.) ve Tuz Stresinin Önemi

Patlıcan, Solanaceae familyasının, *Solanum* cinsine dâhil olan [139–140] ve ülkemizde en fazla yetiştiriciliği yapılan yazlık sebzelerden birisidir. FAO istatistiklerinde Türkiye'nin 2012 yılında 799.285 tonluk üretim miktarı ve 26.000 ha'lık üretim alanıyla dünyadaki patlıcan üreticisi ülkeler arasında önemli bir yeri olduğu görülmektedir. Avrupa ülkeleri arasında ise Türkiye, patlıcan üretiminde ilk sırayı almaktadır [141].

Patlıcanda tuzun etkilerini araştırmak için yapılmış *in vivo* çalışmalar [142–143] olmakla birlikte *in vitro* yapılmış çalışmalar [107, 144] sınırlı sayıdadır. Yaşar [101] ve Horasan [144] tarafından patlıcanda *in vivo* ve *in vitro* olarak yürütülen çalışmalarda değişik patlıcan genotiplerinde tuz stresinin büyüme ve gelişme üzerindeki olumsuz etkileri gösterilmiştir. Çalışmalarda ayrıca genotipler arasında tuza tolerans bakımından farklılıklar da olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Diğer yandan, yapılan literatür araştırmasında, patlıcan bitkisinin *in vivo* ya da *in vitro* kültürlerinde H₂O₂'nin etkileri ve tuz stresiyile H₂O₂ etkileşimi hakkında herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır.

Bu nedenle bu çalışmada, H₂O₂ ön uygulamasının iyon dengesi ve antioksidan savunma üzerine etkilerinin yanı sıra, tuz stresinin yıkıcı etkilerini ortadan kaldırabilirliği, tuza toleransı farklı iki patlıcan (*S. melongena* L.) genotipinde araştırılmıştır. *In vitro* koşullarda yürütülen bu çalışmada, 50 ve 100 µM H₂O₂ ön uygulamasının ardından 150 mM NaCl içeren ortamlara aktarılan kallus dokularının yaş ağırlık, membran geçirgenliği, MDA, prolin, iyon ve içsel H₂O₂ miktarları ve antioksidan enzim aktiviteleri belirlenerek genotipler arasındaki değişimler karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Uchida ve arkadaşları *Oryza sativa* 'Nipponbare' (pirinç)'da yaptıkları araştırmada H_2O_2 ve NO'nın tuz ve sıcaklık stres toleransı üzerine etkilerini incelemişlerdir [145]. Çalışmada, 10 μM 'dan düşük konsantrasyonlarda H_2O_2 ve NO ön uygulamasının, tuz ve sıcaklık streslerinde ön uygulama yapılmayan kontrollere göre daha fazla yeşil yaprak dokusu ve fotosistem II için daha yüksek kuantum verimi sağladığı bulunmuştur. Aynı zamanda, ön uygulamaların yalnızca antioksidan enzim aktivitelerini arttırmadığı, stresle ilişkili genlerin ifadesini de tetiklediği gözlenmiştir. Bu bulgular ışığında H_2O_2 ve NO'nın sinyal molekülü gibi rol oynarak tuz ve sıcaklık streslerine toleransı arttırdığı savunulmuştur.

Kim ve arkadaşlarının arpada yaptıkları araştırmada, kontrol bitkisinin kökünde H_2O_2 miktarının sürgündekinin iki katı olduğunu; tuz stresi altında 2 gün süren 200 mM NaCl uygulamasının kökteki H_2O_2 miktarını %70 oranında düşürdüğünü belirtmişlerdir [146]. Bunun nedeni olarak da kökteki H_2O_2 miktarının çoğunlukla CAT aktivitesiyle ilişkili olduğunu ve antioksidan enzimler arasında kökte en çok CAT enziminin arttığını öne sürmüşlerdir.

Agarwal ve arkadaşları su ve sıcaklık stresine duyarlı (Hira genotipi) ve dayanıklı (C 306) olan *Triticum aestivum* (ekmeklik buğday)'un iki farklı genotipi üzerine yapmış oldukları çalışmada, 0.05 mM H_2O_2 ön uygulamasının SOD, APX ve CAT aktivitelerini arttırdığını göstererek H_2O_2 'nin bir sinyal molekül olabileceği yönündeki argümanları desteklemişlerdir [147].

de Azevedo Neto ve arkadaşları, tuza duyarlı bir *Zea mays* (mısır) genotipinde dışsal H_2O_2 ön uygulamasının tuz stresi üzerine etkilerini araştırmıştır [91]. Fideler 2 gün süreyle 1 μM H_2O_2 ön uygulamasına tabi tutmuş, sonrasında fidelere günlük 25 mM olmak üzere toplam 100 mM NaCl uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda H_2O_2 ön uygulamasının bitki büyümesini ve antioksidan enzim aktivitesini artırarak mısır bitkisinin tuz stresine olan dayanıklılığını arttırdığı belirlenmiştir.

Wahid ve arkadaşları *Triticum aestivum* L. cv. MH-97 (buğday) tohumlarını 8 saat süreyle 1–120 μM H_2O_2 ile muamele ettikten sonra 150 mM NaCl içeren ortamlarda çimlendirmişlerdir [148]. H_2O_2 uygulaması turgorun sürekliliğini sağlamış aynı zamanda

tuzluluk nedeniyle Na^+ ve Cl^- miktarları artsa da, dokularda K^+ ve Ca^{2+} seviyelerini yüksek tutarak K^+/Na^+ oranını arttırmıştır. H_2O_2 uygulaması aynı zamanda membran geçirgenliğini ve iyon sızıntısını azaltarak membran yapısını korumuştur.

Zhang ve arkadaşları tarafından *Populus euphratica* (halofit) 'nın kallus dokularında tuzlu koşullar ile NO ve H_2O_2 arasındaki etkileşim araştırılmıştır [134]. 150 mM NaCl'e uygulamasına karşılık dıştan H_2O_2 ve NO donörleri uygulanarak dolaylı olarak dokulardaki H_2O_2 ve NO konsantrasyonları artmıştır. Her iki uygulamanın da K^+/Na^+ oranını arttırdığı belirlenmiştir.

Tanou ve arkadaşları 16 gün 0 ve 150 mM NaCl içeren ortamlarda tuttukları *Citrus aurantium* (turunç) köklerine 8 saat 10 mM H_2O_2 ve 48 saat 100 μM NO donörü olan sodyum nitroprussid (SNP) ön uygulaması yaparak bu uygulamaların bitkilerin yapraklarında antioksidan savunma sistemini tetikleyip tetiklemediğini test etmişlerdir [149]. Her iki ön uygulamanın da SOD, CAT, APX ve GR aktivitelerini arttırdığı ve bu sonuçların H_2O_2 ve NO'nin gerek fizyolojik gerekse NaCl stres koşullarında antioksidan savunmada etkili olduğu savını güçlendirdiği belirtilmektedir.

Hernandez ve arkadaşları tuz stresi altındaki *Brassica oleracea* 'Marathon' (brokoli) köklerinde antioksidan savunma sisteminin cevabını ve düzenlenmesini incelemiş, buna karşılık içsel H_2O_2 miktarının nasıl değiştiğini ve bir stres faktörü olarak mı, yoksa sinyal molekülü olarak mı çalıştığını araştırmışlardır [150]. Tamamen farklılaşmış ve uzama ve farklılaşması devam eden iki ayrı kök zonuna 1, 7 ve 14 gün süreyle 0, 40 ve 80 mM konsantrasyonlarında NaCl uygulanmış ve her iki zonda da en yüksek H_2O_2 birikiminin 80 mM konsantrasyonda uygulanan NaCl ortamında olduğu gösterilmiştir.

Fedina ve arkadaşları *Hordeum vulgare*'de H_2O_2 ön uygulamasının tuz stresi üzerine etkilerini incelemişlerdir [127]. Fidelere 1 ve 5 mM H_2O_2 uygulanmasının ardından 4 ve 7 gün süreyle 150 mM NaCl uygulanmıştır. H_2O_2 ön uygulaması gerçekleştirilen gruplarda yalnızca tuzlu ortamdakilere kıyasla daha yüksek CO_2 fiksasyonu ve daha düşük MDA ve H_2O_2 miktarı belirlenmiştir.

Sun ve arkadaşları tuza toleransı farklı iki *Populus* türü üzerine yapmış oldukları araştırmada tuz stresinin H_2O_2 ve NO (nitrik oksit) üretimi ve iyon homeostazı ve antioksidan savunmayla olan ilişkisini incelemişlerdir [110]. Tuza toleranslı türde

tuzluluğun H_2O_2 , NO'i ve aynı zamanda antioksidan enzim aktivitelerini arttığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, tuz stresi altında artan H_2O_2 ve NO'in tuza toleranslı türde hücrelerin iyon ve ROS'ların homeostazisini düzenlediğini belirtmişlerdir.

Gondim ve arkadaşları *Zea mays* (mısır) hibritlerinde, çimlenme başarısı ve fidelerin tuzluluğa alışmasının farklı süre ve konsantrasyonlardaki H_2O_2 ön uygulaması ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir [151]. Aynı zamanda H_2O_2 ön uygulamasının SOD ve CAT enzim aktivitelerini tuz stresi uygulanan gruplara göre arttırdığını belirtmişlerdir.

Li ve arkadaşları *Triticum aestivum* buğday fidelerinde tuz stresi altında dıştan uygulanan 0,05 μM H_2O_2 'nin MDA miktarını azalttığını ve APX, CAT, SOD ve POX enzim aktivitelerini arttırdığını belirlemişlerdir [152].

Ishibashi ve arkadaşları *Glycine max* (soya)'da H_2O_2 ön uygulamasının kuraklık stresi üzerine olan etkilerini araştırmışlardır [153]. Yapraklara H_2O_2 uygulaması, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında yaprakların fotosentez oranını arttırarak, su miktarını ve stoma geçirgenliğini dengeleyerek kuraklık stresinin belirtilerini azalttığını belirtilmiştir.

Liao ve arkadaşları *Tagetes erecta* (kadife çiçeği) bitkilerinde tuzlu koşullarda dıştan uygulanan NO ve H_2O_2 'in adventif kök gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır [154]. NO veya H_2O_2 uygulamasının kuraklık stresi sonucu mezofil hücrelerinin ultrastrüktürü üzerine oluşan hasarı azalttığını, aynı zamanda klorofil miktarını da arttırdığını belirtmişlerdir.

Hameed ve arkadaşları 0, 300 ve 600 mM NaCl içeren ortamda 8 hafta inkübe ettikleri *Sueda fruticosa* bitkilerine haftada iki kere 100 μM H_2O_2 uygulamıştır [155]. Bulgulara göre dıştan uygulanan H_2O_2 'in büyüme üzerine bir etkisi olmasa da hücrel antioksidan savunma mekanizmalarını arttırdığı bildirilmiştir.

Ashfaq ve arkadaşları *Triticum aestivum* (buğday)'da, 50 ve 100 μM H_2O_2 uygulamasının, Na^+ ve Cl^- iyonlarını azaltarak, prolin miktarını ve N asimilasyonunu ise arttırarak tuz stresinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırdığını gözlemişlerdir [133]. Bunun yanı sıra, H_2O_2 uygulaması gerçekleştirilen gruplarda, yalnızca tuz uygulanan gruplara göre daha yüksek fotosentetik pigment miktarları ve daha yüksek büyüme oranları gözlenmiştir.

İşeri ve arkadaşları *Lycopersicon esculentum* (domates) köklerine 1 saat süreyle 1 mM H₂O₂ uyguladıktan sonra bitkileri 3 °C'de 16 saat bekleterek dışsal H₂O₂ ön uygulamasının soğuk stresi üzerine etkilerini incelemişlerdir [156]. Strese tabi tutulan grupta MDA seviyesi oldukça yüksek gözlenirken, ön uygulama gerçekleştirilen grupta MDA seviyesi kontrol grubuna yakın çıkmıştır. H₂O₂ ön uygulaması aynı zamanda köklerde prolin birikimini sağlamıştır. İçsel H₂O₂ miktarı kontrol ve stres koşullarındaki gruplarda artış gösterirken, H₂O₂ ön uygulama gerçekleştirilen grupta azalmıştır.

Sathiyaraj ve arkadaşları *Panax ginseng* bitkisinde H₂O₂'nin tuz stresi üzerine etkilerini araştırmışlardır [111]. Çalışmada, 2 gün süreyle 100 µM H₂O₂ uygulanan fidelerde tuzluluğa karşı APX ve CAT enzim aktivitelerinde artış gözleendiği ancak MDA ve içsel H₂O₂ miktarında azalma gözleendiği belirlenmiştir.

Ashraf ve arkadaşları *Zea mays* (mısır) tohumlarına dıştan farklı konsantrasyonlarda H₂O₂ uygulanmış ve çimlenmenin birinci haftasından sonra bitkicikleri kuraklık stresi tabi tutulmuşlardır [157]. Çalışmada en yüksek çimlenme oranının 140 mM H₂O₂ uygulanan grupta olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra H₂O₂'in MDA miktarını azalttığı, antioksidan enzim (SOD, CAT ve POX) aktivitelerini arttırdığı ve dolayısıyla da mısır bitkilerinin sürgün ve köklerinin kuru ve taze ağırlıklarını arttırdığı vurgulanmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1. Gereç

Çalışmada bitkisel materyal olarak, *Solanum melongena* L.'in Yaşar [101] tarafından tuza dayanıklı (Mardin) ve tuza duyarlı (Artvin) olarak belirlenen iki genotipine ait tohumlar kullanılmıştır. Tohumlar ticari olarak elde edilmiştir.

3.2. Yöntem

S. melongena tohumları *in vitro* koşullarda çimlendirilmiş, dört haftalık çimlenmiş fidelerden alınan hipokotil eksplantları kallus ortamına dikilmiş, oluşan kalluslar alt kültüre alınarak çoğaltıldıktan sonra tuz ve H₂O₂'in etkilerini gözlemek amacıyla kalluslara çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Doku kültürü çalışmaları Uslu ve Ellialtıoğlu [158]'na göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Doku Kültürü Koşulları

Doku kültürü uygulamalarının tümü aseptik koşullar altında steril kabin içerisinde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan bistüri, pens, cam kavanozlar, şişeler ve petriler otoklavda; kağıtlar ise Pasteur fırınında önceden sterilize edilmiştir. Çalışma odası ve steril kabin, uygulama öncesinde UV ışık altında sterilize edilmiştir (Şekil 3.1). Doku kültürü çalışmaları sırasında kabin içerisinde kullanılan bistüri ve pensler %99'luk etil alkole batırılıp alevden geçirilerek aseptik koşulların devamlılığı sağlanmıştır.



Şekil 3.1. UV ışık altında kabin sterilizasyonu.

3.2.2. Besin Ortamlarının Hazırlanışı

Denemelerde temel besin ortamı olarak Murashige ve Skoog (MS) besin ortamı [159], mineral tuzları ve vitaminleri kullanılmıştır (Çizelge 3.1). Çalışmadaki tüm besin ortamlarının pH'ı 1 N NaOH ya da 1 N HCl yardımı ile 5.7'ye ayarlanmıştır. Besin ortamları 500 veya 1000 ml'lik kapaklı şişeler içerisinde 1.2 atm basınç altında, 121°C sıcaklıkta 20 dakika sürede otoklavda sterilize edilmiştir. Besin ortamları, 10 x 2 cm boyutundaki petri kutularına ve 7,5 x 6,5 cm boyutlarındaki cam kavanozlara sırasıyla 15 ml ve 35 ml steril besin ortamı koyulmuştur.

Çizelge 3.1. Murashige ve Skoog (MS) besin ortamı bileşenleri

<u>Bileşenler</u>	<u>Miktar (mg/L)</u>
KNO ₃	1900
(NH ₄)NO ₃	1650
MgSO ₄ . 7H ₂ O	370
CaCl ₂ . 2H ₂ O	440
KH ₂ PO ₄	170
MnSO ₄ .4H ₂ O	223
KI	0.83
H ₃ BO ₃	6.2
ZnSO ₄ . 7H ₂ O	8.6
CuSO ₄ . 5H ₂ O	0.025
Na ₂ MoO ₄ . 2H ₂ O	0.25
CoCl ₂ . 6H ₂ O	0.025
FeSO ₄ . 7H ₂ O	27.8
Na ₂ EDTA	37.3
Nikotinik asit	0.5
Pridoksin-HCl	0.5
Thiamin-HCl	0.1
Glisin	2.0
Myo-inositol	100
Sakkaroz	30000

3.2.3. Tohumların Yüzey Sterilizasyonu ve Çimlendirilmesi

Patlıcan tohumlarının yüzeyi, distile su ile hazırlanmış olan %25'lik ticari çamaşır suyu ile 20 dakika boyunca çalkalanarak sterilize edilmiştir. Bunun ardından, sterilize kabin içerisinde sodyum hipoklorit süzöldükten sonra, tohumlar 3 defa 5'er dakika steril distile su ile çalkalanarak durulanmıştır. Bu şekilde yüzey sterilizasyonu tamamlanarak tohumlar %2 sakkaroz ve %0.7 agar ilave edilmiş olan hormonsuz MS besin ortamına, cam kavanozlar içerisinde 4'er adet ekilmiştir. İlk bir hafta sürekli karanlık, ardından 16 saat aydınlık 8 saat karanlık fotoperiyodik düzende, 26°C sıcaklık koşullarına sahip iklim odasında aseptik koşullarda tohumlar çimlenmeye bırakılmıştır. Çimlenen tohumlardan elde edilen fidelere ait bir fotoğraf Şekil 3.2.'de verilmiştir.

