



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASETON O-(4-
KLOROFENİLSÜLFONİL)OKSİM
MADDESİNİN TUZ STRESİ ALTINDAKİ
MISIR FİDELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Aylin KARAKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalı

Mart-2022
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASETON O-(4-
KLOROFENİLSÜLFONİL)OKSİM
MADDESİNİN TUZ STRESİ ALTINDAKİ
MISIR FİDELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Aylin KARAKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fuat YETİŞSİN

Mart-2022
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL ve ONAYI

Aylin KARAKAYA tarafından hazırlanan “Aseton O-(4-klorofenilsülfonil)Oksim Maddesinin Tuz Stresi Altındaki Mısır Fideleri Üzerine Etkileri” adlı tez çalışması 04/03/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy çokluğu ile Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA
MAUN- FEF-Moleküler Biyoloji ve Genetik

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Fuat YETİŞSİN
MAUN- TBMYO-Bitkisel ve Hayvansal Üretim

.....

Üye

Doç. Dr. Tuba ACET
Gümüşhane Üniversitesi- Genetik ve Biyomühendislik

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet SAVCI
MAUN- FEF-Moleküler Biyoloji ve Genetik

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRALAY
Artvin Çoruh Üniversitesi- Silvikültür

.....

Yukarıdaki sonuç;
Enstitü Yönetim Kurulu/...../..... Tarih ve/..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Sedat BOZARI
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Muş Alparslan Üniversitesi Tarafından BAP-20-TBMY-4902-01 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tez çalışmasındaki tüm bilgilerin akademik kurallara uygun olarak etik bir şekilde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını, içeriğinde bana ait olmayan bilgi ve ifadelerin kaynağına eksiksiz olarak atıf yapıldığını beyan ederim.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Aylin KARAKAYA

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ASETON O-(4-KLOROFENİLSÜLFONİL)OKSİM MADDESİNİN TUZ STRESİ ALTINDAKİ MISIR FİDELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Aylin KARAKAYA

Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fuat YETİŞSİN

Abiyotik stresler bitkisel üretimde verimliliği ve kaliteyi önemli oranda kısıtlamakta olan etkililerdir. Bu çalışmadaki temel amaç, tuz stresi altındaki mısır fidelerine aseton O-(4 klorofenilsülfonil) oksim (AO) bileşiğinin ön uygulaması ile oluşan etkileri araştırmaktır. Bunun için bir deney düzeneği kurulmuştur: 18 saat distile su kontrol (K), önce 6 saat AO sonra 12 saat distile su (AO), 6 saat distile su+12 saat 100 mM NaCl (TS) ve 6 saat AO+12 saat 100 mM NaCl (AO+TS). Bu uygulamalar sonucunda belli parametreler ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda nispi su içeriği (NSi) açısından kontrol grubu ve AO uygulanan grup arasında bir fark görülmezken, TS'de önemli bir düşüş, AO+TS'de ise kontrole kıyasla önemli bir artış olduğu görülmüştür. Klorofil içeriği açısından ise TS grubunda AO ve kontrole göre azalma görülürken, AO+TS grubunda klorofil miktarı TS'ye göre önemli bir artış göstermiştir. Karotenoid içeriği ise en yüksek TS de olduğu belirlenirken, en düşük içeriğin ise AO+TS grubunda olduğu anlaşılmıştır. H₂O₂ ve MDA içeriklerinde ise kontrole göre AO uygulanan grupta önemli bir azalma olduğu, TS grubunda ise kontrole göre bir artma olduğu saptanmıştır. AO+TS grubunda ise TS'ye kıyasla önemli bir azalma görülmüştür. Askorbat peroksidaz, katalaz, guaiacol peroksidaz ve süperoksit dismutaz enzimleri de AO muamelesi sonrasında aktivitelerini düzenleyip, H₂O₂ ve MDA miktarını önemli oranda azaltmış olduğu görülmüştür. Prolin içeriğinde AO uygulaması ile kontrol grubuna göre bir azalma olduğu, AO+TS grubunda da TS'ye kıyasla yine aynı şekilde bir azalma olduğu belirlenmiştir. Fenolik madde içeriği açısından da AO uygulamasının ciddi değişikliklere sebep olduğu görülmüştür. Tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, AO ön muamelesinin, tuz stresi altındaki mısır fidelerinde serbest radikallerin oluşmasını engelleyebileceği düşüncesine varılabilir.

2022, 63

Anahtar Kelimeler: Mısır; Tuz stresi; Aseton O-(4-klorofenilsülfonil)Oksim (AO); Antioksidan sistem

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

EFFECTS OF ACETONE O-(4-CHLOROPHENYLSULFONYL)OXIME ON MAIZE SEEDLINGS UNDER SALT STRESS

Aylin KARAKAYA

**Muş Alparslan University
Natural and Applied Science
Department of Biology**

Advisor: Assist. Prof. Fuat YETİŞSİN

Abiotic stresses are effects that significantly restrict productivity and quality in plant production. The main purpose of this study is to investigate the effects of the pre-application of acetone O-(4-chlorophenylsulfonyl) oxime (AO) compound on maize seedlings under salt stress. The following experimental setup was established: 18 hours distilled water control (K), 6 hours AO+then 12 hours distilled water (AO), 6 hours distilled water+then 12 hours 100 mM NaCl (TS), and 6 hours AO+then 12 hours 100 mM NaCl (AO+TS). According to the results, while there was no difference between the control group and the AO treated group in terms of relative water content (RWC), it was observed that there was a significant decrease in TS and a significant increase in AO+TS compared to the control. In terms of chlorophyll content, while a decrease was observed in the TS group compared to AO and control, the amount of chlorophyll in the AO+TS group showed a significant increase compared to TS. While the carotenoid content was highest in TS, the lowest content was found in the AO+TS group. While a significant decrease was observed in H₂O₂ and MDA contents in the AO application compared to the control, an increase was observed in the TS group compared to the control. A significant decrease was observed in the AO+TS group compared to TS. Ascorbate peroxidase, catalase, guaiacol peroxidase, and superoxide dismutase enzymes were also observed to regulate their activities after AO treatment and significantly reduce the amount of H₂O₂ and MDA. While a significant decrease was determined in the proline content with the AO application compared to the control group, a decrease was observed in the AO+TS group compared to TS. It was observed that AO application caused serious changes in terms of phenolic substance content. As regards the findings, it can arrive that AO pretreatment can avoid the genesis of radicals that inhibit the general metabolic functioning of maize seedlings under salt stress.

2022, 63

Keywords: Maize; Salt stress; Acetone O-(4-chlorophenylsulfonyl)oxime (AO); Antioxidant system

TEŞEKKÜR

Tezin her aşamasında gerek katkıları gerekse de yönlendirmeleriyle yardımlarını esirgemeyen ve büyük emeği geçen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Fuat YETİŞSİN'e teşekkürlerimi sunuyorum. Bu süreçte manevi desteklerini her zaman hissettiğim annem Aynur ve babam Nihat ÖRDEK'e, tüm kardeşlerime özellikle de kızkardeşim Rabia ÖRDEK'e, süreç boyunca birbirimize destek olduğumuz arkadaşım Dilan YURTDAŞ'a, her zaman yanımda olan çocukluk arkadaşım candostum Hatice SÖNMEZ'e, öğretimim süresince ders aldığım hocalarıma, kurumsal işlemlerde yardımcı olan Fen Bilimleri Enstitüsü personellerine, arkadaşlarıma, adını sayamadığım dostlarıma ve katkısı geçen herkese sonsuz şükranlarımı sunarım. Ayrıca süreç boyunca her türlü desteğini gördüğüm sevgili eşim Dr. Öğr. Üyesi Sedat KARAKAYA'ya ve kimi zaman ihmal ettiğim çocuklarım Serhat Emir ve Mir Ahmet'e sabırlarından dolayı minnettarım.

Aylin KARAKAYA
MUŞ-2022

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

OH[·]	: Hidroksil radikali
μL	: Mikrolitre
°C	: Santigrat
mM	: Milimolar
O₂⁻	: Süper Oksit Radikali
OH	: Hidroksil

Kısaltmalar

ABA	: Absisik asit
APX	: Askorbat peroksidaz
AsA	: Askorbik asit
AO	: Aseton <i>O</i> -(4-Klorofenilsülfonil)Oksim
DHAR	: Dehidroaskorbat Redüktaz
K	: Kontrol Grubu
KA	: Kuru ağırlık
MDHAR	: Monodehidroaskorbat Redüktaz
NBT	: Nitro blue tetrazolium
POD	: Peroksidaz
PS I	: Fotosistem I
PS II	: Fotosistem II
ROS	: Reaktif oksijen türleri
RWC	: Nispi su içeriği
SOD	: Süperoksit dismutaz
TA	: Taze ağırlık
TS	: Tuz Stresi

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Stres ve Stres Çeşitleri.....	4
1.2 Tuz Stresi.....	5
1.2.1 Hücresel düzeyde etkisi	7
1.2.2 Fotosenteze etkisi	8
1.2.3 Organ düzeyinde etkisi	9
1.3 Stres Dayanıklılığı.....	10
1.4 Tuz Stresine Dayanıklılık.....	10
1.5 Aseton O-(4-klorofenilsülfonil)Oksim.....	11
1.6 Mısır Bitkisi ve Tarihçesi	11
1.7 Fenolik Bileşikler	14
1.8 Biyolojik Sistemlerde Serbest Radikal Oluşturan Kaynaklar	15
1.8.1 Süperoksit radikali (O_2^-).....	15
1.8.2 Hidrojen peroksit (H_2O_2)	16
1.8.3 Hidroksil radikali (OH^-).....	17
1.9 Antioksidan Sistem.....	17
1.9.1 Enzimatik antioksidan sistem	18
1.9.2 Enzimatik olmayan antioksidan sistem bileşenleri.....	22
1.10 Lipid Peroksidasyonu	24
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	26
3. MATERYAL ve YÖNTEM	29
3.1 Bitkisel Materyal Temini ve Yetiştirilmesi	29
3.2 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzeme ve Cihaz Listesi.....	29
3.3 Uygulama Yöntemleri	30
3.3.1 Yaprak su içeriği.....	31
3.3.2 Fotosentetik pigmentlerin tayini.....	32
3.3.3 Prolin tayini	32
3.3.4 Lipid peroksidasyonu tayini	33
3.3.5 H_2O_2 içeriğinin belirlenmesi.....	33
3.3.6 Toplam protein miktarı tayini.....	33
3.3.7 Guaiakol peroksidaz (GPX) aktivitesinin tayini.....	34
3.3.8 Katalaz (CAT) aktivitesinin tayini	34
3.3.9 Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin tayini	34
3.3.10 Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesinin tayini.....	34

3.3.11 Fenolik madde tayini	35
3.4 İstatistik Analizler	35
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA	36
4.1 Tuz Stresi Altındaki Mısır Fideleri Üzerine Aseton O-(4-klorofenilsülfonil)Oksim Uygulamasının Stres Parametreleri Üzerine Etkileri	36
4.1.1 Nispi su içeriği (NSİ) üzerine etkisi	36
4.1.2 Fotosentetik pigment içerikleri üzerine etkisi	37
4.1.3 Prolin içeriği üzerine etkisi.....	38
4.1.4. Lipid peroksidasyonu üzerine etkisi	40
4.1.5 Hidrojen peroksit içeriği üzerine etkisi	41
4.1.6 Antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkisi	42
4.1.7. Fenolik bileşik içerikleri üzerine etkisi	46
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	48
5.1 Sonuçlar.....	48
5.2. Öneriler.....	49
KAYNAKLAR	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Aseton O-(4-klorofenilsülfonil)oksim maddesinin moleküler yapısı	11
Şekil 1.2 Thomé, 1885'ten değiştirilerek Mısır bitkisinin genel görünümü	14
Şekil 1.3 Halliwell-Asada yolu (Askorbat-Glutatyon Döngüsü).....	23
Şekil 3.1 Bitki büyütme odasında saksılar içerisindeki mısır fidelerinden bir görünüm	29
Şekil 3.2 Uygulamalara maruz bırakılan mısır fidelerinin tüpler içerisindeki görünümü	311
Şekil 4.1 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının nispi su içeriği üzerine etkisi.	36
Şekil 4.2 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının fotosentetik pigment içeriği üzerine etkisi.	38
Şekil 4.3 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının Prolin içeriği üzerine etkisi.....	40
Şekil 4.4 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının MDA içeriği üzerine etkisi.	41
Şekil 4.5 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının H ₂ O ₂ içerikleri üzerine etkisi.	42
Şekil 4.6 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının GPX enzim aktiviteleri üzerine etkisi.	43
Şekil 4.7 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının CAT enzim aktiviteleri üzerine etkisi.	44
Şekil 4.8 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının SOD, enzimi aktivitesi üzerine etkisi.	45
Şekil 4.9 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının APX enziminin aktiviteleri üzerine etkisi.	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. 1 Genel olarak antioksidanların görevleri	18
Çizelge 3. 1 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzeme ve Cihaz Listesi	30
Çizelge 3. 2 Oluşturulan uygulama grupları.....	31
Çizelge 4. 1 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının fenolik bileşik içerikleri üzerine etkisi ($\mu\text{g/g}$).	47



1. GİRİŞ

Tarım ve tarımsal üretim yerleşik hayatın başlangıcından günümüze kadar insanların en vazgeçilmez temel ihtiyaçlarından; yerleşik hayat, şehirleşme ve medenileşmenin de temel ölçülerinden biri olmuştur. İlk tarımsal faaliyetlerin başlangıcından itibaren tarım, insanlığın devamı ve aynı zamanda daha az emekle daha çok besin elde etmenin bir yolu idi. Tarımın ilk gelişme evrelerinden günümüz modern toplumlarına kadar tarım, ihtiyaç duyulan besin ürünlerinin üretiminin yapıldığı bir sektör olmuştur. Dolayısıyla tarım, her dönem stratejik bir öneme sahip olmuştur (Eştürk, 2014). Modern dünyada bilim ve teknolojinin hızlı gelişimi sayesinde insanoğlu, her sektörde birim alandan en fazla verimi elde etme çabası içerisine girmiştir (Filiz ve Topal, 2021). Teknolojiyle birlikte tarımın milli gelirdeki payı da önemli bir noktaya gelmiştir. Bu sebeptendir ki tarım; bir ülke ve toplumun kalkınmasında kilit sektörlerden biri konumunda bulunmaktadır. Günümüz şartlarında küreselleşme ve ona bağlı olarak gelişen rekabet ortamlarındaki artış ve pazar koşullarının hızlıca değişmesi gibi nedenlerden dolayı tarımın önemi gittikçe artmaktadır (Erdoğan ve Aydınbaş, 2021).

Tarım ürünleri arasında önemli bir yere sahip olan mısır bitkisi (*Zea mays L.*) buğdaygiller familyasındandır ve tek yıllık bir bitkidir. Yonca bitkisinden sonra Türkiye’de en yaygın kültürü yapılan ikinci yem bitkisidir. Mısır (*Zea mays L.*) silaj üretiminde tüm dünyada en çok faydalanılan bitkidir (Ertekin ve Bilgen, 2021). Özellikle hayvancılık sektörü açısından yem bitkilerinin hayati önemi düşünüldüğünde, mısırın da bir yem bitkisi olarak hayvancılık sektöründe önemli bir bitki konumunda olduğu söylenebilir. Dünya nüfusunun artışına bağlı olarak hayvancılığa duyulan ihtiyaç, tarımsal üretim kapasitesinde olduğu kadar, tarımsal ürün çeşitliliğinde de artış ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Buna bağlı olarak birim alandan elde edilecek bitkisel ürün miktarı, verimin artırılması, kalitenin iyileştirilmesi her dönemin temel hedeflerinden biri olmuştur (Asri ve Sönmez, 2006). Bu gerçeklikten hareketle mısır; tarımı en yaygın yapılan tarım ürünlerinden biri olmuştur.

Çalışmanın temel konusu olan mısırın anavatanı Amerika kıtasıdır ve tipik bir C4 bitkisidir. Mısır binlerce yıldır tarımı yapılan ender bitkilerden biridir. Bitkisel protein açısından büyük önem taşıyan mısır bu özelliği sebebiyle besicilik sektöründe de önemli bir yere sahiptir (Yakıt, 2006). Mısır, üretim miktarı olarak da tahıllar içerisinde buğday ve çeltiği takip ederek en çok tarımı yapılan üçüncü tahıl çeşididir (Koca ve Alp, 2020).

İnsanların beslenmesi için günlük olarak tüketilmesi gereken kalorinin %11'i mısırdan sağlanmaktadır. Gelişmiş Avrupa ülkelerinde bu oran % 4 iken, Meksika ve Orta Amerika gibi ülkelerde %27 civarındadır (Anonim, 2018). Mısırın hayvan yemi olarak kullanımı ise gelişmekte olan ülkelerde %46 iken insan beslenmesinde yaklaşık %54'dür (Koca, 2020). Ayrıca mısır tanesinden elde edilen nişasta, yağ ve glikoz da mısırı önemli bir sanayi bitkisi haline getirmektedir. Yapılan birçok araştırma artan nüfusa bağlı olarak mısır üretiminin iki katına çıkarılması gerektiğini ortaya koymaktadır (Zu, 2017).

Endüstrileşme, kentleşme ve tarımsal alanların tarımdışı kullanılması gibi faktörlerin tarımsal alanları daralttığı günümüz koşullarında, bitkisel üretimde verimin artırılmasına yönelik çalışmalar önem kazanmaktadır (Jones ve ark., 2005). Bu sebeple üretimin artırılması verimin yükseltilmesi için üretim şartlarının iyileştirilerek stres faktörlerine uyumunun geliştirilmesi önem arz etmektedir. Ancak bitkiler metabolizmalarının esnekliği sebebiyle, günlük ve mevsimlik değişimlerde büyümelerini devam ettirebilirlerken, beklenmedik koşullara ara ara veya devamlı maruz kalmaları neticesinde, gelişme ve büyümelerini aksatabilecek hastalık, hasar veya fizyolojik değişimler yaşayabilmektedirler (Shao ve ark., 2008). Bahsi geçen olumsuz koşullara sebebiyet veren etkenlere "stres" denir. Stresler temelde abiyotik ve biyotik stresler olarak ikiye ayrılır. Abiyotik streslerden ilk sırayı %45 oranı ile kuraklık alırken, bunun %6'sında da tuzluluk görülerek ikinci sırada yer almaktadır. (Yavuzlar ve ark., 2021). Küresel ısınma gibi sebeplerle kuraklık artmakta, kuraklığın bir neticesi olan tuzluluk da dolaylı olarak tarım alanları için önemli bir tehdit haline gelmektedir (Aşçı ve Altun, 2021). Tuzluluk; tarımsal alanların verimliliğini azaltmakta, bitki büyümesini ve kalitesini önemli oranda kısıtlamaktadır (Aşçı ve Zambı, 2020). Yapılan araştırmalar 2050 yılına kadar dünyadaki ekilebilir alanların yarısından fazlasının tuzluluktan olumsuz etkilenebileceğini göstermektedir (Bilmez, Özçınar, 2021). Araştırmacılar tuz stresini kimyasal stres grubu adı altında sınıflandırmaktadır. Tuzluluk, iyon ve osmotik dengeyi bozarak bitkilerde büyüme ve gelişme üzerine olumsuz etkilere neden olmaktadır (Parida ve Das, 2005). Yetiştirme ortamı tuzluluk yönünden sorunlu ise kültür bitkisi açısından besin alımında bozulma, enzim aktivitesinin bozulması, membran disfonksiyonu, metabolizma işlevlerinde bozulmalar gibi olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Orcutt ve Nilsen, 1996). Aşırı tuzluluk birçok bitkide olduğu gibi mısır bitkisinde de olumsuzluklara sebebiyet vermekte ve verimi düşürmektedir. Tuza duyarlı olan mısır bitkisi yetiştirme ortamındaki toprakta bulunan tuz konsantrasyon değeri 5.9 dS/m'nin