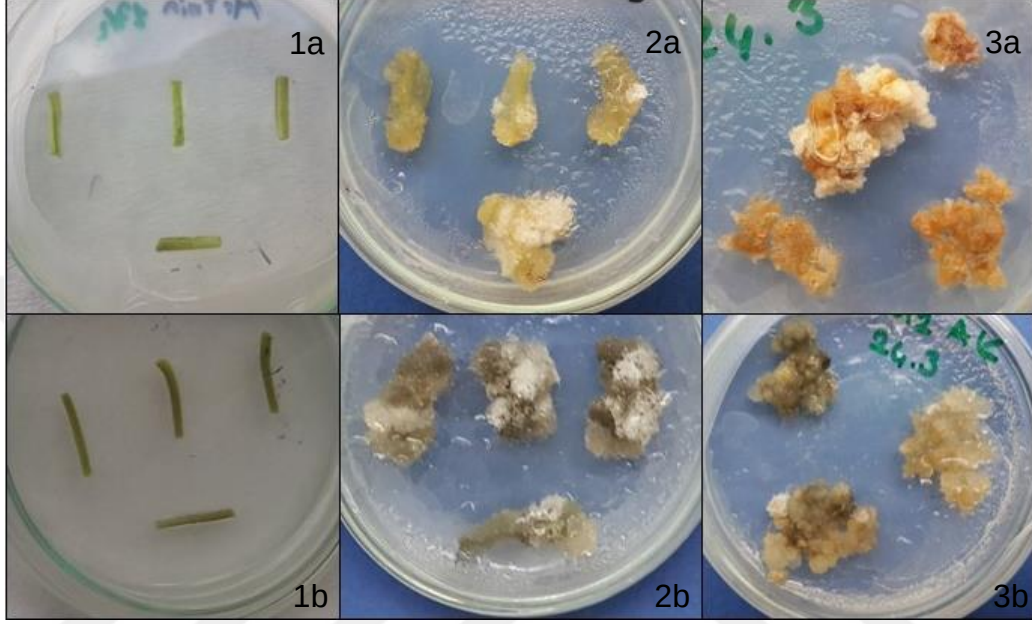


Şekil 3.2. İklim odasında patlıcan fideleri.

3.2.4. Hipokotil Eksplantlarından Kallus Elde Edilmesi ve Alt Kültürler

Dört haftalık çimlenme süresinden sonra, Uslu ve Ellialtıoğlu [158]'na göre patlıcanda en iyi kallus oluşumunun sağlandığı görülen hipokotil dokuları eksplant olarak kullanılmıştır. Buna göre, yaklaşık 15 mm'lik hipokotil parçaları yatay olarak 1,0 mg/L 2.4-D, 0,1 mg/L kinetin, %3 sukroz ve %0,7 agar içeren MS besin ortamına yerleştirilmiş ve $\pm 26^{\circ}\text{C}$ 'de karanlık koşullarda inkübe edilmiştir. Dört hafta sonunda, oluşan kalluslar

ana eksplanttan ayrılarak aynı koşullarda alt kültüre alınmıştır. Çalışmanın bu aşamasıyla ilgili bazı fotoğraflar Şekil 3.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Artvin (a) ve Mardin (b) genotipi patlıcanlara ait kallus kültürleri.

1. Hipokotil eksplantlarının kallus ortamındaki görüntüsü, 2. Hipokotil eksplantından kallus oluşumu, 3. Ana eksplanttan ayrılmış kallus dokusu.

3.2.5. Uygulama Grupları

Alt kültürde 4 hafta süreyle büyütülen kallus dokuları Çizelge 3.2'de listelenen ortamlara aktarılmıştır. Buna göre dört farklı kontrol grubu oluşturulmuştur, bunlar MS ortamı, 150 mM NaCl içeren MS ortamı ve 50 veya 100 μ M H₂O₂ içeren MS ortamlarıdır. Bunun haricinde 48 saat süreyle 50 veya 100 μ M H₂O₂ ön uygulaması yapılan kalluslar 150 mM NaCl içeren ortama aktararak 24 saat süreyle inkübe edilmiştir. Tüm uygulamaların 72. saatinde kalluslar hasat edilerek ölçümler ve analizler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.2. Uygulama grupları.

Uygulama Grupları	Kısaltmalar	
	Artvin Genotipi	Mardin Genotipi
Kontrol	AK	MK
150 mM NaCl	AT	MT
50 µM H ₂ O ₂	A50H	M50H
100 µM H ₂ O ₂	A100H	M100H
50 µM H ₂ O ₂ ön uygulamasının (48 saat) ardından 150 mM NaCl ortamı (24 saat)	A50U	M50U
100 µM H ₂ O ₂ ön uygulamasının (48 saat) ardından 150 mM NaCl ortamı (24 saat)	A100U	M100U

Kısaltmalar; A: Artvin, M: Mardin, K: Kontrol, T: 150 mM NaCl, 50H: 50 µM H₂O₂, 100 H: 100 µM H₂O₂, 50U: 50 µM H₂O₂ ön uygulamasının ardından 150 mM NaCl uygulaması, 100U: 100 µM H₂O₂ ön uygulamasının ardından 150 mM NaCl uygulaması)

3.2.6. Analizler

3.2.6.1. Yaş ağırlık ölçümleri

Kallus gelişimi, uygulama öncesi ve sonrası alınan taze kallus ağırlıkları tartılarak belirlenmiştir. Buna göre, uygulama ortamlarına 1'er gram kallus dikilmiş, kallusların uygulamalar sonrasındaki ağırlıkları belirlenmiş ve bu değer 1 gramdan çıkarılmıştır.

3.2.6.2. İyon analizleri

Kontrol ve uygulama işlemine tabi tutulan kalluslarda Na⁺, K⁺ ve Ca²⁺ iyonlarının miktar tayini için Prakash ve arkadaşları [160] tarafından açıklanan yöntem izlenmiştir. Buna göre, her bir örnek 80°C'de 48 saat kurutulan 100'er mg örnek üzerine 5 ml 0,1 N HNO₃ eklenerek su banyosunda kaynatıldıktan sonra süzölmüştür. Bu işlem iki kez uygulandıktan sonra her seferinde süpernatant alınmıştır. Süpernatanttaki Na⁺, K⁺ ve

Ca²⁺ iyon konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometresinde absorpsanslar okunmuş ve miktarlar mg/ml g T.A. cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.6.3. Membran geçirgenliğinin belirlenmesi

Kallus hücrelerinin membran geçirgenliğinin belirlenmesinde Sun ve arkadaşlarının [110] uyguladığı yöntem izlenmiştir. Bunun için, her bir uygulamadan 0,2 gram kallus örnekleri tartılarak 25°C'de steril suda 2 saat inkübe edilmiş ve iletkenlik (İ1) ölçülmüştür. Daha sonra, kallus örnekleri 1 saat süreyle 95°C'ye yükseltilmiş ve tekrar iletkenlik (İ2) ölçülmüştür. Bağlı membran geçirgenliği toplam iletkenliğin yüzdesi olarak şu şekilde ifade edilmiştir:

$$\text{Membran Geçirgenliği (\%)} = \frac{I_1}{I_2} \times 100$$

3.2.6.4. MDA analizleri

Her uygulamaya ait kallus dokularındaki lipid peroksidasyonunu belirlemek için, tiobarbitirik asit (TBA) - malondialdehit (MDA) kompleksinin oluşumu (lipid peroksidasyonunun son ürünü) kullanılmıştır. MDA miktarı Lutts ve arkadaşları [45]'na göre spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Buna göre, -80°C'de dondurulmuş 0,2 gram ağırlığındaki kallus örnekleri, üzerine 5 ml %0,1'lik TCA eklenerek iyice ezilmiş ve karıştırılmıştır. Karışımlar santrifüj tüplerine aktarılmış ve 12500 rpm hızında 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Ekstraktan 3 ml süpernatant alınarak üzerine 3 ml, içinde 0,5 gram TBA bulunan %20 TCA eklenmiş, 90°C'de 30 dk reaksiyona sokulmuş ve buz banyosunda reaksiyon sonlandırılmıştır. Örneklerin 532 ve 600 nm'de absorpsans değerleri (A) spektrofotometrede okunmuştur. Kör olarak içinde 0,5 gram TBA bulunan %20 TCA kullanılmıştır. Kallus dokusundaki MDA miktarı,

$$\text{MDA} = \frac{(A_{532} - A_{600}) \times \text{Ekstraksiyon Hacmi(ml)}}{[155 \text{ mM/cm} \times \text{Örnek miktarı(mg)}]}$$

formülü kullanılarak µmol/g T.A. olarak hesaplanmıştır.

3.2.6.5. İçsel H₂O₂ analizleri

Kallus dokularındaki içsel H₂O₂ miktarı Velikova ve arkadaşlarının [161] açıkladığı yöntemle göre hazırlanan ekstraktlarda spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Buna göre, 0,5 gram tartılan kalluslar 5 ml %0,1'lik TCA ile havanda ezilmiştir. Homojenat 12000 rpm devirde 20 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatanta 0,5 ml 10 mM potasyum fosfat tamponu (pH:7,0) ve 1 ml 1 M KI eklenmiştir. Süpernatantın absorbansı 390 nm'de okunmuş ve sonuçlar standart grafiklerle kıyaslanarak µmol/g T.A. H₂O₂ olarak hesaplanmıştır.

3.2.6.6. Prolin analizleri

Kalluslardaki içsel prolin miktarının belirlenmesinde Bates ve arkadaşlarının [162] rapor ettikleri yöntem kullanılmıştır. Buna göre, 2,5 gram ninhidrin 60 ml glasiyel asetik asit ve 40 ml 6 M Fosforik asit (H₃PO₄) içerisinde çözündürülmüştür. 0,5 gram kallus örneği tartılarak 10 ml %3'lük sülfosalisilik asit solüsyonunda homojenize edilmiş ve homojenat 2 katlı Whatman no.1 kâğıdıyla süzölmüştür. 2 ml'lik filtrat 2 ml asit-ninhidrin ve 2 ml glasiyel asetik asitle 1 saat 100°C'de reaksiyona sokulmuş, reaksiyon buz banyosunda sonlandırılmıştır. Reaksiyon karışımı 4 ml tolüenle 15-20 saniye vortekslenerek çıkarılmıştır. Tolüen içeren kromofor sıvı fazdan buharlaştırılmıştır. Kör tüpe tolüen eklenerek 520 nm dalga boyunda absorbans değerleri kaydedilmiştir. Prolin miktarı $[(\mu\text{g prolin/ml} \times \text{ml tolüen}) / 115,5 \mu\text{g}/\mu\text{mol}] / [(g \text{ örnek})/5] = \text{prolin } \mu\text{mol/g T.A.}$ formülü ile hesaplanmıştır.

3.2.6.7. Enzim analizleri

Kallus dokularındaki antioksidant enzim aktivitelerinin belirlenmesinde Cakmak & Marschner [163] ve Cakmak [164]'ın yöntemleri izlenmiştir. Buna göre 0,5 gram taze kallus dokusu sıvı azotta ezilmiş ve içerisinde 0,1 mM Na-EDTA bulunan 10 ml 50 mM'lık (pH 7.6) tampon çözeltisi ile homojenize edilmiştir. Örnekler daha sonra 15000 g ve +4°C'de 15 dk santrifüj edilmiş ve elde edilen süpernatantlardan enzim aktiviteleri belirlenmiştir.

Katalaz (CAT) aktivitesi, spektrofotometrede H_2O_2 'nin 240 nm'de ($E = 39.4 \text{ nM cm}^{-1}$) parçalanma oranı esas alınarak ölçülmüştür. Buna göre, son hacmi 1 ml olan reaksiyon ortamında 0,1 mM EDTA içeren 25 mM'lık fosfat tamponu (pH 7.6), 0,1 ml 100 mM H_2O_2 ve enzim ekstraktı bulunmaktadır. Yukarıda hazırlanışı açıklanan ekstrakta 10'ar saniye ara ile 1 dakika süredeki H_2O_2 dekompozisyonu spektrofotometrede okunmuş ve CAT enzim aktivitesi $\mu\text{mol/dak/g T.A.}$ olarak hesaplanmıştır.

Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi NBT'nin (Nitro Mavi Tetrazolyum Klorür) ışık altında O_2^- tarafından indirgenmesi yöntemine göre ölçülmüştür. Buna göre, son hacim 5 ml olacak şekilde cam şişeler içinde oluşturulan reaksiyon ortamına önce 0,1 mM Na-EDTA içeren 50 mM'lık (pH 7,6) fosfat tamponundan koyulduktan sonra üzerine sırasıyla enzim ekstraktı (25-100 μl), 0,5 mM Na_2CO_3 (pH 10,2), 0,5 ml 12 mM L-metiyonin, 0,5 ml 75 μM p-NBT ve 0,5 ml 10 μM riboflavin eklenmiştir. NBT'nin O_2^- tarafından indirgenmesi ise örneklerin 24°C ve 400 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık intensitesi altında 10-15 dakika tutulması ile sağlamıştır. SOD aktivitesi U/dak/g T.A. olarak hesaplanmıştır. Bir SOD aktivite ünitesi, (U) 560 nm'de ölçülen NBT'un indirgenme oranının %50'sinin engellenmesi için gereken enzim miktarı olarak ifade edilmiştir.

3.2.6.8. İstatistiksel analiz

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Verilere ait istatistiksel analizler IBM SPSS 23.0 programı kullanılarak yapılmıştır. LSD (least significant difference) testi kullanılarak ortalamalar arası farkların önem kontrolü yapılmıştır [165]. Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak bulgular arasındaki ilişki ortaya konmuştur.

4. BULGULAR

Bu bölümde, kontrol, 150 mM NaCl, sadece 50 ve 100 μ M H₂O₂ ve 50 ve 100 μ M H₂O₂ ön uygulamasını takiben 150 mM NaCl içeren ortama aktarılan Artvin ve Mardin genotipine ait kallus dokularında yaş ağırlık, membran geçirgenliği, MDA, prolin, iyon, içsel H₂O₂ miktarları ve antioksidan enzim aktiviteleri ile ilgili değişimler yer almaktadır.

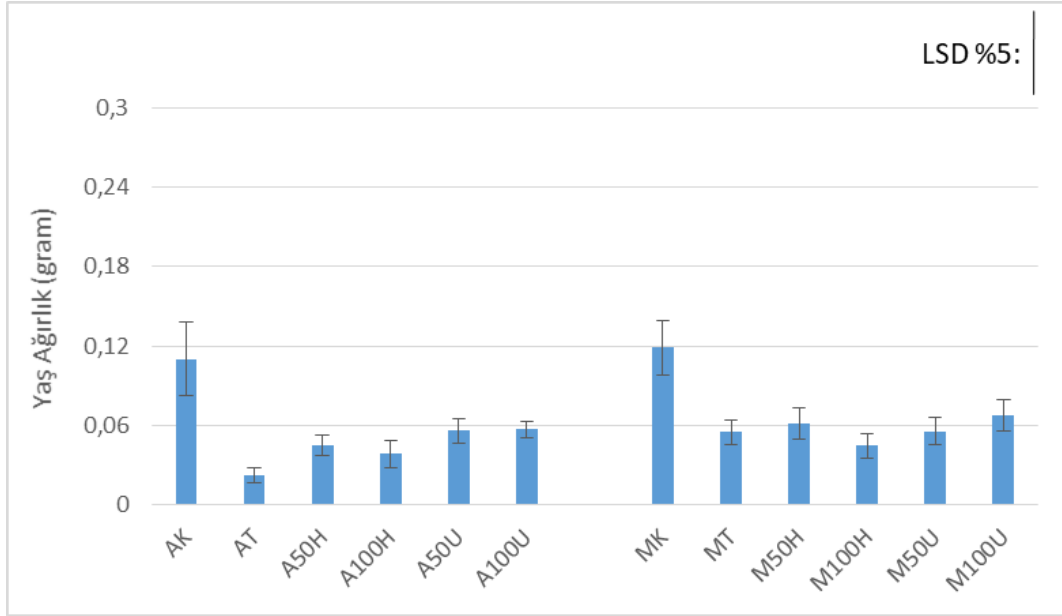
4.1. Yaş Ağırlık Değişimleri

Her iki genotipe ait yaş ağırlık değişimleri Çizelge 4.1'de ve Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Tuz uygulanan gruplarda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında yaş ağırlıklar Artvin genotipinde %80,00 Mardin genotipinde ise %53,78 oranında anlamlı bir şekilde azalmıştır. Sadece 50 ve 100 μ M H₂O₂ içeren ortamlarda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında yaş ağırlıklar Artvin genotipinde sırasıyla %59,09 ve %64,55, Mardin genotipinde ise %48,74 ve %62,18 oranında anlamlı bir şekilde azalmıştır. 50 ve 100 M H₂O₂ ön uygulamalarının ardından tuz uygulanan gruplarda yalnız tuz uygulanan gruplar ile karşılaştırıldığında yaş ağırlıklar Artvin genotipinde sırasıyla %30,91 ve %31,82, Mardin genotipinde ise %0,84 ve %10,08 farkla artmış olsa da, bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.1. Kallus dokularında yaş ağırlık değişimleri.

Yaş Ağırlık Değişimleri (gram)					
Genotip/Uygulama	Ağırlık Farkı	Kontrole Göre Yüzde Azalma (%)	Genotip/Uygulama	Ağırlık Farkı	Kontrole Göre Yüzde Azalma (%)
AK	0,110 ±0,027		MK	0,119 ±0,020	
AT	0,022 ±0,006	-80,00	MT	0,055 ±0,010	-53,78
A50H	0,045 ±0,008	-59,09	M50H	0,061 ±0,012	-48,74
A100H	0,039 ±0,011	-64,55	M100H	0,045 ±0,010	-62,18
A50U	0,056 ±0,009	-49,09	M50U	0,056 ±0,010	-52,94
A100U	0,057 ±0,006	-48,18	M100U	0,067 ±0,012	-43,70

*Kısaltmalar gereç ve yöntemlerde yer almaktadır.



Şekil 4.1. Kallus dokularında yaş ağırlık değişimleri.
($p < 0,05$, $LSD = 0,0549$)

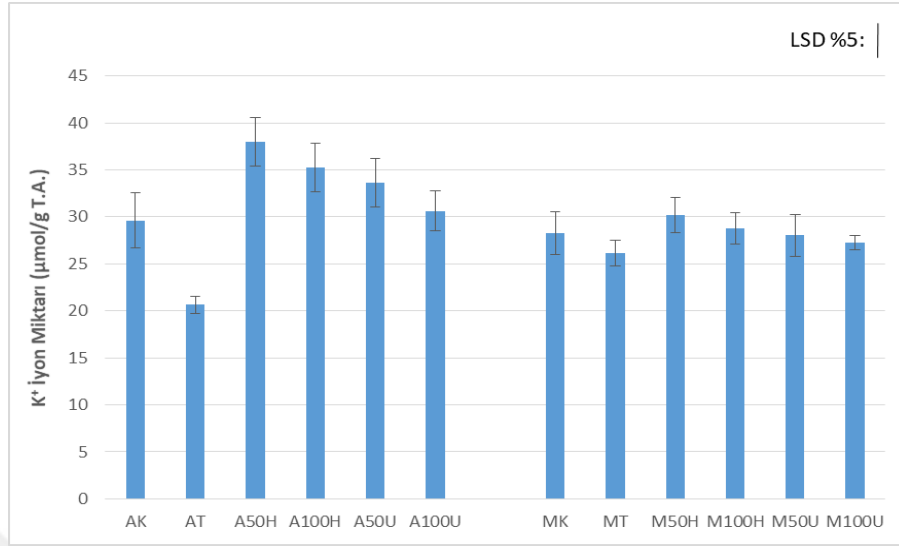
4.2. İyon Miktarlarındaki Değişimler

4.2.1. K⁺ Miktarındaki Değişimler

Her iki genotipe ait kallus dokularında K⁺ miktarındaki değişimler Çizelge 4.2’de ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Kontrol grupları ile karşılaştırıldığında yalnızca tuz uygulanan gruplarda kallus dokularındaki K⁺ miktarının Artvin genotipinde %30,28, Mardin genotipinde ise %7,51 oranında azaldığı görülmüştür. Sadece 50 ve 100 µM H₂O₂ içeren ortamlarda her iki genotipte de kontrol grupları ile karşılaştırıldığında K⁺ miktarı artmıştır. Her iki genotipte de 50 ve 100 µM H₂O₂ ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplar, yalnız kontrol ve yalnız tuz uygulamasıyla karşılaştırıldığında ise, benzer şekilde K⁺ iyon miktarının arttığı görülmektedir. Tuz uygulamaları ile karşılaştırıldığında Artvin genotipinde en yüksek K⁺ iyonu artışı %43,82 farkla, Mardin genotipinde ise %6,73 farkla 50 µM H₂O₂ ön uygulamasında görülmüştür.