üzerinde olduğu zaman üründe % 50 civarında bir azalma olabilmektedir (Orcutt ve Nilsen, 1996). Ayrıca tuzlu topraklarda artan ozmotik potansiyel sebebiyle bitki, suyu yeteri kadar kullanamaz. Bunun yanında tuzlu topraklarda fazlaca bulunan sodyum (Na) ve klor (Cl) gibi iyonlar da bitkide toksisiteye ve iyon dengesinde bozulmalara sebep olmaktadır (Taban ve ark., 1999). Bu sebeplerden ötürü de önemli ölçüde ürün kayıpları meydana gelmektedir. Ürün kayıplarını minimize etmek için tuz stresi altındaki bitkilerde tolerans mekanizmalarını aydınlatmak, gen kaynaklarını korumak ve gen mühendisliği yöntemleri ile dirençli türler geliştirmek önem taşımaktadır (Koca ve ark., 2007; Yılmaz ve ark., 2020). Söz konusu olumsuz etkilere karşılık stres altındaki bitkiler metabolik ve genomik seviyelerde, meydana gelen ROS'ları süpüren bir takım mekanizmalar geliştirirler. Bu mekanizmalar; antioksidan ve antioksidan olmayan enzim aktivitelerinde artış, bitki büyüme düzenleyicileri ve ozmolit düzenleyicilerin sentezinin uyarılması, fotosentezdeki çeşitli yolların modifiye edilmesi, genlerin ekspresyon seviyelerinin ve iyon alımının SOS mekanizmasıyla regüle edilmesi ve stres genlerinin aktif hale getirilmesi şeklindeki stresin üstesinden gelme mekanizmaları olabilir (Yılmaz ve ark., 2020). Tuz stresi altındaki bitkilerde ROS'lar, antioksidan sistem, genomik ve biyokimyasal verilerle ilgili literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur (Shi ve ark., 2003). Yapılan çalışmalarla Prolin, ABA, GSH, SA, H₂O₂, Gallik Asit, Askorbik Asit gibi metabolik madde uygulamasının bitki çeşitlerinde çeşitli streslere karşı bitkileri korudukları rapor edilmiştir (Yetişsin, 2015; Kadioğlu, 2011). Buna karşın laboratuvarında geliştirilmiş sentetik maddelerin uygulanmasına yönelik çalışmalara rastlanmamıştır.

Tuz stresi kurak ve yarı kurak alanların büyük problemlerinden biridir. Özellikle tarım alanlarındaki tuzluluğun artması toprak yapısını bozmakta, ürün kalitesini ve verimini ciddi oranda düşürmekte ayrıca bitkilerde morfolojik, fizyolojik, hücresel ve moleküler seviyede birtakım aksamaya sebep olabilmektedir. Bitkilerde büyümeyi tetikleyen kimyasallar, bitkiye uygulanarak stres toleransını arttırabilirler. Bu uygulamalar kolay, düşük maliyetli, düşük riskli ve etkili bir yöntem olabilmektedir (Hamdia ve Shaddad, 2010). Stresin bitki üzerindeki etkilerini azaltmak için laboratuvarında geliştirilmiş aseton *o*-(4-klorofenilsülfonil)oksim'in mısır bitkisine ön muamelesinin söz konusu iyileştirici etkisi araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, AO'nun bitkilerde çeşitli tolerans mekanizmalarını uyararak suretiyle stres altında iyileştirici etkilere neden olabileceğini göstermiştir. Küçük ölçekli tasarlanan bu çalışma, tuz stresi

altındaki tarımsal alanlarda yetiştirilen bitkilerde verim ve ekonomik kazançta iyileşmeye neden olabilecek ileriki çalışmalara da model teşkil etmektedir.

1.1 Stres ve Stres Çeşitleri

Bitkiler, farklı çevrelerde, değişik çevresel faktörler altında yaşamlarını devam ettirmeye çalışırlar. Bu çevresel faktörler; iklim, toprak, kirleticiler, hayvanlar, diğer bitkiler ile rekabet, tuzluluk, kuraklık gibi durumlar olarak sıralanabilir. Bitkilerden ekonomik olarak istenen oranda ürün elde edebilmek için, bitkinin yetiştirilme şartlarına göre kendisine uygun optimum şartlarda yetiştirilmesi gereklidir. Bitkinin gelişimi için gerekli olan bu optimum şartlarda oluşabilecek artışlar ve azalışlar bitkide stres durumunu oluşturur (Çırak ve Esendal, 2006). Stres; canlılarda normal sistemin işlevlerini inhibe edebilecek her türlü olumsuz etkiler veya kuvvetler olarak tanımlanmaktadır (Kadıoğlu, 2011).

Stres canlılarda bir gerilimin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu gerilim, önce fiziksel ve kimyasal olarak geriye dönüşlü (reversible) değişimlere neden olurken bu duruma elastik gerilim denilmektedir. Bu elastik gerilimin tarımsal anlamda pek de olumsuz etkisi yoktur. Çünkü bu tip streslerde stres faktörü yok olduğunda gerilim de sona ermektedir. Fakat bu stres durumunun devam ederek uzun sürmesi ve şiddetini arttırmasıyla geriye dönüşsüz (irreversible) bir gerilim oluşmakta ve bu gerilime de plastik gerilim adı verilmektedir. Tarımsal anlamda bitkiye zarar vererek hasar oluşturan gerilim plastik gerilimdir ve bu stresin neticedeki etkisi ölümdür. Bu sebeple strese dayanıklılık denildiğinde bitkiyi plastik gerilime sokmayan dayanıklılık olarak anlaşılabilir (Çırak ve Esendal, 2006). Başka bir deyişle bitki bulunduğu ortamda ki faktörlere maksimum düzeyde karşılık verebiliyorsa; bu faktörlerden stres boyutunda etkilenmeye başlamamıştır anlamı çıkarılabilir. Ancak tersi bir durum söz konusu olursa ve bitkide en uygun değerlerin dışında değişimler görülürse o zaman bitkinin stres altında olduğu kanısına varılabilir (Salisbury ve Ross, 1992). Olumsuz çevresel faktörlerin bitkisel üretimi % 70 civarında etkileyebileceği belirtilirken (Boyer, 1982); FAO ise 2007 yılında yayınladığı bir raporda, dünya genelindeki toplam kara bölgelerinin % 3,5 kadarlık bir kısmının streslerden etkilenmeyeceğini belirtmiştir.

Olumsuz çevresel koşullar iki kısımda incelenir. Bunlar biyotik ve abiyotik stres faktörleridir. Biyotik faktörler; mikroorganizmaların oluşturduğu enfeksiyonlar ve hayvan saldırımları sonucunda oluşan stres sebepleriyken, abiyotik faktörlerse soğukluk,

sıcaklık, ışık, kimyasal maddeler, su, elektriksel ve manyetik alan abiyotik stres faktörleri olarak sıralanabilir (Lichtenhaler, 1996). Bitkiler bu stres faktörlerinden doğaları gereği hayvanlar gibi uzaklaşamadıkları için stres faktörüne doğrudan maruz kalmaktadırlar. Bu maruz kalma sonucunda bitkinin büyümesi ve gelişmesi olumsuz etkilenmekte ve sonuçta bitki organları yaşamsal işlevlerini yitirmektedirler (Büyük ve ark., 2012).

Stres faktörlerinin bitkide oluşturduğu zarar söz konusu bitkinin adaptasyon seviyesine göre değişkenlik gösterir. Bitkilerin çeşitli ekolojik şartlar altında verimli şekilde büyüme ve gelişmelerini sağlayan en önemli özellikleri budur. Olumsuz çevre koşullarına dayanıklılık mekanizması her bitkide iki şekilde etkili olmaktadır. Bu etkilerden birincisi bitkilerin geliştirmiş oldukları önleyici mekanizmalar ile stres faktörünün işlevselliği engellenmekte, ikincisi ise bitkiler tolerans mekanizmasıyla strese karşı koymakta ve yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmektedirler (URL, 2021).

1.2 Tuz Stresi

Toprak; belirli oranda suda çözünebilir tuzları bünyesinde barındırmaktadır. Bu tuzun konsantrasyonunun fazla olması durumunda toprak tuzluluğu ortaya çıkmakta bu da bitkilerin tuz stresine girmesine sebep olmaktadır (Babalık ve Baydar, 2021). Aşırı tuzluluk; farklı tuz çeşitlerinin büyüme ortamında birikerek bitkinin doğal gelişimini önleyecek konsantrasyonlar da strese maruz kalması durumudur. Toprak tuzluluğu, bitkisel üretimde küresel olarak görülen abiyotik stres faktörlerinden biridir ve bu sebeple tarımsal anlamda bitkilerin verimini arttırmak veya iyileştirmek amacıyla, bitkilerin tuza karşı toleransı üzerine araştırmalar sürdürülmektedir (Zhu, 2001). Ayrıca tuzluluk, nüfusun artmasının da etkisiyle dünya üzerinde verimli tarımı tehlikeye atmakta ve besin üretiminide önemli seviyede kısıtlamakta olan bir çevresel faktördür (Botella ve ark., 2005). Aşırı tuzluluğu birincil ve ikincil tuzluluk diye ikiye ayırmak mümkündür. Birincil yani doğal tuzluluk; okyanus ve iklimsel etkiler neticesinde ana kayaların ayrışarak çözülmesi sonucunda oluşmaktadır (Munns ve Tester, 2008). İkincil tuzluluk da; tarım alanlarındaki fazlaca sulama ile farklı tuzlar açısından çeşitli yer altı suyunun toprak yüzeyi seviyesine yükselmesi, aşırı hayvan otlatılması, bölgenin doğal vejetasyonunun tahrip edilmesi ve toprağın tuzluluk oluşturan kimyasal maddelerle kontaminasyonu gibi sebeplerle oluşmaktadır (Pessarakli ve Szabolcs, 1999).

Tuz stresi altındaki bitki topraktan suyu alamamakta ve bu duruma fizyolojik kuraklık denilmektedir (Kuşvuran, 2010). Toprak içerisinde tuzun; NaCl, CaCl₂, MgSO₄,

NaHCO_3 , CaSO_4 ve Na_2SO_4 gibi formları vardır (Marschner, 1995). Bunların içerisinde tarımsal anlamda en yüksek zarara sebep olan tuz NaCl 'dir. NaCl , bitkinin büyümesini ve gelişmesini büyük oranda kısıtlamaktadır (Hilal ve ark., 1997). Ancak bitkilerin tuza en hassas oldukları dönemleri çimlenme ve fide gelişim evresidir; bitki büyüdükçe ve gelişimi ilerledikçe tuza karşı olan toleransı da artmaktadır (Bozcuk, 1991; Rains, 1991; Ashraf, 1994). Tuz ilk etapta; bitki kökündeki rizosferde konsantrasyonunun artmasıyla osmotik strese sebep olarak kendini göstermektedir. Yaşanan bu osmotik stres, bitki bünyesindeki su miktarının azaltarak fizyolojik kuraklığa sebep olmaktadır (Tuteja, 2007). Hu ve Schmidhalter, 2005'te yaptıkları bir çalışmada; osmotik basınç sonucunda bitkide kullanılabilir su miktarındaki azalışın, bitkilerin hücre genişlemesini ve sürgün gelişimini yavaşlattığını ifade etmişlerdir. Ayrıca osmotik stresin devam etmesi neticesinde ise; iyon stresi oluşarak ortamdaki sodyum katyonu ve klor anyonu artarak besin elementleri olan potasyum, kalsiyum ve nitrat iyonları ile rekabet girerek bitkinin dengeli beslenmesine engel olduğunu göstermişlerdir. Aşırı tuzun, osmotik ve iyon stresi etkisi direkt (doğrudan) etki; fiziksel bozulma ve toksik bileşik sentezlenmesi ise dolaylı (ikincil) etkisi olarak sınıflandırılmaktadır. NaCl 'nin bitkiler üzerinde ikincil etkileri; ROS'ların sentezi ve bu reaktif moleküllerin DNA, klorofil, enzim, yapısal protein ve membran işlevlerine zarar vermesi; metabolik toksisite; fotosentez mekanizmasının bozulması; potasyum alımının inhibisyonu ve dokuların dejenerasyonu olarak söylenebilir (Botella ve ark., 2005; Hong ve ark., 2009). Tuz stresi uygulanan bitkinin çeşidine, tuzun türüne, uygulama metoduna ve maruz kalma süresine göre değişmekle birlikte aynı tür bitkilerin farklı çeşitlerinde de farklı etkiler gösterebilmektedir (Munns, 2002).

Tuz stresine maruz kalan bitkiler; maruz kalma sürelerine göre uzun ve kısa süreçlerde farklı mekanizmalarla etkilenmektedirler. Kısa süreli etkilerde bitkilerin tuzun uygulaması sonrası birkaç saat veya birkaç günde etkileri görülebilmektedir. Bu süreçte stomalar kapanmakta ve bunun sonucu olarakta karbon asimilasyonunun yavaşlamaktadır. Bitki için bu durum fazlasıyla önemlidir. Tuzluluğun karbon asimilasyonunun hızını uzun bir sürede azaltabilmesinin nedeni, tuz iyonlarının yapraklarda birikmesiyle oluşan sodyum ve klor toksisitesi olduğu söylenebilir. Tuz stresi koşullarında bitkilerde ki karbon asimilasyon hızının değişmesi de bitkiden bitkiye değişiklik göstermektedir (Doğru ve Canavar, 2020).

1.2.1 Hücresel düzeyde etkisi

Tuz stresi altında bulunan bitki, bünyesindeki su kaybını azaltabilmek için stomalarını kapatmaktadır dolayısıyla bu durum CO₂ girişine de engel olmaktadır. Karbondioksit fiksasyonunda kullanılmayan elektronlar ışık enerjisini absorbe ederek O₂ aktivasyonunda kullanılmaktadır. ROS oluşumu stres altındaki bitkilerde doğal olarak gerçekleşmektedir ve bu oluşumlar tepkimeye girdiği hücresel komponentlerin tamamında hasara sebep olmaktadır. Dolayısıyla bitki hücre fonksiyonlarını yitirmektedir (Bayat ve ark., 2014). Sonuçta bitkilerde biriken Na⁺, hücresel işlevleri negatif anlamda bozarak, ROS üretimi, membran bütünlüğünde bozulma, gelişim yetersizliği ve ozmotik dengesizlik gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır (Mahajan ve Tuteja, 2005).

Tuz birikimiyle iyonlar toksik seviyeye gelmekte; hücrelerin zar stabilitesi, proteinlerin etkinliği, su ve besleyici iyon dengesi, lipid metabolizması olumsuz etkilenmektedir (Yetişir ve Uygur 2009; Saqib ve ark., 2011). Tuz stresi sürecinde apoplastta fazla miktarda Na⁺ birikir. Birikmiş olan Na⁺ hücre duvarındaki pektinin yapısını bozar dolayısıyla hücre duvarının esas görevini yapmasını engeller (Rengel, 1992). Ayrıca aşırı tuzluluk, lipoksigenaz enzim aktivitesini artırarak fosfolipitlerin miktarını azaltmaktadır. Hücre zarında proteolize karşı hücreyi koruyan ve bol olarak zarda bulunan olefinik çifte bağlı lipidler, tuz stresi sonucunda oluşan ROS'ların en hızlı etkileşime girdikleri moleküllerdir (Parida ve Das, 2005). Aşırı tuzluluk, hücre zarındaki sterollerin serbest hale geçerek fosfolipidlerin yağ asidi zincirleri ile reaksiyona girmesine ve hücre zarında yapısal bozulmaya sebep olmaktadır (Reddy ve Iyengar, 1999).

Tuz stresi hücredeki iyon dengesini de bozmaktadır. Yüksek miktarda NaCl ile hücreye giren Na⁺ zar dengesini bozarak, hücre dışındaki Cl⁻un pasif bir şekilde hücre bünyesine girmesine kolaylaştırmaktadır (Niu ve ark., 1995; Tuteja, 2007). Tuz stresi, bitkilerin doğal gelişimi için elzem olan K⁺ ve Ca⁺² gibi iyonların bünyeye girişini aksatabilmektedir. Sodyum iyonu hücre zarında bulunan kalsiyum iyonu ile pozisyon değiştirmek suretiyle zar apoplastındaki Na⁺/Ca⁺² oranını arttırarak zarın fiziksel ve işlevsel yapısını bozmaktadır. Ayrıca Yüksek Na⁺, hücrenin iç zarında bulunan Ca⁺²'ların serbestleştirerek iç kısımdaki Ca⁺² depolarını boşaltır ve hücre içerisinde serbest bulunan Ca⁺² artmasına neden olmaktadır (Yokoi ve ark., 2002). Tuz stresine karşı toleransı yüksek olan bitkilerin dokularında bulunan potasyum/sodyum iyonu oranının nispeten daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Daşgan ve Koç 2009; Acosta-Motos ve ark., 2017).

Bunun yanında NaCl birikiminin mikrotübüllerde depolimerizasyona sebep olduğu ve mitoz bölünmesi olayında iğ ipliklerinin polimerizasyonunu inhibe ettiği tahmin edilmektedir (Rengel, 1992).

Tuz stresi hücre organellerinde de bazı değişimler oluşturmaktadır. Bu değişimlerin en belirgin olarak görüldüğü organel kloroplasttır (Koyro, 2002). Hernandez ve ark., 1995 ve Miyake ve ark., 2006'da yaptıkları çalışmalarda aşırı tuzluluğun kloroplastta tilakoidlerin ve stromanın şişmesine, kloroplastların üretmiş olduğu ROS'larında oksidatif stresi tetikleyebileceği ifade edilmiştir. NaCl kloroplastta nişasta birikimine de neden olmaktadır (Çulha ve Çakırlar, 2012).

Tuz stresinin etkilediği bir diğer organel ise mitokondridir. Tuz mitokondriyi parçalanma, kristalarda ve elektron transportunda azalma, şişme, vakuol oluşmasında artış gibi olumsuz şekillerde etkileyebilmektedir (Koyro, 2002). NaCl konsantrasyonundaki artış hücrelerintüm komponentlerini etkileme potansiyeline sahiptir. Çekirdeğin yapısında büzüşmeler, yıkımlar, endoplazmik retikulumda şişme; tonoplastta vesikülasyon ve parçalanma görülürken; golgide ise fazla büyüme görülebilmektedir (Katsuhara ve Kawasaki, 1996).

1.2.2 Fotosenteze etkisi

Yüksek NaCl konsantrasyonlarında stomaların açılıp kapanmasındaki düzensizlikler ve iyon dengesizliği sebebiyle klorofil miktarı azalmakta, dolayısıyla fotosentez etkinliği de azalarak bitki gelişiminde olumsuzluklar meydana gelmektedir (Topaloğlu, 2010). Tuzluluğun artışıyla fotosentetik dokularda grana membranlarında yığılmalar, tilakoidlerde büzülme ve klorofillerde parçalanma görülmektedir. Bunların yanında NaCl birikimi bitkilerde klorofil molekül yapısını bozmakta, fotosentez, transpirasyon oranını düşürmekte; stoma iletkenliğini azaltıp, stoma direncini artırmaktadır. Tuzluluk sonucu fotosentezin azalması CO₂ fiksasyonundaki azalmaya bağlıdır (Çimen ve ark., 2013). Tuz stresi fotosentez pigmentlerinin içeriğinde de bir azalmaya sebep olarak yaprakların mezofil dokularındaki hücrelerde CO₂ basıncı meydana getirdiği bilinmektedir (Banuls ve Primo-Millo, 1992; Güneş ve ark., 1995; Khan ve ark., 1997).

Tuz konsantrasyonunun fotosenteze olan etkisi kullanılan anaç ve çeşide göre değişkenlik göstermektedir (Yassin, 2005). Tuz stresi altında bulunan bitkide kullanılabilir su potansiyelinin düşmesiyle ABA; bitkinin kökü ve yaşlı yaprakları

aracılığıyla stoma hücrelerine taşınır (Zhang ve ark., 2006). Topraktaki su potansiyelinin düşük olması neticesinde köklerde ABA sentezlenir. Bu ABA ksilem aracılığıyla sürgünlere taşınarak stomal iletkenliği düzenleyip yapraklardaki su miktarının azalmasını engellemektedir (Berkowitz, 1998). Bu durumun devam etmesi sonucunda da yaşlı yapraklar zayıflar ve sararır, genç yapraklardaysa stomal inhibisyon daha şiddetli gelişebilmektedir (Zhang ve ark., 2006). Ayrıca, tuz stresine maruz kalan bitkilerin yaprak stomalarının kapanması sonucunda yaprak yüzey sıcaklığı artmakta ve bunun sonucunda membran sistemi zarar görerek hücre ölümleri yaşanabilmektedir (Farooq ve ark., 2009; Dolferus, 2014). Ayrıca Everard ve ark.. 1994, Akram ve Ashraf 2011 ve Saleem ve ark. 2011'de yaptıkları farklı çalışmalarda bitkilerde pigment sistemi II'nin aktivitesinde tuz stresinden olumsuz etkilendiğini ifade etmişlerdir.