Çizelge 4.2. Kallus dokularında K⁺ miktarı değişimleri.

K⁺ Miktarı (µmol/g T.A.)					
Genotip/Uygulama	K⁺ Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)	Genotip/Uygulama	K⁺ Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)
AK	29,62 ±2,93		MK	28,24 ±2,29	
AT	20,65 ±0,91	-30,28	MT	26,12 ±1,39	-7,51
A50H	37,99 ±2,56	+28,26	M50H	30,18 ±1,86	+6,87
A100H	35,24 ±2,56	+18,97	M100H	28,77 ±1,65	+1,88
A50U	33,63 ±2,63	+13,54	M50U	28,02 ±2,22	-0,78
A100U	30,61 ±2,13	+3,34	M100U	27,24 ±0,79	-3,54



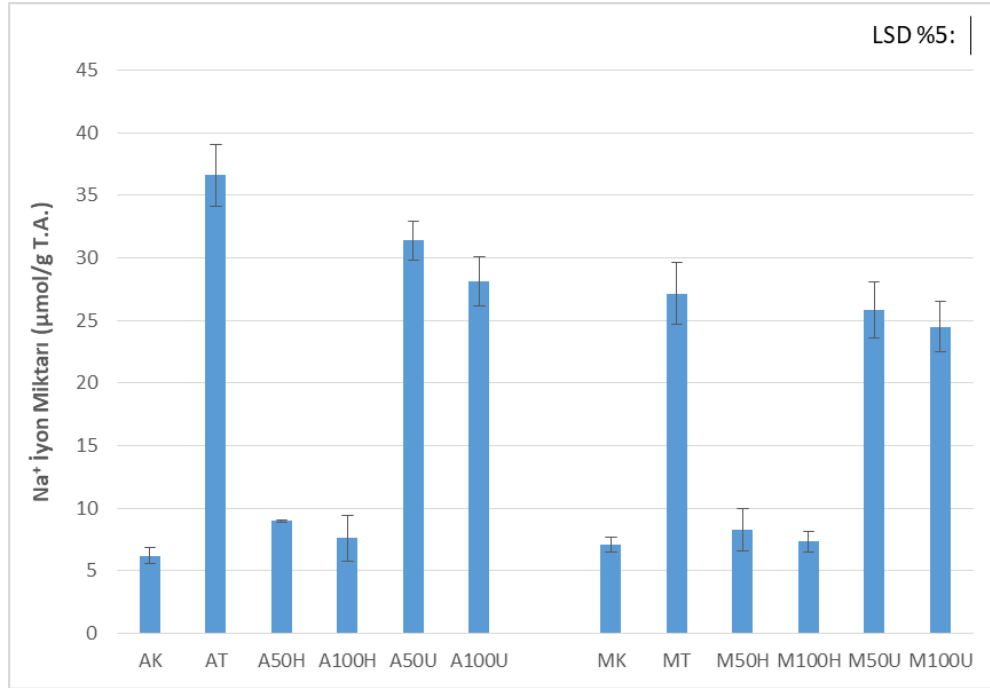
Şekil 4.2. Kallus dokularında K⁺ miktarı değişimleri.
(p<0,05, LSD=3,710)

4.2.2. Na⁺ Miktarındaki Değişimler

Artvin ve Mardin genotiplerine ait kallus dokularında Na⁺ miktarındaki değişimler Çizelge 4.3'te ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında tuzlu ortam Na⁺ iyon miktarını Artvin genotipinde %490,32, Mardin genotipinde ise %283,48 oranında anlamlı bir şekilde arttırmıştır (p<0,05). Sadece 50 ve 100 µM H₂O₂ içeren ortamlardaki kallus dokularında her iki genotipte de kontrol gruplarına göre Na⁺ iyon miktarını arttırmış olsa da bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. 50 µM H₂O₂ ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplar, yalnız tuz uygulanan grup ile karşılaştırıldığında Na⁺ miktarını Artvin genotipinde %84,03'lük, Mardin genotipinde ise %18,79'lük farkla azaltmıştır. 100 µM H₂O₂ ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda ise bu farklar sırasıyla %137,25 ve %37,43 olmak üzere, Na⁺ miktarı her iki genotipte de daha etkili bir şekilde azalmıştır.

Çizelge 4.3. Kallus dokularında Na⁺ miktarı değişimleri.

Na ⁺ Miktarı (μmol/g T.A.)					
Genotip/Uygulama	Na ⁺ Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)	Genotip/Uygulama	Na ⁺ Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)
AK	6,2 ±0,67		MK	7,08 ±0,58	
AT	36,6 ±2,48	+490,32	MT	27,15 ±2,46	+283,48
A50H	8,98 ±0,07	+44,84	M50H	8,28 ±1,72	+16,95
A100H	7,59 ±1,87	+22,42	M100H	7,31 ±0,84	+3,25
A50U	31,39 ±1,58	+406,29	M50U	25,82 ±2,25	+264,69
A100U	28,09 ±1,98	+353,07	M100U	24,5 ±2,05	+246,05



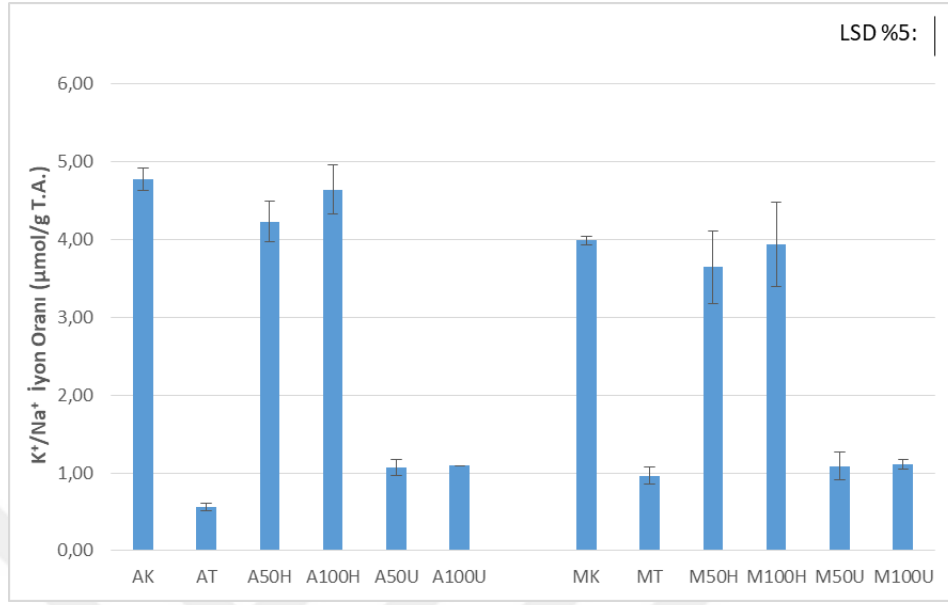
Şekil 4.3. Kallus dokularında Na⁺ miktarı değişimleri.
(p<0,05, LSD=2,997)

4.2.3. K⁺/Na⁺ Oranındaki Değişimler

Patlıcan genotiplerine ait K⁺/Na⁺ oranları ile ilgili değişimler Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında tuz uygulaması K⁺/Na⁺ oranını Artvin genotipinde %88,29, Mardin genotipinde %75,94 oranında azaltmıştır. Sadece 50 ve 100 M H₂O₂ içeren ortamlarda ise K⁺/Na⁺ oranını sırasıyla Artvin genotipinde %11,51 ve %2,93, Mardin genotipinde %8,77 ve %1,25 oranlarında azaltmıştır. 50 ve 100 M H₂O₂ ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplar K⁺/Na⁺ oranını tuz ortamla karşılaştırıldığında Artvin genotipinde sırasıyla %10,67 ve %11,09 farkla, Mardin genotipinde %3,26 ve %3,76 farkla arttırmıştır.

Çizelge 4.4. Kallus dokularında K⁺/Na⁺ oranları.

K ⁺ /Na ⁺ Oranları					
Genotip/Uygulama	K ⁺ /Na ⁺ Oranı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)	Genotip/Uygulama	K ⁺ /Na ⁺ Oranı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)
AK	4,78 ±0,15		MK	3,99 ±0,05	
AT	0,56 ±0,05	-88,29	MT	0,96 ±0,11	-75,94
A50H	4,23 ±0,26	-11,51	M50H	3,64 ±0,47	-8,77
A100H	4,64 ±0,32	-2,93	M100H	3,94 ±0,54	-1,25
A50U	1,07 ±0,11	-77,62	M50U	1,09 ±0,18	-72,68
A100U	1,09 ±0,00	-77,20	M100U	1,11 ±0,06	-72,18



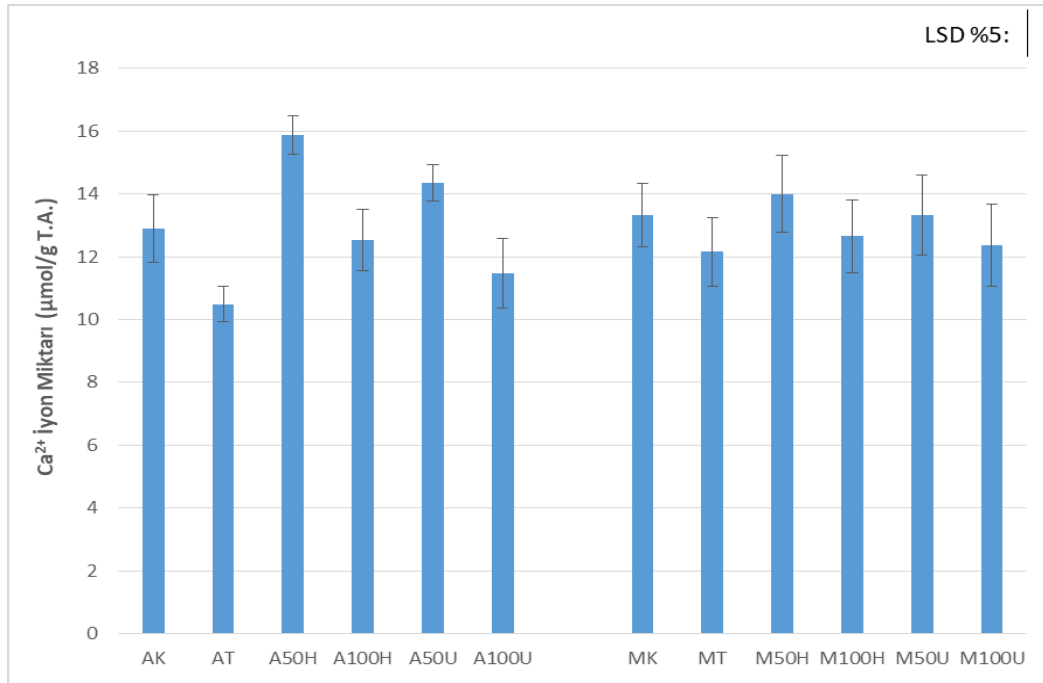
Şekil 4.4. Kallus dokularında K⁺/Na⁺ oranları.
(p<0,05, LSD=0,688)

4.2.4. Ca²⁺ Miktarındaki Değişimler

Artvin ve Mardin genotiplerine ait kallus dokularında Ca²⁺ miktarındaki değişimler, kontrol gruplarına kıyasla yüzde değerleriyle birlikte Çizelge 4.5'te ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Tuz uygulaması kontrol grupları ile karşılaştırıldığında Ca²⁺ miktarı Artvin genotipinde %18,62, Mardin genotipinde ise %8,92 oranında azalmıştır. Sadece 50 μM H₂O₂ içeren ortamlarda Artvin genotipinde daha yüksek olmakla birlikte her iki genotipte de Ca²⁺ miktarı kontrol gruplarına göre artmıştır. Sadece 100 μM H₂O₂ içeren ortamda ise kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında Ca²⁺ miktarını Artvin genotipinde %2,71 Mardin genotipinde ise %5,17 oranında azalmıştır. 50 μM H₂O₂ ön uygulaması ardından tuz uygulanan gruplarda kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında Artvin genotipinde %11,40'lık bir artış sağlarken, Mardin genotipinde %0,15'lik bir azalma olmuştur. 100 μM H₂O₂ ön uygulaması ardından tuz uygulanan gruplarda ise Artvin genotipinde %11,02, Mardin genotipinde ise %7,27 azalma görülmüştür. H₂O₂ ön uygulamalarının yapmış olduğu etkiler yalnızca tuz uygulanan grup ile karşılaştırıldığında, Ca²⁺ miktarının her iki genotipte de 50 μM H₂O₂ dozunda 100 μM uygulamasına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Kallus dokularında Ca^{2+} miktarı değişimleri.

Ca^{2+} Miktarı ($\mu\text{mol/g T.A.}$)					
Genotip/Uygulama	Ca^{2+} Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)	Genotip/Uygulama	Ca^{2+} Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)
AK	12,89 $\pm 1,08$		MK	13,34 $\pm 1,01$	
AT	10,49 $\pm 0,57$	-18,62	MT	12,15 $\pm 1,09$	-8,92
A50H	15,88 $\pm 0,62$	+23,20	M50H	14 $\pm 1,22$	+4,95
A100H	12,54 $\pm 0,97$	-2,71	M100H	12,65 $\pm 1,16$	-5,17
A50U	14,36 $\pm 0,58$	+11,40	M50U	13,32 $\pm 1,28$	-0,15
A100U	11,47 $\pm 1,10$	-11,02	M100U	12,37 $\pm 1,31$	-7,27



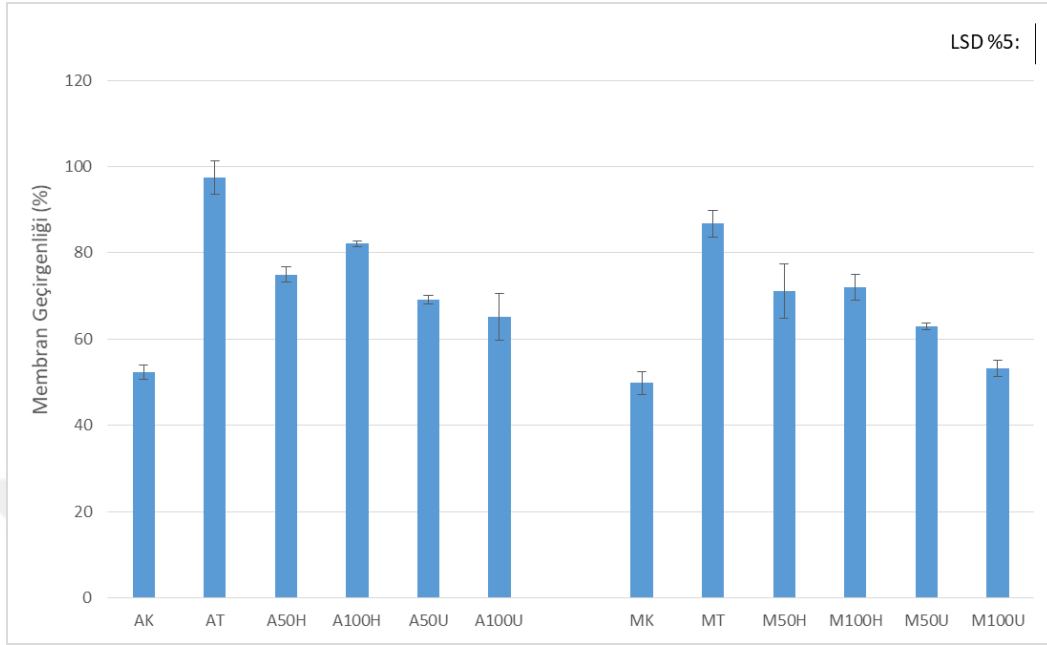
Şekil 4.5. Kallus dokularında Ca^{2+} miktarı değişimleri.
($p < 0,05$, $\text{LSD} = 1,790$)

4.3. Membran Geçirgenliğindeki Değişimler

Artvin ve Mardin genotiplerine ait kallus dokularında membran geçirgenliğindeki değişimler Çizelge 4.6'da ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Tuz uygulaması, membran geçirgenliğini kontrol gruplarına göre Artvin genotipinde %86,28 oranında, Mardin genotipini ise %73,93 oranında anlamlı bir şekilde arttırmıştır ($p<0,05$). Sadece 50 ve 100 μM H_2O_2 , her iki genotipte de kontrol grubuyla karşılaştırıldığında membran geçirgenliği anlamlı bir arttırsa da, bu artışlar tuzluluk kadar yüksek olmamıştır. 50 ve 100 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda, yalnız tuz uygulanan grup ile karşılaştırıldığında membran geçirgenliğinin Artvin genotipinde sırasıyla %54,07 ve %61,75, Mardin genotipinde ise %47,63 ve %67,19 farkla anlamlı bir şekilde azaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.6. Kallus dokularında membran geçirgenliği değişimleri.