Asada, 1999 ve Apel ve Hirt, 2004'te yaptıkları çalışmalarda pigment sistemi II gibi pigment sistemi I'inde aşırı tuzluluktan olumsuz etkilendiğini ifade etmişlerdir. Stomatal iletkenliğin azalmasıyla CO₂ miktarı sınırlandırıldığından O₂, PSI tarafından indirgenir. Calvin döngüsünde enzimler inaktive olur ve bu durum NADP'a H⁺ protonlarının bağlanamamasına sebep olurken, pigment sistemi I'de bulunan ferredoksin, indirgeyebileceği NADP⁺ olmayınca e⁻ları O₂'ye aktararak H₂O₂ oluşumuna neden olmaktadır. Bu sonuçlara paralel olarak aşırı tuz konsantrasyonu kloroplasttaki stroma pH'sını azaltarak karbon reaksiyonlarında görevli enzimlerin aktivasyonunu da bozmaktadır (Berkowitz, 1998).

1.2.3 Organ düzeyinde etkisi

NaCl konsantrasyonu altında yetiştirilen bitkilerde görülen en belirgin farklılık bitkinin yaş ve kuru ağırlığındaki azalmalardır (Negrao ve ark., 2017). Bitkilerin, yüksek konsantrasyonda tuz içeren topraklarda boyları genellikle bodur, yaprakları mavimsi ve donuk renkli olur (Çığ ve Gülser, 2019). Bunun yanısıra hücre bölünmesi ve uzaması yavaşlamaktadır dolayısıyla bitkinin gelişimi yavaşlayarak yaprak alanı azalmakta ve bu sebeple de normal gelişimlerine ulaşamazlar (Taflioğlu ve Aliyev, 2002). Mohammad ve ark., 1998 ve Reddy ve Iyengar, 1999'da yaptıkları çalışmalarda bu duruma bağlı olarak yaprak yüzeyindeki mumsu tabaka olan kutikula tabakasının incelebileceği, iletim demetlerinin farklılaşması ve gelişiminde azalma oluşabileceği gösterilmiştir. Bunların yanısıra tuz stresi bitkilerde en fazla tohum üretim safhasında etkili olurken; generatif evrede de çiçek sayısında azalmalar görülür ve çiçeklenme zamanında da değişimler yaşanabilir (Munns, 2002).

1.3 Stres Dayanıklılığı

Bitkilerin gelişimleri için gerekli olan optimum şartların dışardan gelen etkilerle sapması bitkilerde 'stres' oluşumuna sebep olmaktadır. Levitt, 1980'de bu sapmalar sonucunda 'stres direnci' kavramının hayatta kalabilme potansiyelini ifade ettiğini belirtmiştir. Her bitki belli şiddetteki strese karşı koyabilme ve canlı kalabilme yeteneğine sahiptir. Bitkilerin tohumları, tomurcukları ve dormant hücreleri gibi bazı kısımları strese dayanıklı iken; meristemleri, sukkulent organları veya fideleri gibi kısımları strese duyarlı olabilmektedir (Bidwell, 1974). Sairam ve Tyagi, 2004 ve Dajic, 2006 yılında tuz konsantrasyonuna karşı bitkilerin gösterdiği tepkilere göre bazı bitki çeşitlerinin tuz stresine daha duyarlıken (glikofitler), bazı bitki çeşitlerinde daha dayanıklı (halofitler) olabileceğini ifade etmişlerdir.

Bitkilerin stres faktörlerine dayanıklılıkları iki şekilde gözlemlenmektedir; birincisi bitki stres faktörünü henüz oluşmadan önce etkisini azaltma (kaçınma) diğeri ise bitkinin koruyucu mekanizmalarını aktif ederek stresin olumsuz etkilerini azaltmaya çalışması (tolerans) olarak söylenebilmektedir (Babalık ve Baydar, 2021). Bahsi geçen bu kaçınma ve tolerans mekanizmaları birçok stres durumunda gelişebilir ve her iki durumda aynı bitkide meydana gelebilir (Yetişsin, 2015).

1.4 Tuz Stresine Dayanıklılık

Lauchli ve Epstein (1990) tuzluluğa dayanıklılığın, bitkilerin gelişme dönemlerine göre farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Bitkiler tuzlu şartlarda yapılarındaki çeşitli mekanizmalar ile bünyelerinde bulunan tuz miktarını düzenlerler (Dajic, 2006).

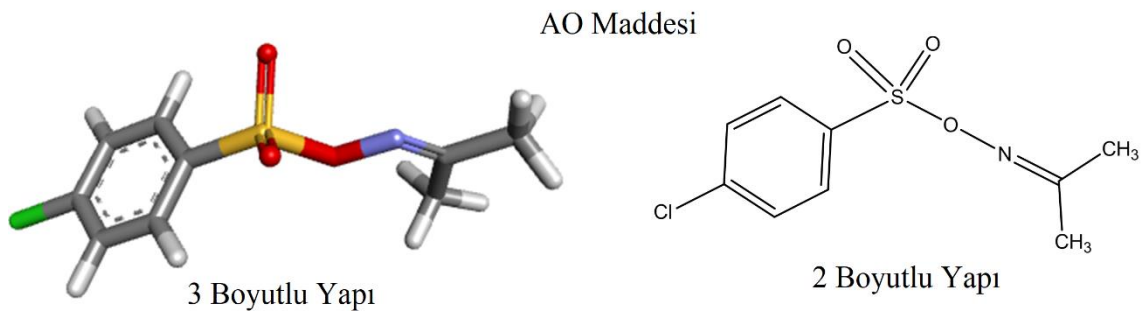
Lüttge, 2002'de sakinmayı, tuzun bünyeye alınmaması veya kökün tuzlu ortamda belirli iyonlar için (Na^+ , Cl^-) düşük geçirgenliğe sahipken yine de bünyeye belli bir miktarda tuzun alınması olarak ifade etmiştir. Köklerde meydana gelen bu olayı Botella, 2005'te bitkinin filitre sistemi olarak tanımlamıştır. Tester ve Davenport, 2003'te bu mekanizmanın; sürgünlere ulaşan Na^+ miktarını en aza indirebilmek için, kökün toprakla ilişkili hücrelerinde Na^+ girişini baskılayarak, Na^+ akışını toprak çözeltisine doğru arttırmaktır. Buna karşılık, kökten ksileme doğru Na^+ geçişi minimum düzeye düşerken, ksilemden köke ise maksimum seviyeye ulaştığı şeklinde açıklamışlardır. Kök tarafından sodyum iyon seviyesinin düzenlenmesini sağlayan hücreler kökteki iletim hücrelerinde

bulunan kontrol noktalarınca (transport proteinleri vb.) gerçekleştirilmektedir (Botella ve ark., 2005).

1.5 Aseton *O*-(4-klorofenilsülfonil)Oksim

Aseton *O*-(4-klorofenilsülfonil)Oksimin (AO) moleküler ağırlığı 247,02 gr/mol'dür. AO maddesinin sentetik olan yapısı gereği radikallerin C=C çift bağına katılmaları, C=N veya C=S bağına katılmalarına göre daha kolay gerçekleşmektedir. Çünkü C=N veya C=S bağlarının C-N'ye veya C-S'ye dönüşmesi, C=C'nin C-C'ye dönüşmesinden daha çok enerji gerektirir. AO yapısında bulunan C=N yapılarında bulunan S=O ve C=C sayesinde radikaller bu yapıya tutunabilmektedir (Korkmaz ve Duran, 2021). Ayrıca yapıda bulunan elektron çekici -Cl grubu radikallerin kararlılığını artıracak özelliğe sahiptir. Çünkü molekül yapısında bulunan elektronegatif veya elektropozitif grupların radikallerin kararlılığını arttırdığı bilinmektedir. Bu durumda yapıdaki -Cl grubunun, radikallerin yapıya hapsedilmesine katkı sunacağı tahmin edilmektedir (Kardaş, 2020). Ayrıca, yapıdaki konjugasyon radikallerin kararlılığını artırarak yapıya antioksidan özellik kazandırabilmektedir (Korkmaz, 2021). Rapor edilen başka bir çalışmada AO'nun bakır stresi altındaki mısır fidelerinde bakırı şelatlayarak stresin olumsuz etkilerini hafiflettiği ifade edilmiştir (Yetişsin ve Kardeş, 2021).

Bu yapıların, birçok özelliğinin ortaya çıkması araştırmacıların bunlara olan ilgisini arttırmıştır. Ek olarak, ketoksim yapısında sülf grubu bulunduran bileşiklerin herbisitlerde kullanıldığı belirtilmiştir (Belluci, 1985). Alkil-aril grubu içeren ketoksimlerin insektisidlerde kullanıldığı tespit edilmiştir (Epstein ve Bodor, 1981).



Şekil 1.1 Aseton *O*-(4-klorofenilsülfonil)oksim maddesinin moleküler yapısı

1.6 Mısır Bitkisi ve Tarihçesi

Mısır bitkisi binlerce yıldır tarımı yapılmakta olan bir bitkidir. Kökeni Amerika kıtası olan mısırın buradan diğer kıtalara yayıldığı bilinmektedir. ABD'de yapılan

arkeolojik kazılarda yaklaşık 5 bin yıllık olduğu belirlenen mısır fosillerine rastlanmıştır. Meksika’da ise 1954 yılında yapılan bir kazı çalışmasında ise yaklaşık 7 bin yıl öncesine ait olduğu belirlenen mısır çiçek tozlarına rastlanmıştır (Yılmaz ve ark., 2020). Mısır (*Zea mays* L.) bitkisi bir tahıldır ve buğdaygiller familyasında bulunan tek yıllık bir sıcak iklim bitkisidir.

Mısır Bitkisinin sistematikteki yeri aşağıdaki şekildedir.

Alem: Plantae

Şube: Magnoliophyta

Sınıf: Liliopsida

Takım: Cyperales

Familya: Poaceae (buğdaygil ailesi)

Cins: *Zea*

Tür: *Zea mays*, Corn, Mais

Mısırın çiçekleri monoiktir, erkek organ (tepe püskülü) ve dişi organ (koçan) aynı bitkinin farklı bölgelerinde bulunmaktadır. Tek yıllık otsu bir bitkidir. Yaprakları paralel damarlı uzun ince yapıdadır ve yaprak sapı bulunmamaktadır. Mısır, $2n=20$ kromozoma sahip diploid bir bitkidir. 10 tane haploid kromozomu üzerinde yerleşmiş 39469 gen bulduran ve 2,4 milyar bazdan oluşan büyük bir genoma sahiptir (Schnable ve ark., 2009).

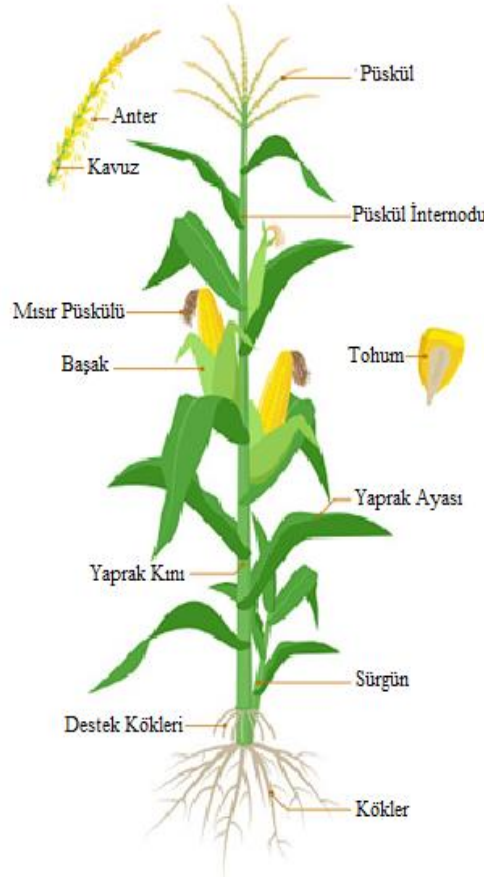
Mısır bitkisi, ılıman iklimin hakim olduğu tropikal ve subtropikal bölgelerde yetiştirilmektedir. İstatistiksel verilere göre dünyada üretilen mısır miktarı 2014-2015 yıllarında tırmanışa geçmiştir ve bir milyon ton civarına ulaşmıştır. Mısır dünya genelinde ekilme alanı açısından buğday ve çeltikten sonra üçüncü sırada yer alan tahıldır. Aynı zamanda üretim açısından da birinci sırada yer almaktadır. Mısırın en çok üretildiği ülkeler ABD, Meksika, Çin, Arjantin, Brezilya, Ukrayna, Hindistan ve Endonezya’dır. Türkiye ise mısır üretiminde 24. sırada yer almaktadır. Son 10 yılda dünya genelinde mısırın ekim alanı %24, mısır üretimi ise %42,3 arttığı görülmüştür. Bunlara paralel olarak da bu tarım alanlarında mısırın üst üste ekilerek yetiştiriciliğinin yapılması ve pestisit uygulamalarının zor olması gibi sebeplerden ötürü, ürün verim ve kalitesi olumsuz olarak etkilenmektedir ve bu olumsuzluklar da gittikçe artmaktadır (Turgay ve ark., 2017). Tahıl grupları içerisinde mısır (*Zea mays* L.) önemli bir yere sahiptir. Mısır, eski dönemlerde genellikle hayvan yemi amacıyla yetiştirilirken son yıllarda insan beslenmesinde, boya ve kâğıt endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

İnsan beslenmesinde ise daha çok bitkisel yağ olarak tüketilmektedir (Akmeşe ve Sertkaya, 2021).

Türkiye’de 108.991.783 dekar alanda tahıl üretiminin gerçekleştiği, bunun içinde 638.829 da alanda da mısır üretiminin yapıldığı ve yıllık ortalama 6.000.000 ton mısır elde edildiği 2021 yılındaki TÜİK verilerinde rapor edilmiştir (Dilay, 2021).

Mısır ülkemizde yem, nişasta, glikoz, yağ ve biyoetanol üretiminde kullanılmakta ve Çukurova, Amik Ovası, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri’nde yetiştiriciliği yapılmaktadır (TMO, 2019).

Mısır bitkisi; ana ürün ve ikinci ürün olarak yetiştirilmeye uygun olması, hastalık, zararlı ve yabancı ot mücadelesinin diğer kültür bitkilerine göre daha kolay ve ucuz olması ve pazarlamasının daha kolay olması gibi nedenlerden dolayı üreticiler tarafından tercih edilmektedir. Son zamanlarda biyoetanol üretiminde kullanılması mısırın önemini daha da artırmıştır. Ülkemizde gittikçe artan yem ihtiyacı sebebiyle C4 bitkisi olan mısırın önemi de artmaktadır (Akan ve Kılıç, 2021). Mısır, Türkiye de ekilen tahıllar içerisinde 6,5 milyon ton üretim miktarı ve 0.59 milyon hektar ekim alanı ile buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer almaktadır (TÜİK, 2020). Mısır (*Zea mays*), tarla bitkileri içerisinde suyu en ekonomik kullanan bitki çeşididir. Fakat mısırın toplam transpasyon yüzeyi, ortamın sıcaklığı ve mısırın oluşturduğu kuru madde miktarı sebebiyle, gereksinimi olan su ihtiyacı yüksektir. Bununla birlikte, bol miktarda besin maddesini topraktan alabilmektedir. Mısır için yetiştiği ortamda ki su ve besin maddelerinin uygun miktarda bulunması, mısırdaki yüksek dane verimi sağlamaktadır (Kardeş ve ark., 2020).



Şekil 1.2 Thomé, 1885'ten değiştirilerek Mısır bitkisinin genel görünümü

1.7 Fenolik Bileşikler

Cemeroğlu ve Acar, 1986'da benzen halkası içeren bileşikleri fenolik bileşikler olarak, fenol olarak adlandırılan hidroksibenzeni ise fenolik bileşiklerin en basit hali olarak ve diğer tüm fenolik bileşiklerinde bundan türemiş olduğunu ifade etmişlerdir. Fenolik bileşikler bitki çeşitlerinde fazlaca bulunan, bitkilerin çeşitli kısımlarına rengini veren, bitkilerin dışardan gelen streslere karşı korunmasında etkili olan fitokimyasal bileşiklerdir. Fenolik bileşikler içeriklerinde çeşitli flavonoid türleri de bulundurmaktadır (Fidan ve Dünder, 2007). Bitkilerde ki fenolik bileşiklerin oksidasyonu sonucu aminoasitlerle birlikte çinkonun ve besleyici maddelerin faydalanılabilirliği azalır. Bu bileşikler bitkilerde fazlaca bulunmakta, böcek ve hayvan zararlarına karşı bitkiyi korumaktadırlar (Gökkür ve Doğan, 2018).

Fenolik bileşikler bitkilerin hücre çeperinde birikerek odun dokusunu oluştururlar. Ayrıca Fenolik bileşikler bitkiler aleminde çok miktarda bulunan sekonder (ikincil) metabolitlerdir (Nizamlioğlu ve Nas, 2010). Hücre aktivitelerinde antioksidan etkisi

göstererek reaktif oksijen türlerine karşı rol alır. Buna bağlı olarakta stres koşullarına dayanıklılık sağlar. Bu etkisinin yanında oksidasyona ve enzimatik esmerleşmeye de neden olmaktadır. Reaktif oksijen türlerine karşı şelatlama, fenton tepkimelerinin sonlandırılması ve zincir kırma gibi görevleri de vardır. Rice-Evans ve ark., 1997 ve Schroeter ve ark., 2002'de yaptıkları çalışmalarda fenolik bileşiklerin lipid metabolizmasını değiştirerek ve membran likiditesinin düşürülmesi mekanizmasıyla peroksidasyon dinamiğini etkileyerek flavonoidlerin membran yapısını değiştirebileceğini ifade etmişlerdir.

Fenolik bileşikler iki kısımda incelenmektedir; fenolik asitler ve flavonidler. Fenolik asitler de benzoik asitler ve sinnamik asitler olmak üzere iki kısımda incelenmektedir;

Benzoik asitler; C6-C3 bileşikleridir. Oluşturduğu başlıca bileşikler; p-hidroksi benzoik asit, protokateşik asit, vanilik asit, gensitik asit ve salisilik asittir (Hulme, 1971).

Sinnamik asitler; C6-C bileşiklerinden oluşmuşlardır. Meydana getirdiği başlıca bileşikler; kafeik asit, kumarik asit, ferulik asit ve sinapik asittir. Meyvelerde bulunan kafeik ve kumarik asit en fazla görülen asitleridir (Hazer ve ark., 2017).

1.8 Biyolojik Sistemlerde Serbest Radikal Oluşturan Kaynaklar

Canlı organizmalar bünyelerinde meydana gelen inflamasyon ve metabolik olaylar gibi fizyolojik olaylarda reaktif oksijen türlerini (ROS) endojen olarak üretmektedirler. Hücre bölünmesi, çoğalması ve değişmesi gibi önemli biyolojik süreçlerde hayati işlevlerin devam edebilmesi için az miktarda da olsa ROS'a ihtiyaç duyulmaktadır. Başka bir şekilde ifade edilirse; canlılık olaylarının devam edebilmesi adına oksidan ve antioksidan arasındaki dengenin korunabilmesi organizma için çok önemlidir. Süperoksit anyonu, hidroksil radikali, hidrojen peroksit ve lipid peroksitler gibi ROS formları aerobik metabolizmanın normal ürünleri olarak meydana gelmektedir. ROS'lar; zar yapısında yer alan tüm moleküllere, DNA, RNA, şekerlere ve enzimlere etkide bulunarak ciddi hasarlara sebep olurlar (Özgen ve ark., 2021).