Membran Geçirgenliği (%)					
Genotip/Uygulama a	Membran Geçirgenliği i	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)	Genotip/Uygulama	Membran Geçirgenliği i	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)
AK	52,32 $\pm 1,71$		MK	49,85 $\pm 2,65$	
AT	97,46 $\pm 3,88$	+86,28	MT	86,71 $\pm 2,99$	+73,93
A50H	74,98 $\pm 1,67$	+43,30	M50H	71,15 $\pm 6,27$	+42,71
A100H	82,10 $\pm 0,71$	+56,91	M100H	71,97 $\pm 2,93$	+44,37
A50U	69,17 $\pm 0,99$	+32,21	M50U	62,97 $\pm 0,73$	+26,30
A100U	65,15 $\pm 5,33$	+24,53	M100U	53,21 $\pm 1,86$	+6,74



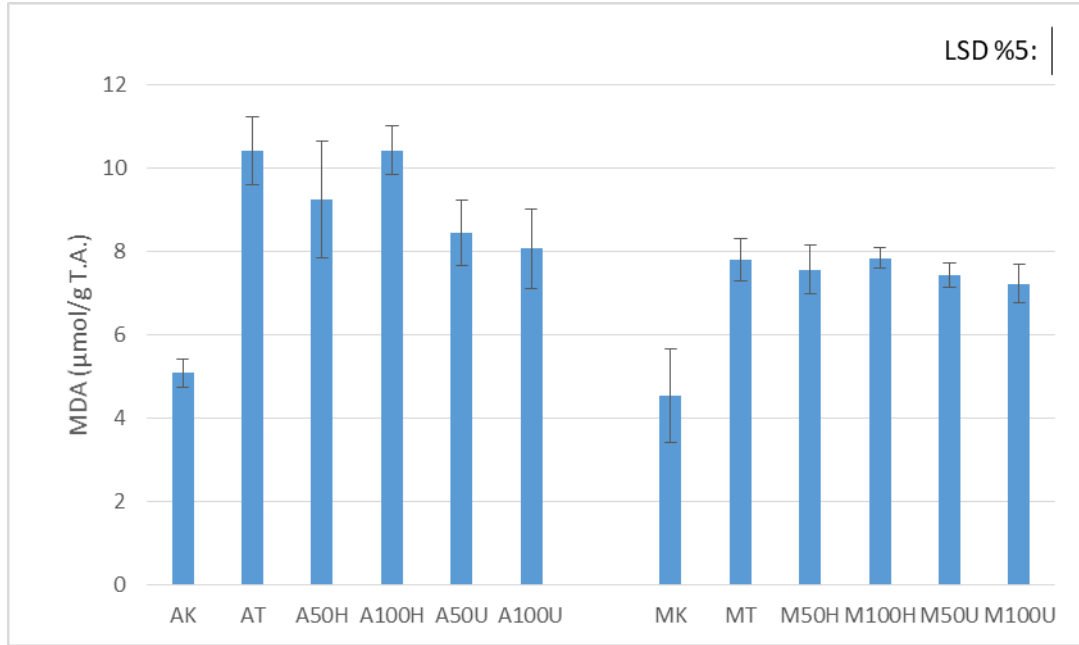
Şekil 4.6. Kallus dokularında membran geçirgenliği değişimleri.
($p < 0,05$, $LSD = 5,455$)

4.4. MDA Miktarındaki Değişimler

Artvin ve Mardin genotiplerine ait kallus dokularında MDA miktarındaki değişimler Çizelge 4.7’de ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Tuz uygulanan gruplar, kontrol grupları ile karşılaştırıldığında MDA miktarında Artvin genotipinde %104,72, Mardin genotipinde ise %71,97’lik anlamlı bir artış görülmüştür ($p < 0,05$). Sadece 50 μM H_2O_2 içeren ortamlar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında Artvin genotipinde %81,89, Mardin genotipinde ise %66,89’luk anlamlı bir artış; sadece 100 μM H_2O_2 uygulamasında ise Artvin genotipinde %105,12, Mardin genotipinde %73,07’lik anlamlı bir artış görülmüştür. 50 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda MDA miktarının, yalnızca tuz uygulaması ile karşılaştırıldığında Artvin genotipinde %37,99 ve Mardin genotipinde %8,17 farkla azaldığı görülmüştür. 100 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda yalnızca tuz uygulaması ile karşılaştırıldığında MDA miktarının Artvin genotipinde %46,06 ve Mardin genotipinde %12,37 farkla azaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.7. Kallus dokularında MDA miktarındaki değişimler.

MDA Miktarı (μmol/g T.A.)					
Genotip/Uygulama	MDA Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)	Genotip/Uygulama	MDA Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)
AK	5,08 ±0,34		MK	4,53 ±1,13	
AT	10,40 ±0,81	+104,72	MT	7,81 ±0,51	+71,97
A50H	9,24 ±1,41	+81,89	M50H	7,56 ±0,58	+66,89
A100H	10,42 ±0,59	+105,12	M100H	7,84 ±0,26	+73,07
A50U	8,45 ±0,79	+66,73	M50U	7,42 ±0,29	+63,80
A100U	8,06 ±0,95	+58,66	M100U	7,23 ±0,46	+59,60



Şekil 4.7. Kallus dokularında MDA miktarındaki değişimler.

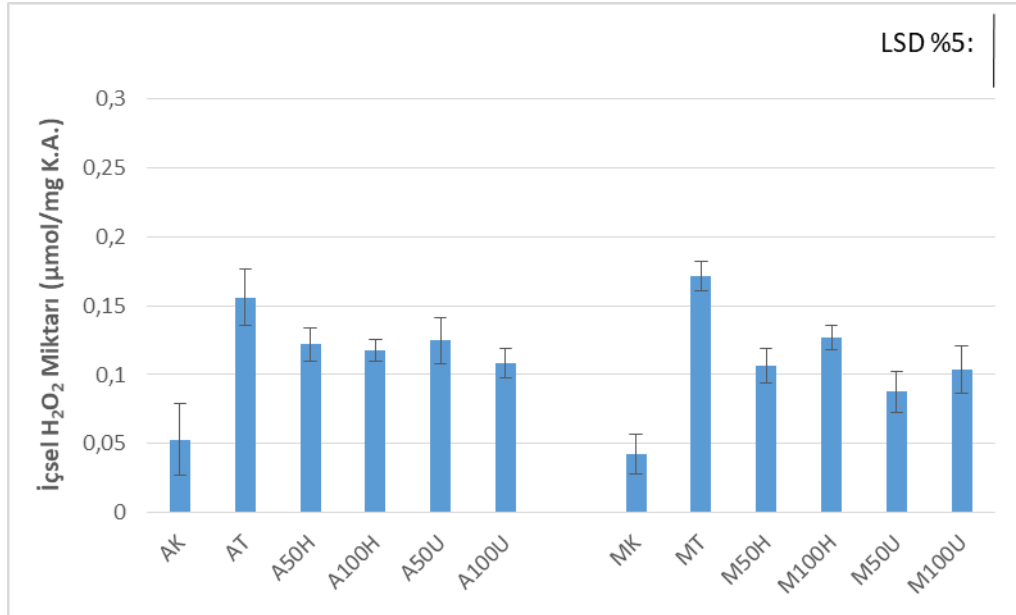
($p < 0,05$, $LSD = 1,309$)

4.5. İçsel H₂O₂ Miktarındaki Değişimler

Artvin ve Mardin genotiplerine ait kallus dokularındaki içsel H₂O₂ miktarındaki değişimler izelge 4.8’de ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında tuz uygulaması, içsel H₂O₂ miktarını Artvin genotipinde %194,34, Mardin genotipinde ise %309,52 oranında anlamlı bir şekilde arttırmıştır (p<0,05). Sadece 50 µM H₂O₂ içeren ortamlarda kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında Artvin genotipinde %130,19’luk, Mardin genotipinde ise %154,76’lık anlamlı bir artış belirlenmiştir. Kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında sadece 100 µM H₂O₂ içeren ortamlarda içsel H₂O₂ miktarını Artvin genotipinde %122,64, Mardin genotipinde ise %202,38 oranında artmıştır. 50 µM H₂O₂ ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda yalnızca tuz uygulaması ile karşılaştırıldığında içsel H₂O₂ miktarının Artvin genotipinde %58,5’lik, Mardin genotipinde ise %200’lük farkla azaldığı belirlenmiştir. 100 µM H₂O₂ ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda yalnızca tuz uygulaması ile karşılaştırıldığında, içsel H₂O₂ miktarını Artvin genotipinde %88,68’lik, Mardin genotipinde ise %161,9’luk bir farkla azaldığı belirlenmiştir. 50 ve 100 µM H₂O₂ ön uygulamalarının etkisi birbirleriyle karşılaştırıldığında, Artvin genotipinde 100 µM, Mardin genotipinde ise 50 µM H₂O₂ ön uygulamasının içsel H₂O₂’i daha az arttırdığı görölmektedir.

Çizelge 4.8. Kallus dokularında içsel H₂O₂ miktarındaki değişimler.

İçsel H ₂ O ₂ Miktarı (μmol/mg K.A.)					
Genotip/Uygulama	İçsel H ₂ O ₂ Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)	Genotip/Uygulama	İçsel H ₂ O ₂ Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)
AK	0,053 ±0,026		MK	0,042 ±0,014	
AT	0,156 ±0,021	+194,34	MT	0,172 ±0,011	+309,52
A50H	0,122 ±0,012	+130,19	M50H	0,107 ±0,013	+154,76
A100H	0,118 ±0,008	+122,64	M100H	0,127 ±0,009	+202,38
A50U	0,125 ±0,017	+135,84	M50U	0,088 ±0,015	+109,52
A100U	0,109 ±0,011	+105,66	M100U	0,104 ±0,017	+147,62



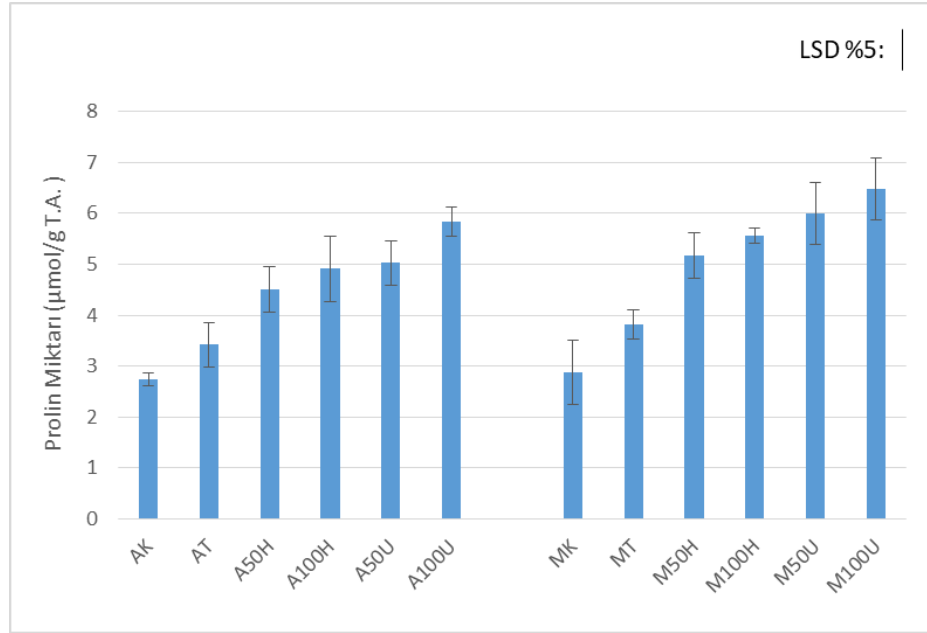
Şekil 4.8. Kallus dokularında içsel H₂O₂ miktarındaki değişimler.
(p<0,05, LSD=0,055)

4.6. Prolin Miktarındaki Değişimler

Artvin ve Mardin genotiplerine ait kallus dokularındaki prolin miktarlarındaki değişimler Çizelge 4.9'da ve Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında tuz uygulaması prolin miktarını Artvin genotipinde %24,82, Mardin genotipinde %33,10 değerinde arttırmıştır. Sadece 50 μM H_2O_2 içeren ortamda, prolin miktarı kontrol grubuna kıyasla Artvin genotipinde %64,60, Mardin genotipinde %80,14 oranında artarken, sadece 100 μM H_2O_2 içeren ortamda ise Artvin genotipinde %79,20, Mardin genotipinde %93,73 oranında artmıştır. 50 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplar, kontrol grupları ile karşılaştırıldığında prolin miktarı Artvin genotipinde %83,58, Mardin genotipinde %108,71 oranında artmıştır. 100 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulaması 50 μM H_2O_2 ön uygulaması ile karşılaştırıldığında prolin miktarını Artvin genotipinde %29,56, Mardin genotipinde %17,07 oranında arttırmıştır. Sadece tuz uygulamasına göre prolin miktarının, Artvin genotipinde 50 μM H_2O_2 ön uygulamasında %58,76, 100 μM H_2O_2 ön uygulamasında ise %88,32 farkla arttığı görülmüştür. Mardin genotipine bakıldığında 50 μM H_2O_2 ön uygulaması, prolin miktarını %75,61'lik, 100 μM H_2O_2 ön uygulaması ise %92,68'lik bir farkla arttırmıştır.

Çizelge 4.9. Kallus dokularında prolin miktarı değişimleri.

Prolin Miktarı (μmol/g T.A.)					
Genotip/Uygulama	Prolin Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)	Genotip/Uygulama	Prolin Miktarı	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)
AK	2,74 ±0,13		MK	2,87 ±0,63	
AT	3,42 ±0,44	+24,82	MT	3,82 ±0,29	+33,10
A50H	4,51 ±0,44	+64,60	M50H	5,17 ±0,45	+80,14
A100H	4,91 ±0,65	+79,20	M100H	5,56 ±0,14	+93,73
A50U	5,03 ±0,44	+83,58	M50U	5,99 ±0,61	+108,71
A100U	5,84 ±0,28	+113,14	M100U	6,48 ±0,61	+125,78



Şekil 4.9. Kallus dokularında prolin miktarı değişimleri.
($p < 0,05$, $LSD = 1,088$)

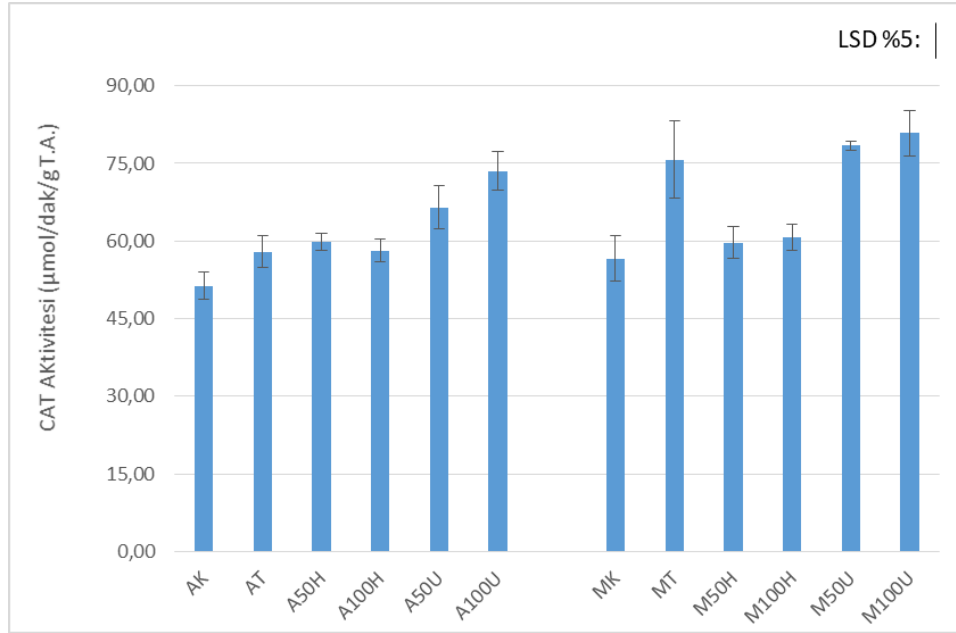
4.7 Antioksidan Enzim Aktivitelerindeki Değişimler

4.7.1 Katalaz (CAT) Aktivitesindeki Değişimler

Artvin ve Mardin genotiplerine ait kallus dokularındaki CAT aktivitesindeki değişimler Çizelge 4.10'da ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Kontrol grupları ile karşılaştırıldığında, yalnız tuz uygulaması CAT aktivitesini Artvin genotipinde %12,77; Mardin genotipinde ise %33,78 oranında arttırmıştır. Sadece 50 ve 100 μM H_2O_2 içeren ortamda her iki genotipte de kontrol grupları ile karşılaştırıldığında CAT aktivitesi artmıştır. 50 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında CAT aktivitesi Artvin genotipinde %29,46, Mardin genotipinde ise %38,64 oranında artmıştır. 100 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplardaki değerler incelendiğinde, CAT aktivitesinin kontrol gruplarına göre Artvin genotipinde %43,06; Mardin genotipinde ise %42,84 oranında arttığı görülmektedir. Yalnız tuz uygulanan gruplarla karşılaştırıldığında en yüksek CAT aktivitesi %30,29 farkla Artvin genotipinde ve %9,06 farkla Mardin genotipinde olmak üzere 100 μM dozundaki H_2O_2 ön uygulamasında görülmüştür.

Çizelge 4.10. Kallus dokularında CAT aktivitesindeki değişimler.