1.8.1 Süperoksit radikali (O_2^-)

Serbest oksijen molekülüne bir elektronun bağlanmasıyla O_2^- oluşmaktadır (Miller ve ark., 1990). Süperoksit radikali serbest bir radikaldir ancak buna rağmen yüksek derecede reaktif değildir ve genellikle hücrenin mitokondrisinde üretimi

gerçekleşmektedir. Süperoksit radikali, oksidatif fosforilasyon sırasında NADPH-oksidadaz veya ksantin-oksidadaz enzimlerinin katalizörlüğündeki moleküler oksijenden oluşmaktadır (Acet, 2014). Mitokondriyal elektron transfer sistemi memelilerin hücrelerinde ATP ana kaynağı konumundadır ve bu sebeptendir ki yaşamın devam edebilmesi için gereklidir. Enerji dönüşümü esnasında az miktarda da olsa elektron kaçakları oksijenin O_2^- serbest radikallere dönüşmesine sebep olabilmektedir ve birçok hastalığın patofizyolojisinde rol oynamaktadır (Kovacic ve ark., 2005; Valko ve ark., 2007). Normal şartlarda oksijenin suya dönüştürülmesi gerekirken, toplam elektronların % 1-3'ü O_2 oluşturmak üzere sızdığı submitokondriyal parçacıklar üzerindeki ölçümlerde gösterilmektedir. Süperoksit radikalının, elektron transport sistemindeki kompleks I ve kompleks III'te üretimi sağlanmaktadır. Süperoksit radikali, anyonik forma dönüşerek mitokondrinin iç membranlarından kolayca geçmektedir. Kompleks I'e bağlı olan O_2^- özellikle matriks içine bırakılır ve sağlam durumdaki mitokondride herhangi bir kaçak ortaya çıkamaz (Muller ve ark., 2004).

1.8.2 Hidrojen peroksit (H_2O_2)

Hidrojen peroksit (H_2O_2) oksijen molekülleri arasında tek bağla oluşmuş en basit peroksittir. Esas rengi mavi ancak suyla yapmış olduğu çözeltilerdeyse renk şeffaftır (Aydın, 2020). Hidrojen peroksit sterilizasyon ve dezenfeksiyon işlemlerinde ve antiseptik işlemlerde kullanılan renksiz bir sıvıdır (Keskin ve Koluman, 2021). Hidrojen peroksit kimyevi iş sanayisinde kullanılan kuvvetli bir kimyasal maddedir. Hidrojen peroksit kalıntı bırakmaz, temini kolaydır ve kullanım alanı oldukça geniş olan bir sıvı kimyasaldır. Dezenfektan etkisi bulunan hidrojen peroksit; sağlık, kimya, tarım, maden, tekstil, atık su arıtma, kâğıt üretimi, gıda endüstrisi gibi birçok alanda farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Hidrojen peroksit aynı zamanda güçlü bir oksitleme aracıdır. Bitkiler stres altındayken bünyelerinde H_2O_2 oluşmakta ve H_2O_2 'nin birikmesi sonucunda da oksidatif stres meydana gelerek bitkiye zarar verebilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda hidrojen peroksitin bitkilerde bir sinyal molekülü olarak görev yaptığı ortaya koyulmuştur. Bu sebeple bitkide bulunan H_2O_2 miktarının korunması hücre homeostazisi bakımından önemlidir (Aydın, 2020). Ayrıca hidrojen peroksit; katalaz, peroksiredoksinler ve glutatyon peroksidaz diye isimlendirilen antioksidan enzim sistemlerince ortadan kaldırılabilmektedirler (Chae ve ark., 1999; Mates ve ark., 1999).

1.8.3 Hidroksil radikali (OH[·])

OH[·] (hidroksil) radikali; moleküler oksijene üç elektronun bağlanması ile oluşur. Serbest radikallerdeki birçok zararlı etki hidroksil radikali sebebiyle meydana gelmektedir. H₂O₂ ve O₂ bileşikleri bir yada daha çok elektron taşıyan serbest radikal özellikli geçiş metalleri ile tepkimeye girerek hidroksil radikalini oluşturur (Llyod ve ark., 1997). Hidroksil radikali biyolojik sistemlerde en çok hasara sebep olan radikaldir. Kısa ömürlü olmasına rağmen suyla dahi karşılaştığı zaman tepkimelere girerek büyük hasarlara sebep olur. Ayrıca elektron miktarı bakımından zengin molekülleri özellikle hedef alır (Akkuş, 1995; Halliwell ve Gutteridge, 1990). Hidroksil radikalının en büyük hasarı ise lipid peroksidasyonudur. Bu hasar hücre zarının bozulmasına ve hücre ölümüne kadar sebep olabilmektedir (Nishiyama ve ark., 1998).

1.9 Antioksidan Sistem

Bitkiler hem ROS'ların oluşmasını sınırlandıran hem de oluşan ROS'ları detoksifiye eden etkili bir antioksidan sisteme sahiptirler. Süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APOD), glutatyon redüktaz (GR), dehidroaskorbat redüktaz (DHAR), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR), katalaz (CAT) ve guaiakol peroksidaz (GPOX) gibi enzimler bu sistemin enzimatik bileşenlerini oluşturur (Czarnocka ve Karpinski, 2018).

Antioksidan terimi, zararlı bir hale dönüşmeden reaktif oksijen türleri (ROS)'ni temizleyebilen bileşiklerdir. Bitki dokuları stres koşulları altında hücrelerini ROS etkisinden koruyabilmek için savunma mekanizması geliştirirler. ROS'ların stres koşulları altında etkinliği artar ve ROS'lar, antioksidan genlerin ekspresyonunu aktif ederek hücrel savunma sistemini uyarmaktadırlar (Dixon ve Paiva, 1995). Bu mekanizmalar "antioksidan savunma sistemleri"dir. Antioksidanlar; iki kısımda incelenir; enzimatik olmayan antioksidanlar (C vitamini, E vitamini, karotenoidler gibi), ve enzimatik antioksidanlar (süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz, glutatyon redüktaz) (Jung, 2004; Pinheiro ve ark., 2004; Reddy ve ark., 2004; Srivalli ve ark., 2003).

Çizelge 1.1 Genel olarak antioksidanların görevleri

Enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar	Görevi	Hücrede Bulunduğu Bölge
Askorbik Asit	O_2^- , HO^- ve H_2O_2 Temizlemektedir	Kloroplastta, apoplastta ve vakuollerde bulunur
Tokoferoller	Lipit peroksidasyonunu kırmakta, O_2^- , HO^- temizlemektedir	Bitkinin tüm kısımlarında özellikle kloroplast membranlarında yoğunudur
Karotenoidler	Peroksi radikalleriyle birlikte O_2^- ve OH^- temizlemektedir	Sitozol ve vakuollerde bulunur
Fenolik Bileşikler	O_2^- ve HO^- temizlenmesinde faydalıdır	Sitozol, vakuol, mitokondri, E. Retikulumda bulunur
Süperoksit Dismutaz (SOD)	O_2^- 'yi H_2O_2 'ye dönüştürmektedir	Sitozol, vakuol, kloroplast mitokondri ve peroksizomda bulunur
Askorbat Peroksidaz (APX)	H_2O_2 'yi H_2O 'ya dönüştürmektedir	Sitozol, vakuol, kloroplast mitokondri ve peroksizomda bulunur
Katalaz (CAT)	H_2O_2 'yi H_2O 'ya dönüştürmektedir	Peroksizomda bulunur
Glutadyon Peroksidaz (GPX)	H_2O_2 ve lipit peroksitlerinin etkisini kırmaktadır	Sitozol, kloroplast, mitokondri, E. Retikulumda bulunur.

1.9.1 Enzimatik antioksidan sistem

Bitki hücreleri biyotik ve abiyotik stres şartları altında diğer hücrelerde de olduğu gibi reaktif oksijen türlerini üretmektedirler. Bu durum sonucunda oksidatif stres oluşmaktadır. Oksidatif stres sonucu olarakta bitkiler; süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPX) ve glutatyon redüktaz (GR) gibi enzimatik olan ve de glutatyon, karotenoidler, prolin fenolik asitler, flavonoidler, vitamin E, vitamin C, terpen ve tanninler gibi enzimatik olmayan antioksidanları üretirler. Bu saydığımız molekül çeşitleri organizmada serbest radikal temizleyicisi, indirgeyici ajan ve metal şelatlar olarak görev yapmaktadırlar (Özgen ve ark., 2021).

1.9.1.1 Süperoksit dismutaz (SOD)

Endojen formunda oluşturulan süperoksit dismutaz her bir hücre için esansiyel enzim olmaktadır. SOD çeşitli prostetik gruplar taşıyan metalloenzim gruplarından. SOD beş formda incelenmektedir. Stoplazmada bulunan SOD formu CuZn-SOD'dur (Baskin ve Salem, 1996).

SOD enzimi süperoksidin H_2O_2 'ye dönüşmesini katalizlemektedir. H_2O_2 süperoksit göre toksik etkisi daha azdır. SOD canlı organizmada süperoksiti

uzaklaştırmaktadır. Ancak, süperoksit anyonlarını uzaklaştırırken bir toksik oksijen türevini (O_2^-) başka bir toksik türeve (H_2O_2) dönüştürmektedir (Acet, 2014). SOD enziminin başlangıçta bir bakır depo proteini olduğu düşünülmüştür (İşbilir, 2008).

SOD aktivitesinin buğday ve çeltik gibi bitkilerde kuraklık stresi altında proteinin ifade seviyesindeki artışlara neden olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Ji ve ark., 2012).

1.9.1.2 Katalaz (CAT)

Katalaz genel olarak peroksizomlarda bulunur. Katalaz, her bir polipeptit alt birimi yapısında tek bir ferriprotoporfirin içeren bir hemoproteindir. H_2O_2 molekülünü sürekli izler. Ighodaro ve Akinloye, 2018'de CAT enziminin bir saniye gibi çok kısa bir sürede milyonlarca hidrojen peroksit (H_2O_2) molekülünü parçalayabileceğini ifade etmişlerdir. CAT enzimleri PON1, aterosklerotik plakların ve kardiyovasküler olayların gelişmesini ciddi derecede etkileyebilen, oksidatif stres ve inflamasyonda rol oynayan enzimlerdir (Khine ve ark., 2017). CAT etkinliği iki adımda gerçekleşmektedir; birincisi bir hidrojen peroksit molekülü olan Hem'i Oksiferril'e okside etmesi iken ikincisi ise hidrojen peroksitin, dinlenme durumu enzimlerini yeniden oluşturabilmek için oksijen ve su üreten indirgeyici bir ajan olarak görev yapmasıdır (Kirit ve Işık, 2020). Katalazın en temel görevi, oksijenli ortamda H_2O_2 ve ROOH'un radikalliğini gidermek suretiyle, membran üzerinde hasar oluşmasını engellemektir (Chaudière ve Ferrari-Iliou, 1999). Tuzluluğun yüksek olduğu topraklarda katalaz enziminin aktivitesini artırdığı bilinmektedir (Çimen ve ark., 2005). Bitkilerde de kükürt uygulamasına bağlı olarak CAT enziminin aktivitesinin artış gösterdiği görülmüştür (Güneş ve Sönmez, 2019).