CAT Aktivitesi (μmol/dak/g T.A.)					
Genotip/Uygulama	CAT Aktivitesi	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)	Genotip/Uygulama	CAT Aktivitesi	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)
AK	51,38 ±2,61		MK	56,61 ±4,34	
AT	57,94 ±3,11	+12,77	MT	75,74 ±7,43	+33,78
A50H	59,90 ±1,67	+16,58	M50H	59,73 ±2,98	+5,50
A100H	58,17 ±2,23	+13,22	M100H	60,77 ±2,50	+7,34
A50U	66,51 ±4,25	+29,46	M50U	78,49 ±0,89	+38,64
A100U	73,50 ±3,72	+43,06	M100U	80,87 ±4,34	+42,84



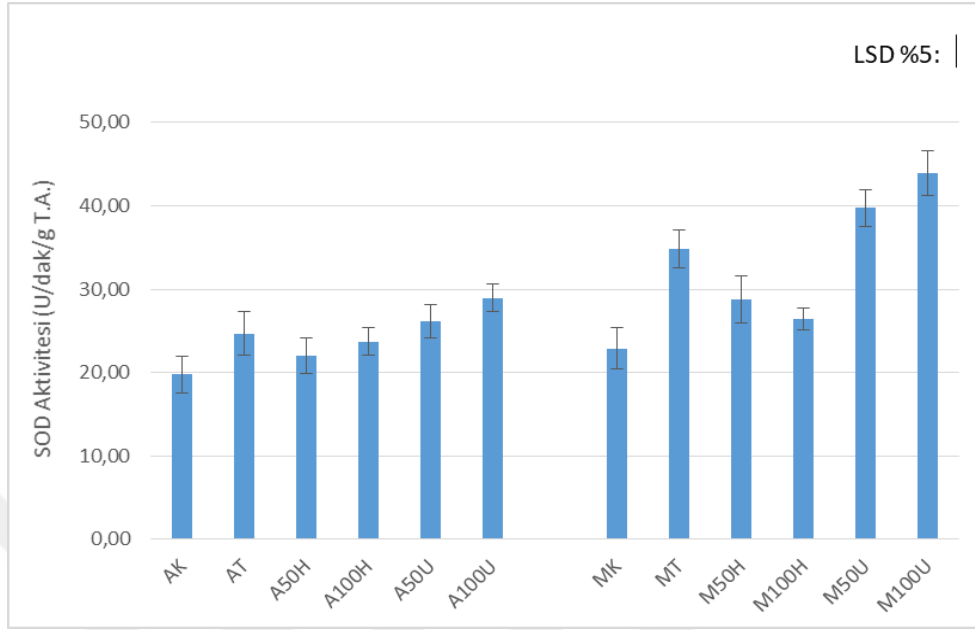
Şekil 4.10. Kallus dokularında CAT aktivitesindeki değişimler.
($p < 0,05$, $LSD = 6,430$)

4.7.2 Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesindeki Değişimler

Artvin ve Mardin genotiplerine ait kallus dokularındaki SOD aktivitesindeki değişimler Çizelge 4.11’de ve Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Kontrol grupları ile karşılaştırıldığında, yalnız tuz uygulanan gruplarda SOD aktivitesinin Artvin genotipinde %25,02 Mardin genotipinde ise %52,27 oranında arttığı görülmüştür. Sadece 50 ve 100 μM H_2O_2 içeren ortamlar kontrol grupları ile karşılaştırıldığında her iki genotipte de SOD aktivitesini arttırmıştır. 50 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında SOD aktivitesi Artvin genotipinde %32,29, Mardin genotipinde ise %73,81 oranında artmıştır. 100 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında, SOD aktivitesi Artvin genotipinde %46,54, Mardin genotipinde %92,14 oranında artmıştır. Tuz uygulanan gruplar ile karşılaştırıldığında, en yüksek SOD aktivitesi %21,52 farkla Artvin genotipinde ve %39,87 farkla Mardin genotipinde olmak üzere 100 μM dozundaki H_2O_2 ön uygulamasında görülmüştür.

Çizelge 4.11. Kallus dokularında SOD aktivitesindeki değişimler.

SOD Aktivitesi (U/dak/g T.A.)					
Genotip/Uygulama	SOD Aktivitesi	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)	Genotip/Uygulama	SOD Aktivitesi	Kontrole Göre Yüzde Değişim (%)
AK	19,75 ±2,27		MK	22,87 ±2,48	
AT	24,69 ±2,67	+25,02	MT	34,83 ±2,33	+52,27
A50H	22,00 ±2,11	+11,38	M50H	28,72 ±2,81	+25,57
A100H	23,74 ±1,60	+20,18	M100H	26,44 ±1,28	+15,60
A50U	26,13 ±2,00	+32,29	M50U	39,75 ±2,24	+73,81
A100U	28,94 ±1,69	+46,54	M100U	43,95 ±2,69	+92,14



Şekil 4.11. Kallus dokularında SOD aktivitesindeki değişimler.
($p < 0,05$, $LSD = 3,860$)

4.8. İncelenen Parametreler Arasındaki Korelasyon Analiz Sonuçları

4.8.1. Artvin Genotipine Ait Korelasyon Sonuçları

Artvin genotipine ait korelasyon sonuçları Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Yaş ağırlık verileri ile membran geçirgenliği ($r = -0,824$), MDA ($r = -0,828$) ve içsel H_2O_2 miktarları ($r = -0,797$) negatif yönlü kuvvetli bir korelasyon göstermiştir. K^+ miktarı Na^+ miktarı ile negatif ($r = -0,563$), Ca^{2+} ile pozitif yönlü ($r = 0,680$) kuvvetli korelasyon göstermiştir. Membran geçirgenliğinin MDA ($r = 0,944$) ve içsel H_2O_2 miktarı ($r = 0,815$) ile oldukça kuvvetli bir pozitif korelasyon gösterdiği görülmektedir. Prolin miktarı, SOD ($r = 0,614$) ve CAT ($r = 0,768$) enzim aktiviteleri ile pozitif korelasyon göstermiştir. CAT ve SOD aktivitelerinin de kendi aralarında ($r = 0,818$) ve Na^+ ($r = 0,621$) miktarı ile pozitif yönlü korelasyon gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.12. Artvin genotipine ait korelasyon sonuçları.

Artvin Genotipine Ait Korelasyon Bulguları										
	Yaş Ağırlık	K⁺	Na⁺	Ca²⁺	Membran Geçirgenliği	MDA	İçsel H₂O₂	Prolin Miktarı	CAT	SOD
Yaş Ağırlık	1	0,123	-0,444	0,149	-0,824	-0,828	-0,797	-0,321	-0,262	-0,456
K⁺	0,123	1	-0,563	0,680	-0,359	-0,243	-0,237	0,431	0,154	-0,069
Na⁺	-0,444	-0,563	1	-0,454	0,425	0,416	0,585	0,255	0,518	0,621
Ca²⁺	0,149	0,680	-0,454	1	-0,339	-0,251	-0,137	0,142	-0,080	-0,288
Membran Geçirgenliği	-0,824	-0,359	0,425	-0,339	1	0,944	0,815	0,011	-0,035	0,169
MDA	-0,828	-0,243	0,416	-0,251	0,944	1	0,840	0,168	0,083	0,299
İçsel H₂O₂	-0,797	-0,237	0,585	-0,137	0,815	0,840	1	0,291	0,235	0,297
Prolin	-0,321	0,431	0,255	0,142	0,11	0,168	0,291	1	0,768	0,614
CAT	-0,262	0,154	0,518	-0,80	-0,35	0,083	0,235	0,768	1	0,818
SOD	-0,456	-0,069	0,621	-0,288	0,169	0,299	0,297	0,614	0,818	1

4.8.2. Mardin Genotipine Ait Korelasyon Sonuçları

Mardin genotipine ait korelasyon analizi Çizelge 4.13'te gösterilmiştir. Yaş ağırlık verileri ile membran geçirgenliği ($r = -0,578$), MDA ($r = -0,810$) ve içsel H₂O₂ miktarlarındaki ($r = -0,732$) değişimler arasında negatif yönde kuvvetli bir korelasyon görülmüştür. K⁺ miktarı Na⁺ miktarı ile negatif korelasyon göstermiştir ($r = -0,511$). Membran geçirgenliği ile MDA ($r = 0,615$) ve içsel H₂O₂ miktarları ($r = 0,858$) oldukça kuvvetli bir pozitif korelasyon göstermiştir. Prolin miktarı ile SOD ($r = 0,606$) ve CAT ($r = 0,493$) enzim aktiviteleri arasında pozitif korelasyon görülmüştür. CAT ile SOD aktivitelerinin kendi aralarında ($r = 0,866$) ve ayrıca CAT ile Na⁺ miktarı ($r = 0,911$) ve SOD ile Na⁺ ($r = 0,849$) miktarı arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Mardin genotipine ait korelasyon sonuçları.

Mardin Genotipine Ait Korelasyon Bulguları										
	Yaş Ağırlık	K⁺	Na⁺	Ca²⁺	Membran Geçirgenliği	MDA	İçsel H₂O₂	Prolin Miktarı	CAT	SOD
Yaş Ağırlık	1	0,022	-0,316	0,095	-0,578	-0,810	-0,732	-0,567	-0,319	-0,387
K⁺	0,022	1	-0,511	0,197	-0,070	-0,080	-0,263	0,019	-0,428	-0,314
Na⁺	-0,316	-0,511	1	-0,265	0,217	0,347	0,422	0,329	0,911	0,849
Ca²⁺	0,095	0,197	-0,265	1	-0,218	-0,010	-0,207	0,001	-0,425	-0,167
Membran Geçirgenliği	-0,578	-0,070	0,217	-0,218	1	0,615	0,858	-0,063	0,108	-0,047
MDA	-0,810	-0,080	0,347	-0,010	0,615	1	0,721	0,571	0,326	0,401
İçsel H₂O₂	-0,732	-0,263	0,422	-0,207	0,858	0,721	1	0,176	0,329	0,242
Prolin	-0,567	0,019	0,329	0,001	-0,063	0,471	0,176	1	0,493	0,606
CAT	-0,319	-0,428	0,911	-0,425	0,108	0,326	0,329	0,493	1	0,866
SOD	-0,387	-0,314	0,849	-0,167	-0,047	0,401	0,242	0,606	0,866	1

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Stres koşulları topraktaki su potansiyelini azaltmakta ve bunun sonucu olarak da bitki büyümesini sınırlandırmaktadır [166]. Çalışmamızda tuz uygulamasının, tuza duyarlı Artvin ve tuza dayanıklı Mardin genotipine ait kallus dokularında kontrol gruplarına göre taze ağırlıkları istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü görülmektedir. Sadece 50 ve 100 μM H_2O_2 uygulamaları da kontrol grubuna göre taze ağırlıkları anlamlı bir şekilde azaltmıştır. H_2O_2 ön uygulamaları, her iki genotipte de kontrol grubuna göre taze ağırlığı azaltmışsa da, tuza duyarlı Artvin genotipinde azalma oranı daha düşüktür. Ren ve arkadaşları [167], buğdayda yapmış oldukları araştırmada dıştan uygulanan H_2O_2 'in kök büyümesini ve taze ağırlığı arttırdığını bildirmişlerdir. Fasulye üzerine yapılan bir araştırmada [168], H_2O_2 ön uygulamasının, bitki büyümesini kuraklık stresi koşullarına göre anlamlı bir şekilde arttırdığı belirlenmiştir. H_2O_2 'in hücre bölünmesini arttırdığı ve sekonder hücre duvarının oluşumunu tetiklediği, bu sayede taze ağırlığı arttırabildiği düşünülmektedir [169].

Bitkilerde tuz stresinin hücre içerisindeki Na^+ miktarını artırarak; K^+ ve Ca^{2+} iyonlarında eksikliğe yol açtığı, hücre düzeyinde oksidatif strese neden olduğu bilinmektedir [14, 19, 20]. Çalışmamızda her iki genotipte de tuz uygulamasının kontrol grubuna göre K^+ miktarını azalttığı görülmüştür. Tuza duyarlı Artvin genotipinde K^+ miktarının azalması istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, tuza toleranslı Mardin genotipinde anlamlı bulunmamıştır. Tuzlu koşullarda Mardin genotipinin Artvin genotipine göre daha yüksek oranda K^+ miktarına sahip olması, tuza toleransının daha yüksek olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. *Populus euphratica* üzerine yapılan araştırmalarda tuzdan kaynaklı K^+ iyon sızıntısının membran potansiyeli ile ilişkili olduğu, bunun da plazma membran pompalarıyla ilgili olduğu belirtilmektedir [170–171]. Sadece H_2O_2 uygulamaları her iki genotipte de K^+ miktarını kontrole göre arttırmış olup, Artvin genotipi üzerine yaptığı etki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Her iki genotipte de 50 ve 100 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda, yalnızca tuz uygulanan gruplara göre K^+ miktarı artmış olup, her iki genotipte bu artış 50 μM dozundaki H_2O_2 ön uygulamasında daha yüksek bulunmuştur. K^+ miktarı bakımından değerlendirildiğinde H_2O_2 'nin Artvin genotipi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı

olmasa da olumlu etki yarattığı, ancak tuza toleransı yüksek olan Mardin genotipi üzerinde önemli bir etki yapmadığı görülmüştür. Lu ve arkadaşları [172] *Bruguiera gymnorhiza* ve *Kandelia candel* fidelerinde tuz stresi koşullarında uygulanan H₂O₂'in K⁺ sızıntısını azalttığını göstermişlerdir.

Tuzluluğun bitki hücrelerinde Na⁺ miktarını arttırdığı pek çok araştırmada bildirilmiştir [16–18,148,173]. Çalışmamızda da, kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında her iki genotipte de tuz uygulaması Na⁺ miktarını istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttırmıştır. Bunun yanı sıra, tuz uygulamasında Mardin genotipine ait dokulardaki Na⁺ miktarının Artvin genotipine göre anlamlı olarak daha az olduğu gözlenmiştir. Sadece H₂O₂ uygulamaları her iki genotipte de kontrol grubuna göre önemli bir etki yaratmamıştır. 50 ve 100 µM H₂O₂ ön uygulamalarının ardından tuz uygulaması yapılan gruplar yalnızca tuz uygulanan gruplar ile karşılaştırıldığında her iki genotipte de Na⁺ miktarı azalmıştır. Ancak bunlardan yalnızca 100 µM H₂O₂ ön uygulamasının Artvin genotipinde yapmış olduğu etki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Wahid ve arkadaşları [148] buğdayda H₂O₂ ön uygulamasının tuzlu ortama göre Na⁺ miktarını azalttığını göstermişlerdir. *Arabidopsis*'te yapılmış bir araştırmada ise dıştan uygulanan H₂O₂'in, plazma membran Na⁺/H⁺ antiportırı olan *SOS1* (Salt overly sensitive: tuza aşırı duyarlı) mRNA'sını düzenleyerek hücresel Na⁺ detoksifikasyonunu sağladığı belirtilmiştir [174]. Ayrıca, H₂O₂, hücre zarındaki Ca²⁺ kanallarını aktive ederek hücre içindeki Ca²⁺ miktarının artmasına sebep olur [175]. Benzer olarak, artan Ca²⁺ miktarının *Arabidopsis* ve pirinçte SOS sinyalizasyon yolu ile hücre zarı Na⁺/H⁺ antiportır aktivitesini düzenlediği bildirilmiştir [138,176–178].

Yüksek K⁺/Na⁺ oranı dokulardaki metabolik aktiviteler için oldukça önemlidir ve bu nedenle tuz toleransını belirlemek için geçerli bir fizyolojik kriter olarak değerlendirilmektedir [179]. Çalışmamızda, tuz uygulaması kontrol grupları ile karşılaştırıldığında her iki genotipte de K⁺/Na⁺ oranını anlamlı bir şekilde düşürmüştür. Sadece 50 ve 100 µM H₂O₂ uygulamaları her iki genotipte de istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermemiştir. 50 ve 100 µM H₂O₂ ön uygulamaları her iki genotipte de tuzlu ortamla karşılaştırıldığında K⁺/Na⁺ oranını arttırmışsa da istatistiksel olarak önemli değildir. H₂O₂ ön uygulamaları K⁺/Na⁺ oranını en çok Artvin genotipinde arttırmıştır.

Zhang ve arkadaşları [180], tuz stresi koşulları altında hücre zarı H^+ -ATPaz aktivitesinin doğrudan H_2O_2 tarafından düzenlendiğini bildirmişlerdir. Buna göre, biriken H_2O_2 H^+ -ATPaz aktivitesini arttırmakta ve böylece hücrede transmembran elektrokimyasal gradient oluşumuna yol açarak K^+/Na^+ oranını arttırmaktadır. Ayrıca H^+ -ATPaz'ın düzenlenmesinin $NaCl$ 'den kaynaklanan membran potansiyeli depolarizasyonunu azalttığı ve böylece hücre içi K^+ miktarını koruduğu belirtilmektedir [171,181].

Kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında, tuz uygulanan gruplarda her iki genotipe ait dokulardaki Ca^{2+} miktarını azaltıcı etki gösterirken, bu sonuçlardan Artvin genotipindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. İki genotipte de kontrol grupları ile karşılaştırıldığında sadece 50 μM H_2O_2 uygulaması Ca^{2+} miktarını arttırmış, sadece 100 μM H_2O_2 uygulaması ise azaltmıştır. Ancak bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. 50 ve 100 μM H_2O_2 ön uygulamalarının ardından tuz uygulanan her iki genotipte de yalnız tuz uygulanan gruplarla karşılaştırıldığında Ca^{2+} miktarını arttırmıştır. Ön uygulamalar arasından 50 μM H_2O_2 ön uygulaması her iki genotip için de en yüksek Ca^{2+} miktarı göstermiş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Buna benzer olarak, buğdayda yapılan araştırmada H_2O_2 ön uygulamasının tuz stresi koşullarında Ca^{2+} miktarını arttırdığı belirtilmiştir [148]. Ca^{2+} iyonunun, ABA, ROS ve NO gibi çok yönlü uyaranlara yanıt olarak koruyucu hücre sinyalizasyonunda merkezi bir düzenleyici olduğu belirtilmektedir [182,183]. Petrov ve arkadaşları [184] H_2O_2 sinyalizasyonunun asıl hedeflerinden birinin Ca^{2+} homeostazisinin düzenlenmesi olduğunu bildirmiştir.

Tuz stresinin reaktif oksijen türleri (ROS) üretimini tetikleyerek hücre membran kararlılığına zarar verdiği bilinmektedir [30]. Çalışmamızda yalnızca tuz uygulanan gruplarda, kontrol grupları ile karşılaştırıldığında her iki genotipte de membran geçirgenliğini anlamlı olarak arttırmıştır. Membran geçirgenliğindeki artış, tuza toleransı yüksek olan Mardin genotipinde duyarlı olan Artvin genotipine göre anlamlı olarak daha az olmuştur. 50 ve 100 μM H_2O_2 uygulamalarının ardından tuz uygulanan gruplarda her iki genotipte kontrol grubu ile karşılaştırıldığında membran geçirgenliği anlamlı olarak artmış olsa da, bu artış yalnız tuz uygulanan gruplardaki kadar olmamıştır. 50 ve 100 μM H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz uygulanan gruplarda her iki genotipte

de membran geçirgenliği yalnızca tuz uygulanan gruplara göre anlamlı olarak azaltmıştır. İki genotip için de en etkili doz 100 µM olarak tespit edilmiştir. Bu bulguları destekler nitelikte, Wahid ve arkadaşlarının [148] buğday üzerine yapmış oldukları çalışmada 1, 40, 80 ve 120 µM H₂O₂ ön uygulamasına tabi tutulmuş tohumlardan tuz stresi koşullarında membran geçirgenliği en dūřuk 80 ve 120 µM dozlarında görūlmūřtır. He ve arkadaşları [128] kuraklığa toleransı farklı iki buğday genotipi üzerine yapmış oldukları araştırmada, H₂O₂ ön uygulamasının membran geçirgenliği üzerinde kuraklık stresi koşullarına göre azaltıcı etki yaptığını ve bunu da hücre membranlarındaki oksidatif zararlanmayı azaltarak yaptığını ortaya koymuştur. Araştırmada aynı zamanda membran geçirgenliğinin kontrol ve H₂O₂ ön uygulama gruplarında tuza toleransı yüksek genotipte duyarlı genotipe göre daha dūřuk olduğu gözlenmiştir.

Tuz stresi, lipid peroksidasyonunu uyarak bitkide içsel MDA miktarını arttırmaktadır [37]. Yalnızca tuz uygulanan gruplarda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında iki genotipte de MDA miktarındaki artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sadece 50 ve 100 µM H₂O₂ uygulaması, her iki genotipte de kontrol grupları ile karşılaştırıldığında anlamlı bir artışa sebep olmuş, bununla birlikte 50 µM H₂O₂ uygulamasında MDA miktarı, yalnızca tuz uygulanan gruplara göre daha az azalırken, 100 µM H₂O₂ uygulamasında ise yalnızca tuz uygulanan gruplara göre daha çok azalır. Salatalık, kanola ve soya fasulyesi gibi bitkilerde H₂O₂ uygulaması MDA miktarında kontrol gruplarına göre önemli bir farklılık göstermezken [185–187], pamuk [188]'ta dışarıdan uygulanan H₂O₂'in MDA miktarını arttırdığı belirlenmiştir. Aynı şekilde salatalık [189] üzerinde yapılan başka bir çalışmada dıştan uygulanan H₂O₂'in 12 saatin sonunda MDA miktarında artışa sebep olduğu bildirilmiştir. 50 ve 100 µM H₂O₂ ön uygulamalarının ardından tuz uygulanan gruplarda, yalnızca tuz uygulanan gruplar ile karşılaştırıldığında Artvin genotipinde MDA miktarı anlamlı bir şekilde azalırken, Mardin genotipinde önemli bir etki göstermemiştir. Artvin genotipinde uygulanan her iki H₂O₂ dozunda da MDA miktarı kontrol gruplarına göre anlamlı bir şekilde arttırmıştır. Yalnızca tuz uygulanan gruplarla karşılaştırıldığında ise 100 µM H₂O₂, 50 µM H₂O₂ ön uygulamasına göre MDA miktarını daha etkili bir şekilde azaltmıştır. Kuraklık stresine toleransı farklı iki soya fasulyesi [187] genotipi üzerine yapılan araştırmada da benzer

olarak toleransı yüksek genotipte MDA seviyesi anlamlı olarak artmazken, duyarlı genotipte anlamlı olarak artmıştır. Duyarlı genotipte düşük dozda dıştan uygulanan H_2O_2 'in MDA miktarını 4 saat uygulama süresinden sonra etkilemediği, ancak 7 saat süren uygulamada MDA miktarını anlamlı olarak azalttığı belirtilmektedir. Tuza toleransı yüksek olan genotipte de benzer bulgulara ulaşılan araştırmanın sonuçları da değerlendirildiğinde, H_2O_2 ön uygulama süresi ve uygulanan dozun stres koşullarına toleransı farklı bitki genotiplerinde farklı sonuçlar ortaya çıkarabileceği söylenebilir.

Yapılan birçok araştırmada tuz stresinin bitkilerde içsel H_2O_2 miktarını arttırdığı bildirilmiştir [83, 101]. Çalışmamızda yalnızca tuz uygulanan gruplar ve sadece 50 ve 100 μM H_2O_2 içeren gruplar kontrol grupları ile karşılaştırıldığında her iki genotipte de içsel H_2O_2 miktarının anlamlı bir şekilde arttığı gözlenmiştir. Bulgularımızı destekler yönde, Hameed ve arkadaşlarının [155] *Suaeda fruticosa*'da yapmış oldukları araştırmada da gerek yalnız H_2O_2 uygulamasının gerekse yalnız NaCl uygulamasının içsel H_2O_2 miktarını arttırdığı, üstelik bu miktarların birbirlerine çok yakın değerler olduğunu bildirilmiştir. Çalışmamızda, 50 ve 100 μM H_2O_2 ön uygulamalarının ardından tuz uygulanan gruplarda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında, tuza duyarlı Artvin genotipinde içsel H_2O_2 miktarının anlamlı bir şekilde arttığı görülmüştür. 50 ve 100 μM H_2O_2 ön uygulamalarının etkisi yalnızca tuz uygulanan gruplar ile karşılaştırıldığında ise, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da içsel H_2O_2 miktarını azaltmıştır. Mardin genotipinde ise kontrol grupları ile karşılaştırıldığında 100 μM H_2O_2 ön uygulaması, 50 μM H_2O_2 ön uygulamasına göre içsel H_2O_2 miktarını önemli bir şekilde arttırmıştır. Mardin genotipinde H_2O_2 ön uygulamalarının yapmış olduğu etkiler yalnızca tuz uygulanan grup ile karşılaştırıldığında içsel H_2O_2 miktarında anlamlı bir azalma görülmektedir. İçsel H_2O_2 miktarındaki en fazla azalma Artvin genotipi için 50, Mardin genotipi içinse 100 μM H_2O_2 ön uygulamasında görülmüştür. Ashraf ve arkadaşlarının [157] mısır'da gerçekleştirdikleri araştırmada artan dozlarla H_2O_2 ile ön muamele edilen tohumlardaki içsel H_2O_2 miktarının yalnızca stres uygulanan grupla karşılaştırıldığında azaldığı belirtilmektedir. Araştırmacılar, dıştan uygulanan H_2O_2 'nin tohumlarda antioksidan enzimleri aktive ettiği ve bu yolla ROS'ların süpürülmesi sayesinde bitkileri oksidatif zararlanmadan koruduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, ayrıca içsel H_2O_2 miktarı ile MDA arasındaki pozitif korelasyon, H_2O_2 ön uygulamasının stresin olumsuz

etkisini önlediğini göstermiştir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızda da görülen içsel H₂O₂ ile MDA miktarı arasındaki pozitif korelasyon bulgusunu desteklemektedir.

Prolin amino asitinin tuz stresi koşullarında bitki hücrelerinde fazla miktarda biriktiği [49–53] ve prolin birikimi ile stres toleransı arasında pozitif bir ilişki olduğu belirtilmektedir [54–55]. Bu sonuçlara benzer olarak, çalışmamızda da Artvin ve Mardin genotipine ait kallus dokularının yalnız tuz uygulanan gruplarda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında prolin miktarı her iki genotipte de istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır. Bu artış tuza toleranslı Mardin genotipinde daha fazla bulunmuştur. Sadece H₂O₂ içeren ortamlar veya 50 ve 100 µM H₂O₂ ön uygulamalarının ardından tuz uygulanan gruplarda her iki genotipte de kontrol ve yalnızca tuz uygulamasına göre prolin miktarı istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmıştır. Ön uygulama dozları arasından 100 µM H₂O₂ her iki genotipte de prolin miktarını en fazla arttıran doz olmuştur. Hameed ve arkadaşları [155] da, *Suaeda fruticosa*'da sadece H₂O₂ uygulamasının prolin miktarını kontrol grubuna göre arttırdığını; NaCl ile birlikte dıştan uygulandığında ise bu artışın maksimum olduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar mısır bitkisi üzerine yapılan araştırmada da gözlenmiştir [190]. Ayrıca, He ve arkadaşları [128] kuraklık stresine toleransı farklı iki buğday genotipinden, toleransı yüksek olanda prolinin daha fazla arttığını belirtmiştir. Verslues ve arkadaşları [191] *Arabidopsis* bitkisinde artan H₂O₂'in ABA ile indüklenen gen ekspresyonunu arttırdığını, böylece prolin birikimine yol açtığını göstermiş ve H₂O₂'in prolin biyosentezinde sinyal molekülü olarak rol oynadığını belirtmişlerdir. Tüm bu bulgular H₂O₂'in prolin metabolizmasındaki enzim aktivitelerini değiştirebileceğini ortaya koymaktadır [192]. Çalışmamızda da, H₂O₂ ön uygulamalarının tuza toleranslı Mardin genotipinde prolin miktarını daha fazla arttırdığı görülmüştür.

Tuzdan kaynaklanan oksidatif hasarı gidermek üzere antioksidan savunmada rol oynayan CAT ve SOD enzimleri, bitkilerdeki önemli ROS süpürücüleridir [68, 72]. Furtana ve arkadaşları [193], *Cucumis sativus*'ta tuzlu koşullarda CAT ve SOD antioksidan enzim aktivitelerinin arttığını göstermiştir. Çalışmamızda da kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında, yalnızca tuz uygulanan gruplarda CAT aktivitesinin her iki genotipte de anlamlı olarak arttığı gözlenmiştir. Mardin genotipindeki bu artış Artvin

genotipi ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur. Sadece 50 ve 100 μM H_2O_2 uygulamalarını her iki genotipte de kontrol grupları ile karşılaştırıldığında CAT aktivitesinin az da olsa arttırmıştır, ancak bu artış yalnızca tuza duyarlı Artvin genotipinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. 50 ve 100 μM H_2O_2 ön uygulamalarının ardından tuz uygulanan gruplarda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında CAT aktivitesi her iki genotipte de anlamlı olarak artmıştır. Bu veriler tuz uygulaması ile karşılaştırıldığında Artvin genotipinde H_2O_2 ön uygulaması CAT aktivitesini anlamlı bir şekilde arttırmıştır. Mardin genotipinde ise tuz uygulamasına göre H_2O_2 ön uygulaması CAT aktivitesini arttırsa da bu artış anlamlı bulunmamıştır. Her iki genotip için de 100 μM H_2O_2 ön uygulamasının CAT aktivitesini en yüksek oranda arttırdığı görülmektedir. Bununla paralel olarak, He ve arkadaşları [128] *Triticum aestivum*'da yaptıkları araştırmada H_2O_2 ön uygulaması yapılan gruplarda kuraklık stresi koşullarında CAT aktivitesinin arttığını bildirmişlerdir. Buna benzer şekilde, Cingöz ve arkadaşları [192] *Digitalis* türlerine ait kallus dokularında H_2O_2 ön uygulamasının oksidatif stres koşullarında CAT aktivitesini arttırdığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda tuz uygulaması kontrol grupları ile karşılaştırıldığında SOD aktivitesini her iki genotipte de anlamlı bir şekilde arttırmıştır. Mardin genotipindeki bu artış Artvin genotipine kıyasla anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Sadece 50 ve 100 μM H_2O_2 uygulamaları her iki genotipte de kontrol grupları ile karşılaştırıldığında artışa yol açmıştır. Bu sonuçlardan 50 μM H_2O_2 'in Artvin genotipinde; 100 μM H_2O_2 'in ise Mardin genotipinde anlamlı bir artışa yol açtığı görülmüştür. Güler ve arkadaşları [187] kuraklığa toleransı farklı iki soya fasulyesi genotipinde dıştan yalnız H_2O_2 uygulamasının her iki genotipte de kontrol gruplarına göre SOD aktivitesini arttırdığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda, 50 ve 100 μM H_2O_2 ön uygulamalarının ardından tuz uygulaması grubunda kontrol grupları ile karşılaştırıldığında SOD aktivitesinin her iki genotipte de anlamlı olarak arttığı görülmüştür. Genotipler arasında kıyaslama yapıldığında her iki dozdaki ön uygulama da Mardin genotipinde Artvin genotipine göre SOD miktarını anlamlı olarak daha fazla arttırmıştır. Bu veriler tuzlu ortamla karşılaştırıldığında, Artvin genotipinde her ne kadar her iki doz da SOD aktivitesini daha fazla arttırmış olsa da, yalnızca 100 μM H_2O_2 ön uygulamasının anlamlı bir şekilde SOD aktivitesini arttırdığı görülmektedir. Mardin genotipinde ise her iki doz ön H_2O_2 ön

uygulamasının da yalnızca tuz uygulanan gruplar ile karşılaştırıldığında SOD aktivitesini anlamlı olarak arttırdığı görülmüştür. Çalışmamızdaki bulgulara benzer olarak, Ashraf ve arkadaşları [157] mısırdaki yapmış oldukları çalışmada H_2O_2 ön uygulamasının ardından tuz stresi koşullarında SOD aktivitesinin arttığını bildirmişlerdir. Güler ve arkadaşları [187] kuraklığa toleransı farklı iki soya fasulyesi genotipinde yapmış oldukları araştırmada H_2O_2 ön uygulamasının SOD aktivitesini, toleransı yüksek olan genotipte duyarlı genotipe göre daha fazla arttırdığını bildirmiştir. Mısır fidelerinde ABA yoluyla indüklenerek üretilen H_2O_2 'in, CAT1, CAT2, CAT3, SOD4 and SOD4a genlerinin ifadesini etkilediği bildirilmiştir [194] ve böylelikle H_2O_2 ön uygulamasının, sonradan gelecek stres etmenine karşı bitkiyi hazırladığı düşünülmektedir [195]. Mhamdi ve arkadaşları [196], CAT'ın, diğer tüm H_2O_2 süpürücü enzimlerden (GPX ve APX) farklı olarak H_2O_2 'in süpürülmesinde bir düzenleyiciye ihtiyaç duymadığını bildirmişlerdir. Gondim ve arkadaşlarının [195] mısırdaki yaptıkları çalışmada, yalnızca tuz ve H_2O_2 ön uygulaması ardından tuz uygulanan gruplar karşılaştırıldığında, en yüksek CAT aktivitesine sahip bitkilerde en düşük MDA miktarının tespit edildiğini, bunun da CAT enziminin koruyucu fonksiyonu ile ilgili olabileceğini belirtmişlerdir. CAT ile MDA arasındaki ilişki Yıldızdoğan ve arkadaşları [197] ve Gao ve arkadaşları [185] tarafından da bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da istatistiksel olarak bir anlamlı korelasyon bulunmasa da, enzim aktiviteleri ile MDA sonuçları değerlendirildiğinde benzer ilişkiyi söylememiz mümkündür.

Çalışmamızdaki korelasyon bulgularında, her iki genotipte de yaş ağırlıklar ile MDA ve içsel H_2O_2 miktarında negatif yönlü kuvvetli bir korelasyon görülmüştür. Yaş ağırlık değişiminin artması bitki büyümesinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. MDA lipid peroksidasyonunun son ürünüdür [37], lipid peroksidasyonları ise yüksek miktarda biriken ROS nedeniyle olmaktadır [11–13] ve H_2O_2 de bu ROS'lardan biridir [113]. Hücre zararlanmasını temsil eden MDA ve içsel H_2O_2 miktarı ile yaş ağırlık arasında görülen negatif korelasyon bu durumu desteklemektedir. İki genotipte de K^+ ile Na^+ arasında negatif yönlü kuvvetli bir korelasyon görülmesi, hücrelerde K^+ ve Na^+ iyon taşınımalarının rekabet halinde olduğunu [21–23] hatırlatmaktadır. Her iki genotipte de

membran geçirgenliği ile MDA ve içsel H_2O_2 miktarı arasında oldukça kuvvetli pozitif korelasyon bulunmuştur. Membran geçirgenliği, çözünen maddelerin zardan geçiş kolaylığı olarak tanımlanmakta [29] ve membran kararlılığındaki azalma da ROS nedeniyle oluşan lipid peroksidasyonu ile ilişkilendirilmektedir [31]. Lipid peroksidasyonunun son ürünü olan MDA [37] ve ROS'lardan biri olan H_2O_2 'in [113] hücre membranında oluşan zararı ve buna bağlı olarak da membran kararlılığındaki azalmayı temsil ettiği söylenebilir. Bu nedenle ROS nedeniyle parçalanan membrandan MDA açığa çıkacak, buna karşılık kararlılığı bozulan membranın geçirgenliği de artacaktır. Çalışmamızda, strese maruz kalan bitkilerde ozmotik dengenin sağlanmasında etkili rol oynayan prolin amino asiti [54–55] ile hücre savunmasında görev alan SOD ve CAT antioksidan enzim aktiviteleri [72] arasında her iki genotipte de pozitif korelasyon bulunmuştur.

Tuza toleransı farklı iki patlıcan genotipine ait kalluslarda H_2O_2 ön uygulamasının tuz stresinin etkilerini ortadan kaldırabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmanın sonuçları şu şekilde özetlenebilir;

Sadece tuz uygulanmış gruplarla karşılaştırıldığında H_2O_2 ön uygulaması,

1. Tuzun yaş ağırlık üzerindeki olumsuz etkisini özellikle tuza duyarlı Artvin genotipinde azaltmıştır.
2. Her iki genotipte de K^+ ve Ca^+ miktarını arttırarak, Na^+ miktarını ise düşürerek tuzun iyonlar üzerindeki olumsuz etkisini engellemiş, hücrelerdeki K^+/Na^+ oranını arttırmıştır.
3. İçsel H_2O_2 ve MDA miktarlarını azaltarak tuzun membran geçirgenliği üzerine yapmış olduğu olumsuz etkiyi her iki genotipte de hafifletmiştir.
4. Her iki genotipte de prolin miktarını, SOD ve CAT enzim aktivitelerini arttırarak antioksidan savunmayı güçlendirmiştir.
5. H_2O_2 ön uygulamasının yalnızca tuz uygulanan gruplarla karşılaştırıldığında, incelenen parametreler üzerindeki iyileştirici etkileri, tuza duyarlı Artvin genotipinde, tuza toleranslı Mardin genotipine göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur.

6. H_2O_2 ön uygulamasının tuz stresi koşullarındaki iyileştirici etkisinin, uygulanan H_2O_2 konsantrasyonuna ve genotipe bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda çeşitli fizyolojik parametreler incelenerek H_2O_2 ön uygulamasının tuza toleransı farklı iki patlıcan genotipinde tuzun zararlı etkilerini hafifletebildiği belirlenmiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, H_2O_2 'in farklı doz ve sürelerdeki uygulamalarının, diğer sinyal molekülleri ve hormonlar arasındaki ilişkilerinin incelenmesi ve konunun proteomik ve genomik düzeyde araştırılması, H_2O_2 sinyal yolunun aydınlatılmasına önemli katkı sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] Larcher, W., *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*, Springer Science and Business Media, **2003**.
- [2] Kacar, B., Katkat, A.V., Öztürk, Ş., *Bitki Fizyolojisi*, Nobel, **2013**.
- [3] Allakhverdiev, S.I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp, *Plant Physiology*, 123:1047–1056, **2000**.
- [4] Zhu, B., Su, J., Chang, M., Overexpression of a Δ 1-pyrroline-5-carboxylate synthetase gene and analysis of tolerance to water-and salt-stress in transgenic rice, *Plant Science*, 139:41–48, **1998**.
- [5] Shalaby, E.E., Epstein, E., Qualset, C.O., Variation in salt tolerance among some wheat and triticale genotypes, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 171:298–304, **1993**.
- [6] Lauchli A., Epstein, E., Plant Responses to Saline and Sodic Conditions. *Agricultural Salinity Assessment and Management*, (eds: K. K. Tanji), Manuals and Reports on Engineering Practice, ASCE, New York, 113-137, **1990**.
- [7] Khatun, S., Flowers, T.J., Effects of salinity on seed set in rice, *Plant, Cell & Environment*, 18:61–67, **1995**.
- [8] Maas, E.V., Poss, J.A., Salt sensitivity of wheat at various growth stages, *Irrigation Science*, 10:29–40, **1989**.
- [9] Romero-Aranda, R., Syvertsen, J.P., The influence of foliar-applied urea nitrogen and saline solutions on net gas exchange of *Citrus* leaves, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121:501–506, **1996**.
- [10] Seemann, J.R., Critchley, C., Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L., *Planta*, 164:151–162, **1985**.
- [11] Dionisio-Sese, M.L., Tobita, S., Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress., *Plant Science*, 135:1–9, **1998**.
- [12] Gueta-Dahan, Y., Yaniv, Z., Zilinskas, B.A., Salt and oxidative stress: similar and specific responses and their relation to salt tolerance in citrus, *Planta*, 203:460–469, **1997**.
- [13] Mittova, V., Guy, M., Tal, M., Salinity up-regulates the antioxidative system in root mitochondria and peroxisomes of the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*, *Journal of Experimental Botany*, 55:1105–1113, **2004**.

- [14] Munns, R., Termaat, A., Whole-plant responses to salinity, *Functional Plant Biology*, 13:143–160, **1986**.
- [15] Grattan, S.R., Grieve, C.M., Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments, *Handbook of Plant and crop stress*, 2:203–229, **1999**.
- [16] Pérez-Alfocea, F., Estan, M.T., Cruz, A.S., Effects of salinity on nitrate, total nitrogen, soluble protein and free amino add levels in tomato plants, *Journal of Horticultural Science*, 68:1021–1027, **1993**.
- [17] Khan, M.A., Ungar, I.A., Showalter, A.M., Effects of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte *Haloxylon recurvum*, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31:2763–2774, **2000**.
- [18] Bayuelo-Jiménez, J.S., Debouck, D.G., Lynch, J.P., Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of *Phaseolus* species grown under saline conditions, *Field Crops Research*, 80:207–222, **2003**.
- [19] Marschner, H., *Marschner's mineral nutrition of higher plants*, Academic Press, **2011**.
- [20] Karanlık, S., *Değişik buğday genotiplerinde tuz stresine dayanıklılık ve dayanıklılığın fizyolojik nedenlerinin araştırılması*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, Adana, **2001**.
- [21] Nelson, D.E., Shen, B., Bohnert, H.J., Salinity tolerance—mechanisms, models and the metabolic engineering of complex traits. *Genetic engineering*, (eds: Setlow, J.K.), Springer, 153–176, **1998**.
- [22] Blumwald, E., Aharon, G.S., Apse, M.P., Sodium transport in plant cells, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*, 1465:140–151, **2000**.
- [23] Amtmann, A., Sanders, D., Mechanisms of Na⁺ uptake by plant cells, *Advances in Botanical Research*, Elsevier, 75–112, **1998**.
- [24] Sairam, R.K., Tyagi, A., Physiology and molecular biology of salinity, *Current Science*, 86;3, **2004**.
- [25] Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J-K., Plant cellular and molecular responses to high salinity, *Annual Review of Plant Biology*, 51:463–499, **2000**.
- [26] Xie, J.H., Zapata-Arias, F.J., Shen, M., Salinity tolerant performance and genetic diversity of four rice varieties, *Euphytica*, 116:105–110, **2000**.
- [27] Larcher, W., Physiological Plant Ecology. *Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*, Springer Science and Business Media, **1995**.

- [28] Flowers, T.J., Troke, P.F., Yeo, A.R., The mechanism of salt tolerance in halophytes, *Annual Review of Plant Physiology*, 28:89–121, **1977**.
- [29] Simon, E., Phospholipids and plant membrane permeability, *New Phytologist*, 73:377–420, **1974**.
- [30] Mansour, M.M.F., Plasma membrane permeability as an indicator of salt tolerance in plants, *Biologia Plantarum*, 57:1–10, **2013**.
- [31] Sairam, R.K., Srivastava, G.C., Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress, *Plant Science*, 162:897–904, **2002**.
- [32] Mansour, M.M.F., Salama, K.H., Cellular basis of salinity tolerance in plants, *Environmental and Experimental Botany*, 52:113–122, **2004**.
- [33] Ashraf, M., Ali, Q., Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.), *Environmental and Experimental Botany*, 63:266–273, **2008**.
- [34] Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D., Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity, *Scientia Horticulturae*, 93:65–74, **2002**.
- [35] Tuna, A.L., Kaya, C., Ashraf, M., The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress, *Environmental and Experimental Botany*, 59:173–178, **2007**.
- [36] Nedjimi, B., Effects of salinity on growth, membrane permeability and root hydraulic conductivity in three saltbush species, *Biochemical Systematics and Ecology*, 52:4–13, **2014**.
- [37] Mishra, A., Choudhuri, M.A., Effects of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice, *Biologia Plantarum*, 42:409–415, **1999**.
- [38] Jouve, L., Engelmann, F., Noirot, M., Evaluation of biochemical markers (sugar, proline, malonaldehyde and ethylene) for cold sensitivity in microcuttings of two coffee species, *Plant Science*, 91:109–116, **1993**.
- [39] Parvanova, D., Ivanov, S., Konstantinova, T., Transgenic tobacco plants accumulating osmolytes show reduced oxidative damage under freezing stress, *Plant Physiology and Biochemistry*, 42:57–63, **2004**.
- [40] Simaei, M., Khavarinejad, R.A., Saadatmand, S., Interactive effects of salicylic acid and nitric oxide on soybean plants under NaCl salinity, *Russian Journal of Plant Physiology*, 58:783, **2011**.

- [41] Shalata, A., Mittova, V., Volokita, M., Response of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii* to salt-dependent oxidative stress: The root antioxidative system, *Physiologia Plantarum*, 112:487–494, **2001**.
- [42] Zhang, F., Yang, Y.L., He, W.L., Effects of salinity on growth and compatible solutes of callus induced from *Populus euphratica*, *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 40:491–494, **2004**.
- [43] Erturk, U., Sivritepe, N., Yerlikaya, C., Responses of the cherry rootstock to salinity in vitro, *Biologia Plantarum*, 51:597–600, **2007**.
- [44] Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity, *Journal of Plant Physiology*, 164:728–736, **2007**.
- [45] Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J., NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance, *Annals of Botany*, 78:389–398, **1996**.
- [46] Hernández, J.A., Almansa, M.S., Short-term effects of salt stress on antioxidant systems and leaf water relations of pea leaves, *Physiologia Plantarum*, 115:251–257, **2002**.
- [47] Ashraf, M., Organic substances responsible for salt tolerance in *Eruca sativa*, *Biologia Plantarum*, 36:255–259, **1994**.
- [48] Mansour, M.M.F., Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress, *Biologia Plantarum*, 43:491–500, **2000**.
- [49] Wyn, J.R., *Salt tolerance*, Physiology Processes Limiting Plant Productivity. **1981**.
- [50] Abrahám, E., Rigó, G., Székely, G., Light-dependent induction of proline biosynthesis by abscisic acid and salt stress is inhibited by brassinosteroid in *Arabidopsis*, *Plant Molecular Biology*, 51:363–372, **2003**.
- [51] Ali, G., Srivastava, P.S., Iqbal, M., Proline accumulation, protein pattern and photosynthesis in *Bacopa monniera* regenerants grown under NaCl stress, *Biologia Plantarum*, 42:89–95, **1999**.
- [52] Ashraf, M., Effect of sodium chloride on water relations and some organic osmotica in arid zone plant species *Melilotus indica* (L.) All., *Der Tropenlandwirt-Journal of Agriculture in the Tropics and Subtropics*, 94:95–102, **1993**.
- [53] Ashraf, M.Y., Wu, L., Breeding for salinity tolerance in plants, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13:17–42, **1994**.

- [54] Kumar, S.G., Reddy, A.M., Sudhakar, C., NaCl effects on proline metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) with contrasting salt tolerance, *Plant Science*, 165:1245–1251, **2003**.
- [55] Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J., Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance, *Plant Growth Regulation*, 19:207–218, **1996**.
- [56] Mansour, M.M.F., Protection of plasma membrane of onion epidermal cells by glycinebetaine and proline against NaCl stress, *Plant Physiology and Biochemistry*, 36:767–772, **1998**.
- [57] Gadallah, M.A.A., Effects of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* responses to salt stress, *Biologia plantarum*, 42:249–257, **1999**.
- [58] Hanson, A.D., Burnet, M., Evolution and metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in higher plants. *Biochemical and cellular mechanisms of stress tolerance in plants*, Springer, 291–302, **1994**.
- [59] Lone, M.I., Kueh, J.S.H., Wyn Jones R.G., Influence of proline and glycinebetaine on salt tolerance of cultured barley embryos, *Journal of Experimental Botany*, 38:479–490, **1987**.
- [60] Rudolph, A.S., Crowe, J.H., Crowe, L.M., Effects of three stabilizing agents—proline, betaine, and trehalose—on membrane phospholipids, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 245:134–143, **1986**.
- [61] Çelik, Ö., Atak, Ç., The effect of salt stress on antioxidative enzymes and proline content of two Turkish tobacco varieties, *Turkish Journal of Biology*, 36:339–356, **2012**.
- [62] Lin, C.C., Kao, C.H., Proline accumulation is associated with inhibition of rice seedling root growth caused by NaCl, *Plant Science*, 114:121–128, **1996**.
- [63] Blokhina, O., Fagerstedt, K.V., Reactive oxygen species and nitric oxide in plant mitochondria: origin and redundant regulatory systems, *Physiologia Plantarum*, 138:447–462, **2010**.
- [64] Foyer, C.H., Oxygen metabolism and electron transport in photosynthesis. *Oxidative Stress and the Molecular Biology of Antioxidant Defenses*, 587–621, **1997**.
- [65] Foyer, C.H., Harbinson, J., Oxygen metabolism and the regulation of photosynthetic electron transport, *Causes of Photooxidative Stress and Amelioration of Defense Systems in Plants*; 1–42, **1994**.

- [66] Heyno, E., Mary, V., Schopfer, P., Oxygen activation at the plasma membrane: relation between superoxide and hydroxyl radical production by isolated membranes, *Planta*, 234:35–45, **2011**.
- [67] Luis, A., Sandalio, L.M., Corpas, F.J., Reactive oxygen species and reactive nitrogen species in peroxisomes. Production, scavenging, and role in cell signaling, *Plant Physiology*, 141:330–335, **2006**.
- [68] Miller, G.A.D., Suzuki, N., Ciftci-Yilmaz, S., Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses, *Plant, Cell and Environment*, 33:453–467, **2010**.
- [69] Maheshwari, R., Dubey, R.S., Nickel-induced oxidative stress and the role of antioxidant defence in rice seedlings, *Plant Growth Regulation*, 59:37–49, **2009**.
- [70] Meriga, B., Reddy, B.K., Rao, K.R., Aluminium-induced production of oxygen radicals, lipid peroxidation and DNA damage in seedlings of rice (*Oryza sativa*), *Journal of Plant Physiology*, 161:63–68, **2004**.
- [71] Mishra, S., Jha, A.B., Dubey, R.S., Arsenite treatment induces oxidative stress, upregulates antioxidant system, and causes phytochelatin synthesis in rice seedlings, *Protoplasma*, 248:565–577, **2011**.
- [73] Shah, K., Kumar, R.G., Verma, S., Effect of cadmium on lipid peroxidation, superoxide anion generation and activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings, *Plant Science*, 161:1135–1144, **2001**.
- [74] Sharma, P., Dubey, R.S., Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings, *Plant Growth Regulation*, 46:209–221, **2005**.
- [75] Srivastava, S., Dubey, R.S., Manganese-excess induces oxidative stress, lowers the pool of antioxidants and elevates activities of key antioxidative enzymes in rice seedlings, *Plant Growth Regulation*, 64:1–16, **2011**.
- [76] Verma, S., Dubey, R.S., Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants, *Plant Science*, 164:645–655, **2003**.
- [77] Hernandez, J.A., Jimenez, A., Mullineaux, P., Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defences, *Plant, Cell and Environment*, 23:853–862, **2000**.
- [78] 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*, 65:270–281, **2009**.

- [79] Karray-Bouraoui, N., Harbaoui, F., Rabhi, M, Different antioxidant responses to salt stress in two different provenances of *Carthamus tinctorius* L., *Acta Physiologiae Plantarum*, 33:1435–1444, **2011**.
- [80] Neill, S.J., Desikan, R., Clarke, A., Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants, *Journal of Experimental Botany*, 53:1237–1247, **2002**.
- [81] Vranova, E., Inzé, D., Van Breusegem, F., Signal transduction during oxidative stress, *Journal of experimental botany*, 53:1227–1236, **2002**.
- [82] Kwak, J.M., Mori, I.C., Pei, Z.M., NADPH oxidase AtrbohD and AtrbohF genes function in ROS-dependent ABA signaling in *Arabidopsis*, *The EMBO Journal*, 22:2623–2633, **2003**.
- [83] Neill, S., Desikan, R., Hancock J. Hydrogen peroxide signalling, *Current Opinion in Plant Biology*, 5:388–395, **2002**.
- [84] Yan, J., Tsuichihara, N., Etoh, T., Reactive oxygen species and nitric oxide are involved in ABA inhibition of stomatal opening, *Plant, Cell and Environment*. 30:1320–1325, **2007**.
- [85] Bethke, P.C., Jones, R.L., Cell death of barley aleurone protoplasts is mediated by reactive oxygen species, *The Plant Journal*, 25:19–29, **2001**.
- [86] Miller, G., Shulaev, V., Mittler, R., Reactive oxygen signaling and abiotic stress, *Physiologia Plantarum*, 133:481–489, **2008**.
- [87] Torres, M.A., Dangl, J.L., Jones, J.D., *Arabidopsis* gp91phox homologues AtrbohD and AtrbohF are required for accumulation of reactive oxygen intermediates in the plant defense response, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99:517–522, **2002**.
- [88] Joo, J.H., Bae, Y.S., Lee, J.S., Role of auxin-induced reactive oxygen species in root gravitropism, *Plant Physiology*, 126:1055–1060, **2001**.
- [89] Noctor, G., Foyer, C.H., Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control, *Annual Review of Plant Biology*, 49:249–279, **1998**.
- [90] Bowler, C., Montagu, M., Inzé, D., Superoxide dismutase and stress tolerance, *Annual Review of Plant Biology*, 43:83–116, **1992**.
- [91] de Azevedo Neto, A.D., Prisco, J.T., Enéas-Filho, J., Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants, *Journal of Plant Physiology*, 162:1114–1122, **2005**.

- [92] Møller, I.M., Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species, *Annual Review of Plant Biology*, 52:561–591, **2001**.
- [93] Sairam, R.K., Chandrasekhar, V., Srivastava, G.C., Comparison of hexaploid and tetraploid wheat cultivars in their responses to water stress, *Biologia Plantarum*, 44:89–94, **2001**.
- [94] Sairam, R.K., Deshmukh, P.S., Saxena, D.C., Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress, *Biologia plantarum*, 41:387–394, **1998**.
- [95] Sairam, R.K., Deshmukh, P.S., Shukla, D.S., Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 178:171–178, **1997**.
- [96] Sairam, R.K., Srivastava, G.C., Saxena, D.C., Increased antioxidant activity under elevated temperatures: a mechanism of heat stress tolerance in wheat genotypes, *Biologia Plantarum*, 43:245–251, **2000**.
- [97] Chen, Y., Shao, G., Chang, R., The effect of salt stress on superoxide dismutase in various organelles from cotyledon of soybean seedling, *Zuo Wu Xue Bao*, 23:214–219, **1997**.
- [98] Gomez, J.M., Hernandez, J.A., Jimenez, A., Differential response of antioxidative enzymes of chloroplasts and mitochondria to long-term NaCl stress of pea plants, *Free Radical Research*, 31:11–18, **1999**.
- [99] Hernandez, J.A., Campillo, A., Jimenez, A., Response of antioxidant systems and leaf water relations to NaCl stress in pea plants, *The New Phytologist*, 141:241–251, **1999**.
- [100] Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., Differential response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedlings of foxtail millet (*Setaria italica*), *Physiologia plantarum*, 109:435–442, **2000**.
- [101] Yaşar, F., *Tuz stresi altındaki patlıcan genotiplerinde bazı antioksidant enzim aktivitelerinin in vitro ve in vivo olarak incelenmesi*, Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, **2003**.
- [102] Kaydan, D., Yagmur, M., Okut, N., Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.), *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13:114–119, **2007**.
- [103] Khodary, S.E.A., Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants, *International Journal of Agriculture and Biology*, 6:5–8, **2004**.

- [104] Tari, I., Csiszár, J., Szalai, G., Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment, *Acta Biologica Szegediensis*, 46:55–56, **2002**.
- [105] Demir, Y., Kocaçalışkan, I., Effect of NaCl and proline on bean seedlings cultured in vitro, *Biologia Plantarum*, 45:597–599, **2002**.
- [106] Agarwal, S., Sairam, R.K., Srivastava, G.C., Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes, *Biologia Plantarum*, 49:541–550, **2005**.
- [107] Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity, *Scientia Horticulturae*, 113:120–128, **2007**.
- [108] Janda, T., Szalai, G., Tari, I., Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants, *Planta*, 208:175–180, **1999**.
- [109] Klessig, D.F., Malamy, J., The salicylic acid signal in plants, *Plant Molecular Biology*, 26:1439–1458, **1994**.
- [110] Sun, J., Li, L., Liu, M., Hydrogen peroxide and nitric oxide mediate K⁺/Na⁺ homeostasis and antioxidant defense in NaCl-stressed callus cells of two contrasting poplars, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 103:205–215, **2010**.
- [111] Sathiyaraj, G., Srinivasan, S., Kim, Y-J., Acclimation of hydrogen peroxide enhances salt tolerance by activating defense-related proteins in *Panax ginseng* CA Meyer, *Molecular Biology Reports*, 41:3761–3771, **2014**.
- [112] Demir, Y., Kocacaliskan, I., Effects of proline on maize embryos cultured in salt stress, *Fresenius Environmental Bulletin*, 17:536, **2008**.
- [113] Halliwell, B., Oxidative stress and neurodegeneration: where are we now?, *Journal of neurochemistry*, 97:1634–1658, **2006**.
- [114] Bhattacharjee, S., Reactive oxygen species and oxidative burst: Roles in stress, senescence and signal transduction in plants, *Current Science*, 1113–1121, **2005**.
- [115] Kacperska, A., Sensor types in signal transduction pathways in plant cells responding to abiotic stressors: do they depend on stress intensity?, *Physiologia Plantarum*, 122:159–168, **2004**.
- [116] Karpinska, B., Wingsle, G., Karpinski, S., Antagonistic effects of hydrogen peroxide and glutathione on acclimation to excess excitation energy in *Arabidopsis*, *International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB) Life*, 50:21–26, **2000**.

- [117] Karpinski, S., Reynolds, H., Karpinska, B., Systemic signaling and acclimation in response to excess excitation energy in *Arabidopsis*, *Science*, 284:654–657, **1999**.
- [118] Slesak, I., Karpinska, B., Surówka, E., Redox changes in the chloroplast and hydrogen peroxide are essential for regulation of C3–CAM transition and photooxidative stress responses in the facultative CAM plant *Mesembryanthemum crystallinum* L., *Plant and Cell Physiology*, 44:573–581, **2003**.
- [119] Prasad, T.K., Anderson, M.D., Martin, B.A., Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide, *The Plant Cell*, 6:65–74, **1994**.
- [120] Yu, C-W., Murphy, T.M., Lin, C-H., Hydrogen peroxide-induced chilling tolerance in mung beans mediated through ABA-independent glutathione accumulation, *Functional Plant Biology*, 30:955–963, **2003**.
- [121] Fukao, T., Bailey-Serres, J., Submergence tolerance conferred by Sub1A is mediated by SLR1 and SLRL1 restriction of gibberellin responses in rice, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105:16814–16819, **2008**.
- [122] Laloi, C., Apel, K., Danon, A., Reactive oxygen signalling: the latest news, *Current Opinion in Plant Biology*, 7:323–328, **2004**.
- [123] Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M., Reactive oxygen gene network of plants, *Trends in Plant Science*, 9:490–498, **2004**.
- [124] Dat, J., Vandenabeele, S., Vranová, E., Dual action of the active oxygen species during plant stress responses, *Cellular and Molecular Life Sciences*, 57:779–795, **2000**.
- [125] Peng, Y., Huang, Z., Guo, B., The scavenging effects of se enriched *Spirulina platensis* on oxygen free radicals, [*Ying yang xue bao*] *Acta Nutrimenta Sinica*. 27:61–65, **2005**.
- [126] Bright, J., Desikan, R., Hancock, J.T., ABA-induced NO generation and stomatal closure in *Arabidopsis* are dependent on H₂O₂ synthesis, *The Plant Journal*, 45:113–122, **2006**.
- [127] Fedina, I.S., Nedeva, D., Çiçek, N., Pre-treatment with H₂O₂ induces salt tolerance in barley seedlings, *Biologia Plantarum*, 53:321–324, **2009**.
- [128] He, L., Gao, Z., Pretreatment of seed with H₂O₂ enhances drought tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings, *African Journal of Biotechnology*, 8, **2009**.

- [129] Liu, Y., Huang, W., Zhan, J., Systemic induction of H₂O₂ in pea seedlings pretreated by wounding and exogenous jasmonic acid, *Science in China Series C: Life Sciences*, 48:202–212, **2005**.
- [130] Yu, C-W., Murphy, T.M., Sung, W-W., H₂O₂ treatment induces glutathione accumulation and chilling tolerance in mung bean, *Functional Plant Biology*, 29:1081–1087, **2002**.
- [131] Gechev, T.S., Gadjev, I., Van Breusegem, F., Hydrogen peroxide protects tobacco from oxidative stress by inducing a set of antioxidant enzymes, *Cellular and Molecular Life Sciences*, 59:708–714, **2002**.
- [132] Moskova, I., Todorova, D., Alexieva, V., Hydrogen peroxide pretreatment alleviates paraquat injuries in pea (*Pisum sativum* L.), *Comptes Rendus De l'Academie Bulgare Des Sciences*, 60:1101–1106, **2007**.
- [133] Ashfaq, F., Khan, M.I.R., Khan, N.A., Exogenously applied H₂O₂ promotes proline accumulation, water relations, photosynthetic efficiency and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress, *Methodology, Plant Physiology and Biochemistry Section, Department of Botany, Aligarh Muslim University, Aligarh, India*, **2012**.
- [134] Zhang, F., Wang, Y., Yang, Y., Involvement of hydrogen peroxide and nitric oxide in salt resistance in the calluses from *Populus euphratica*, *Plant, Cell and Environment*, 30:775–785, **2007**.
- [135] Michelet, B., Boutry, M., The plasma membrane H⁺-ATPase (A highly regulated enzyme with multiple physiological functions), *Plant Physiology*, 108:1, **1995**.
- [136] Morsomme, P., Boutry, M., The plant plasma membrane H⁺-ATPase: structure, function and regulation, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*, 1465:1–16, **2000**.
- [137] Serrano, R., Mulet, J.M., Rios, G., A glimpse of the mechanisms of ion homeostasis during salt stress, *Journal of Experimental Botany*, 1023–1036, **1999**.
- [138] Zhu, J-K., Regulation of ion homeostasis under salt stress, *Current Opinion in Plant Biology*, 6:441–445, **2003**.
- [139] Davis, P.H., *Flora of Turkey and the east Aegean Islands, Vol. 1*. **1965**.
- [140] Güner, A., Akyıldırım, B., Alkayış, M.F., Türkçe Bitki Adları. *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*, (eds: Güner, A., Aslan, S. Ekim, T. Vural, M. & Babaç, M.T.), Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları Flora Dizisi, 1, **2012**.
- [141] Anonim, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/compare/Q/QC/E> (Mayıs, **2018**).

- [142] Chartzoulakis, K.S., Loupassaki, M.H., Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant, *Agricultural Water Management*, 32:215–225, **1997**.
- [143] Demir, I., Mavi, K., Ozcoban, M., Effect of salt stress on germination and seedling growth in serially harvested aubergine (*Solanum melongena* L.) seeds during development, *Israel Journal of Plant Sciences*, 51:125–131, **2003**.
- [144] Horasan, Ö., *Salisilik Asitin Tuzlu Koşullarda Kültüre Alınmış Patlıcan (Solanum melongena L.) Embriyolarında Gelişim ve Bazı Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkilerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2010**.
- [145] Uchida, A., Jagendorf, A.T., Hibino, T., Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice, *Plant Science*, 163:515–523, **2002**.
- [146] Kim, S-Y., Lim, J-H., Park, M-R., Enhanced antioxidant enzymes are associated with reduced hydrogen peroxide in barley roots under saline stress, *BMB Reports*, 38:218–224, **2005**.
- [147] Agarwal, S., Sairam, R.K., Srivastava, G.C., Role of ABA, salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedlings, *Plant Science*, 169:559–570, **2005**.
- [148] Wahid, A., Perveen, M., Gelani, S., Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins, *Journal of Plant Physiology*, 164:283–294, **2007**.
- [149] Tanou, G., Job, C., Rajjou, L., Proteomics reveals the overlapping roles of hydrogen peroxide and nitric oxide in the acclimation of citrus plants to salinity, *The Plant Journal*, 60:795–804, **2009**.
- [150] Hernandez, M., Fernandez-Garcia, N., Diaz-Vivancos, P., A different role for hydrogen peroxide and the antioxidative system under short and long salt stress in Brassica oleracea roots, *Journal of Experimental Botany*, 61:521–535, **2009**.
- [151] Gondim, F.A., Gomes-Filho, E., Lacerda, C.F., Pretreatment with H₂O₂ in maize seeds: effects on germination and seedling acclimation to salt stress, *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 22:103–112, **2010**.
- [152] Li, J-T., Qiu, Z-B., Zhang, X-W., Exogenous hydrogen peroxide can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress, *Acta Physiologiae Plantarum*, 33:835–842, **2011**.
- [153] Ishibashi, Y., Yamaguchi, H., Yuasa, T., Effect of hydrogen peroxide spraying on drought stress in soybean plant, *Proceedings of The 7th ACSA Conference*, 215, **2011**.

- [154] Liao, W-B., Huang, G-B., Yu, J-H., Nitric oxide and hydrogen peroxide alleviate drought stress in marigold explants and promote its adventitious root development, *Plant Physiology and Biochemistry*, 58:6–15, **2012**.
- [155] Hameed, A., Hussain, T., Gulzar, S., Salt tolerance of a cash crop halophyte *Suaeda fruticosa*: biochemical responses to salt and exogenous chemical treatments, *Acta Physiologiae Plantarum*, 34:2331–2340, **2012**.
- [156] İşeri, Ö.D., Körpe, D.A., Sahin, F.I., Hydrogen peroxide pretreatment of roots enhanced oxidative stress response of tomato under cold stress, *Acta physiologiae plantarum*, 35:1905–1913, **2013**.
- [157] Ashraf, M.A., Rasheed, R., Hussain, I., Hydrogen peroxide modulates antioxidant system and nutrient relation in maize (*Zea mays* L.) under water-deficit conditions, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61:507–523, **2015**.
- [158] Uslu, K.S., Ellialtıoğlu, Ş.E., *Patlıcanda Kallus Oluşumu için En Uygun Ortam Bileşiminin Belirlenmesi*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, **2003**.
- [159] Murashige, T., Skoog, F.A., revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures, *Physiologia plantarum*, 15:473–497, **1962**.
- [160] Prakash, L., Prathapasenan, G., Effect of NaCl Salinity and Putrescine on Shoot Growth, Tissue Ion Concentration and Yield of Rice (*Oryza sativa* L. var. GR-3), *Journal of Agronomy and Crop Science*, 160:325–334, **1988**.
- [161] Velikova, V., Yordanov, I., Edreva, A., Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines, *Plant Science*, 151:59–66, **2000**.
- [162] Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., Rapid determination of free proline for water-stress studies, *Plant and Soil*, 39:205–207, **1973**.
- [163] Cakmak, I., Marschner. H., Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves, *Plant Physiology*, 98:1222–1227, **1992**.
- [164] Cakmak, I., Activity of ascorbate-dependent H₂O₂-scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium-and potassium-deficient leaves, but not in phosphorus-deficient leaves, *Journal of Experimental Botany*, 45:1259–1266, **1994**.
- [165] Williams, L.J., Hervé, A., Fisher's least significant difference (LSD) test, *Encyclopedia of Research Design*, 218: 840-853, **2010**.
- [166] Munns, R., Comparative physiology of salt and water stress, *Plant, Cell and Environment*, 25:239–250, **2002**.

- [167] Ren, H., Chen, X., Sun, G., Response of wheat seedlings with different drought resistance to water deficiency and NaCl stresses, *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao (The Journal of Applied Ecology)*, 11:718–722, **2000**.
- [168] Abass, S.M., Mohamed, H.I., Alleviation of adverse effects of drought stress on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by exogenous application of hydrogen peroxide, *Bangladesh Journal of Botany*, 40:75–83, **2011**.
- [169] Potikha, T.S., Collins, C.C., Johnson, D.I., The involvement of hydrogen peroxide in the differentiation of secondary walls in cotton fibers, *Plant Physiology*, 119:849–858, **1999**.
- [170] Sun, J., Wang M-J., Ding M-Q., H₂O₂ and cytosolic Ca²⁺ signals triggered by the PM H⁺-coupled transport system mediate K⁺/Na⁺ homeostasis in NaCl-stressed *Populus euphratica* cells, *Plant, Cell and Environment*, 33:943–958, **2010**.
- [171] Sun, J., Dai, S., Wang, R., Calcium mediates root K⁺/Na⁺ homeostasis in poplar species differing in salt tolerance, *Tree Physiology*, 29:1175–1186, **2009**.
- [172] Lu, Y., Li, N., Sun, J., Exogenous hydrogen peroxide, nitric oxide and calcium mediate root ion fluxes in two non-secretor mangrove species subjected to NaCl stress, *Tree physiology*, 33:81–95, **2012**.
- [173] Akinci, I.E., Akinci, S., Yilmaz, K., Response of eggplant varieties (*Solanum melongena*) to salinity in germination and seedling stages, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 32:193–200, **2004**.
- [174] Chung, J-S., Zhu, J-K., Bressan, R.A., Reactive oxygen species mediate Na⁺-induced SOS1 mRNA stability in Arabidopsis, *The Plant Journal*, 53:554–565, **2008**.
- [175] Mori, I.C., Schroeder, J.I., *Reactive oxygen species activation of plant Ca²⁺ channels*. A signaling mechanism in polar growth, hormone transduction, stress signaling, and hypothetically mechanotransduction, *Plant Physiology*, 135:702–708, **2004**.
- [176] Zhu, J-K., Plant salt tolerance, *Trends in Plant Science*, 6:66–71, **2001**.
- [177] Qiu, Q-S., Guo, Y., Dietrich, M.A., Regulation of SOS1, a plasma membrane Na⁺/H⁺ exchanger in Arabidopsis thaliana, by SOS2 and SOS3, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99:8436–8441, **2002**.
- [178] Martínez-Atienza, J., Jiang, X., Garciadeblas, B., Conservation of the salt overly sensitive pathway in rice, *Plant Physiology*, 143:1001–1012, **2007**.
- [179] Ashraf, M., Harris, P.J.C., Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants, *Plant Science*, 166:3–16, **2004**.

- [180] Zhang, F., Wang, Y., Wang, D., Role of nitric oxide and hydrogen peroxide during the salt resistance response, *Plant Signaling and Behavior*, 2:473–474, **2007**.
- [181] Shabala, S., Demidchik, V., Shabala, L., Extracellular Ca^{2+} ameliorates NaCl-induced K^{+} loss from Arabidopsis root and leaf cells by controlling plasma membrane K^{+} -permeable channels, *Plant Physiology*, 141:1653–1665, **2006**.
- [182] Allen, G.J., Chu, S.P., Schumacher, K., Alteration of stimulus-specific guard cell calcium oscillations and stomatal closing in Arabidopsis det3 mutant, *Science*, 289:2338–2342, **2000**.
- [183] Young, J.J., Mehta, S., Israelsson, M., CO_2 signaling in guard cells: calcium sensitivity response modulation, a Ca^{2+} -independent phase, and CO_2 insensitivity of the gca2 mutant, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103:7506–7511, **2006**.
- [184] Petrov, V.D., Van Breusegem, F., Hydrogen peroxide—a central hub for information flow in plant cells, *AoB plants*, **2012**.
- [185] Gao, Y., Guo, Y.K., Lin, S.H., Hydrogen peroxide pretreatment alters the activity of antioxidant enzymes and protects chloroplast ultrastructure in heat-stressed cucumber leaves, *Scientia Horticulturae*, 126:20–26, **2010**.
- [186] Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Gill, S.S., Hydrogen peroxide pretreatment mitigates cadmium-induced oxidative stress in *Brassica napus* L.: an intrinsic study on antioxidant defense and glyoxalase systems, *Frontiers in Plant science*, 8:115, **2017**.
- [187] Guler, N.S., Pehlivan, N., Exogenous low-dose hydrogen peroxide enhances drought tolerance of soybean (*Glycine max* L.) through inducing antioxidant system, *Acta Biologica Hungarica*, 67:169–183, **2016**.
- [188] Wang, Y., Li, X., Li, J., Salt-induced hydrogen peroxide is involved in modulation of antioxidant enzymes in cotton, *The Crop Journal*, 4:490–498, **2016**.
- [189] Zhang, X.L., Jia, X.F., Yu, B., Exogenous hydrogen peroxide influences antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in cucumber leaves at low light, *Scientia Horticulturae*, 129:656–662, **2011**.
- [190] Guzel, S., Terzi, R., Exogenous hydrogen peroxide increases dry matter production, mineral content and level of osmotic solutes in young maize leaves and alleviates deleterious effects of copper stress, *Botanical Studies*, 54:26, **2013**.
- [191] Verslues, P.E., Kim, Y.S., Zhu, J.K., Altered ABA, proline and hydrogen peroxide in an *Arabidopsis* glutamate: glyoxylate aminotransferase mutant, *Plant Molecular Biology*, 64:205–217, **2007**.

- [192] Cingoz, G.S., Verma, S.K., Gurel, E., Hydrogen peroxide-induced antioxidant activities and cardiogenic glycoside accumulation in callus cultures of endemic *Digitalis* species, *Plant physiology and biochemistry*, 82:89–94, **2014**.
- [193] Furtana G.B., Tırdamaz, R., Physiological and antioxidant response of three cultivars of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salinity, *Turkish Journal of Biology*, 34:287–296, **2010**.
- [194] Scandalios, J.G., Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses, *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38:995–1014, **2005**.
- [195] Gondim, F.A., Gomes-Filho, E., Costa, J.H., Catalase plays a key role in salt stress acclimation induced by hydrogen peroxide pretreatment in maize, *Plant Physiology and Biochemistry*, 56:62–71, **2012**.
- [196] Mhamdi, A., Queval, G., Chaouch, S., Catalase function in plants: a focus on *Arabidopsis* mutants as stress-mimic models, *Journal of Experimental Botany*, 61:4197–4220, **2010**.
- [197] Yildıztugay, E., Sekmen, A.H., Turkan, I., Elucidation of physiological and biochemical mechanisms of an endemic halophyte *Centaurea tuzgoluensis* under salt stress, *Plant Physiology and Biochemistry*, 49:816–824, **2011**.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Oğuzhan YAŞARKAN
Doğum Yeri : Ankara
Medeni Hali : Bekar
E-Posta : o.yasarkan@hacettepe.edu.tr
Adresi :

Eğitim

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi
Biyoloji Bölümü
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı

Yabancı Dil ve Düzeyi:

İngilizce-İyi

İş Deneyimi

Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi

Deneyim Alanları

-

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Poster Sunumu

Yaşarkan, O., Akyüz, E., Baysal Furtana, G., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Tıprıdamaz, R., The Effects of H₂O₂ Pre-treatment on Antioxidant Enzyme Activities in Calli Tissues of Two Eggplant Genotypes under Salinity Stress, 41. FEBS Congress, 3-8 Eylül, Kuşadası, Türkiye, 2016.



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 20/06/2018

Tez Başlığı / Konusu: İki Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Genotipinin Tuza Dayanıklılığının Hidrojen Peroksit Ön Uygulaması ile *In Vitro* Koşullarda Araştırılması

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 68 sayfalık kısmına ilişkin, 20/06/2018 tarihinde ~~çalışmam~~/tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 7'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar ~~hariç~~/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

20.06.2018

Adı Soyadı: Oğuzhan Yaşarkan
Öğrenci No: N12120830
Anabilim Dalı: BİYOLOJİ
Programı: Botanik - Yüksek Lisans
Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

(Prof. Dr. Rukiye Tıprıdamaz)