Katalaz enzimini CAT genleri kodlamaktadır ve bu CAT genleri bitkilerin peroksizom kısımlarında bulunmaktadır. Fotorespirasyon ve yağ asitlerinin β -oksidasyonu ile oluşan H_2O_2 'nin detoksifiye edilmesinde rol alır (Yalçınkaya, 2021).

1.9.1.3 Askorbat peroksidaz (APX)

APX, ROS' un etkilerine karşı en etkili olan antioksidandır. APX'in bitkilerde temel görevi H_2O_2 'in oluşturabileceği zararları gidermek ve diğer toksik etkileri zarar görmeden atlatmaktır. Bu sistemle H_2O_2 , APX sayesinde suya indirgenmekte bu işlem için de askorbik asit kullanılmaktadır. Sonuç olarak monodehidroaskorbat (MDHA) açığa çıkmaktadır. APX hücrenin mitokondrisinde sentezlenerek diğer hücrelere

kolaylaştırılmış difüzyon yolu ile taşınmaktadır. APX enzim ailesi, tilakoid ve mikrozomların membranına bağlı halde bulunabilir. APX stromada, sitosolde ve apoplastta en az beş farklı eş yapılarda bulunur (Asada, 1987). APX fotosentez esnasında oluşmuş olan H_2O_2 'nin uzaklaştırılmasında katalaza yardımcı olmaktadır (Davis ve Swanson, 2001).

Stresle ilgili yapılan çalışmalarda APX aktivitesinde ve gen ekspresyonunda artışlar olduğunu, bu artmalarında strese bağlı olarak bir savunma olabileceği görüşü savunulmuştur (Kireççi, 2018). Su stresi koşullarında bulunan hassas buğday çeşitlerinde APX aktivitesinin uyarıldığı, toleranslı çeşitlerde ise sadece yüksek stres durumunda artmış olduğu belirtilmiştir (Sgherri ve ark., 2001).

1.9.1.4 Glutasyon redüktaz (GR)

Glutasyon (γ -L-glutamyl-L-cysteinyl-glycine) canlının, hücre içinde bulunan okside moleküllerin hücreye zarar vermesinde koruyucu rol üstlenen düşük molekül ağırlıklı bir tiyoldür. Glutasyon redüktaz (GR) enzimide glutasyon metabolizmasında görev yapan temel enzimdir (Bozkuş ve ark., 2017).

İlk defa mayalarda ve eritrositlerde görülen glutasyon redüktaz hem prokaryotlarda hemde ökaryotlarda bulunur (Creissen ve ark., 1994). H_2O_2 detoksifikasyonundan sorumlu olan GR stres esnasında indirgenmiş glutasyon havuzunun (GSH) korunmasında önemlidir. GR bitkilerin kuraklık ve çeşitli stres etkileri sonucu meydana gelen oksidatif stresin sebep olduğu olumsuzlukları düzenleyerek strese karşı bir direnç oluşturur (Kardaş, 2021).

1.9.1.5 Guaikol peroksidaz (GPX)

Guaiakol peroksidaz (GPX) hücre duvarında ve hücrenin sitoplazmasında bulunan bir enzimdir. Bu enzim stres ve metabolizma sonucu oluşan H_2O_2 'yi temizleyerek, lignin biyosentezinde ki indol asetik asidi (IAA) bozar ve H_2O_2 'yi de olaya katarak biyotik strese karşı savunma yapar. GPX, guaiakol ve pirogalolu (Asada, 1999), elektron vericisi olarak kullanılmaktadır. Hücre duvarında aktivite gösteren GPX enzimi H_2O_2 'nin hücreden çıkarılmasında anahtar enzim olarak kabul edilir (Kireççi, 2018).

1.9.1.6 Monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR)

MDHA redüktaz NADPH bağılı bir enzimdir (Yalçınkaya, 2021). MDHAR, birçok canlıda (bitkilerde, hayvanlarda, mantarlarda, alglerde ve tek hücreli canlılarda) tespit edilmiştir (Hossain ve Asada, 1984). Flavon adenin dinükleotid bir enzim olan MDHAR enzimi enerji dönüşümlerinin gerçekleştiği kloroplast ve mitokondri gibi organellerin yanı sıra sitoplazma ve peroksisomlarda da H₂O₂'nin detoksifikasyonundan sorumlu birçok izoenzim formunda bulunabilmektedir. MDHAR geninin tütün bitkisinde aşırı ekspresyon sonucunda tuz toleransını arttırmış olduğu belirlenmiştir (Doğru ve Canavar, 2020).

1.9.1.7 Dehidroaskorbat redüktaz (DHAR)

DHAR enzimi oksitlenmiş askorbik asitten indirgenmiş askorbik asit oluşum tepkimelerini katalizleyen bir enzimdir. Hücrelerdeki stres faktörleri sebebiyle meydana gelen AOT birikmesine tolerans için indirgenmiş askorbat miktarının regülasyonu çok önemlidir. Dehidrasyon redüktaz'ın işlevselliğindeki yükselmeler de birçok abiyotik stres faktörüne karşı oluşturulan toleranslar için önem arz etmektedir. Yapılan bir çalışmada *Cicer arietinum* bitkisine tuz stresi uygulanmıştır ve sonucunda DHAR aktivitesinin arttığı dolayısıyla tuz toleransının da artmış olduğu kaydedilmiştir (Sheokan ve ark., 2010). Hernandez ve arkadaşlarının (1999) çalışmalarında da bezelye bitkisinin yapraklarındaki DHAR etkinliğinin bir tek yüksek tuz konsantrasyonunda (130-160 mM) indüklendiğini saptamışlardır (Doğru ve Canavar, 2020).

DHAR, bütün canlılarda bulunur ve tek bir polipeptid zincirinden meydana gelmiş bir tiyol enzim olup, glutatyon (GSH) aracılığıyla dehidroaskorbatı (DHA) askorbata dönüştürür. pH'ın 6'dan büyük olduğu durumlarda dehidroaskorbat kararsızlığından dolayı kolay bir şekilde oksalat ve tartarata dönüşebilmektedir. Bu durumu engellemek amacıyla DHA elektron verici olarak GSH'ı kullanan DHAR tarafından askorbata dönüştürülür ve bu reaksiyonun sonucunda oluşan okside glutatyon (GSSG), glutatyon redüktaz (GR) tarafından birkez daha GSH'a indirgenir (Foyer ve Halliwell, 1976).

1.9.2 Enzimatik olmayan antioksidan sistem bileşenleri

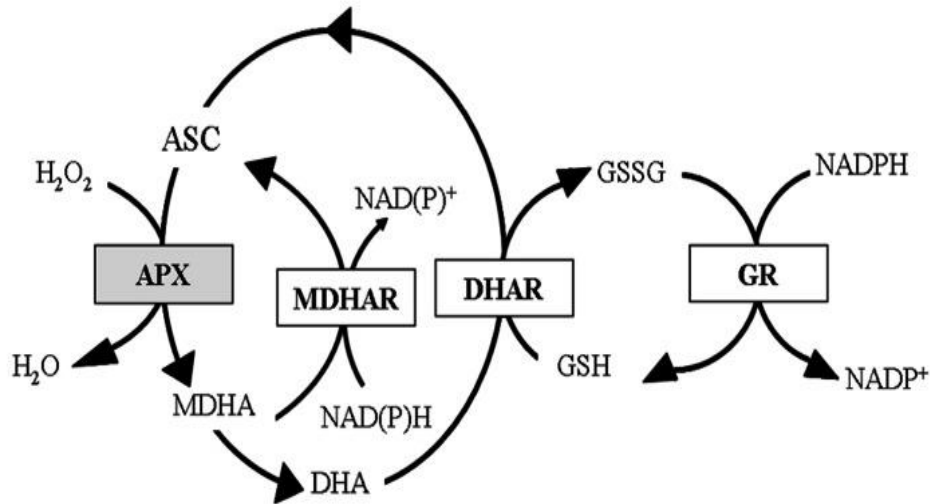
1.9.2.1 Glutasyon (GSH)

Glutasyon (γ -glutamil-sisteinil-glisin) (GSH), her türlü hücrede sentezlenen en önemli antioksidanlardan biridir. GSH, bir redoks ve hücre sinyal regülatörüdür. Bu regülatör hidrojen peroksit seviyesini düşürerek, reaktif oksijen ve azot radikallerini, toksik bileşikleri temizler (Paracha ve ark., 2013). Enzimatik olmayan antioksidanlardan biri olan GSH, OS'e karşı ana hücre içi savunma mekanizmasıdır. Glutasyon (glutamin, sistein, glisin), ROS'lardan kaynaklanan oksidatif strese karşı kilit öneme sahip savunma mekanizmalarından biridir. Araştırmalara göre GSH büyüme gelişmede önemli bir role sahiptir. Bitki metabolizmasında enzimatik düzenlemeler, patojen direnci, hücre ölümü ve hücre farklılaşması gibi pekçok görevi üstlenmektedir (Kardaş, 2021). İndirgenmiş glutasyon konsantrasyonunun miktarı hücrelerin hemolize olan dayanıklılığını belirlemekte ve yüksek düzeyde indirgenmiş glutasyon, hemolize daha dayanıklıdır (Akın, 2019).

1.9.2.2 Askorbat (L-Askorbik Asit, C Vitamini)

Askorbat (AsA), askorbik asit veya diğer adıyla C vitamini, uzun boylu bitkilerin sitozolünde sentezlenmekte, suda çözünebilmekte ve ROS'ların oluşturduğu zararlı etkileri azaltabilen oldukça güçlü bir antioksidandır. Özellikle fotosentezin gerçekleştiği hücrede, farklı organellerde, meristematik dokularda ve meyvelerdeki apoplastik bölgede bulunmaktadır. Askorbik asit bitkilerin büyümesi, farklılaşması ve metabolizma hızı gibi fizyolojik durumlarda çok etkin olduğu bilinmektedir. De Tullio, 2004'te yaptıkları bir çalışmada bazı önemli enzimlerin işleyişinde kofaktör olarak işlev gördüğü ifade edilmiştir. Aynı zamanda hücre membranlarının korunmasında, serbest radikallerin indirgenmesinde, enzim aktivitesinin artırılmasında dolayısıyla oksidatif stresin sebep olduğu hasarların en aza indirilmesinde etkilidir (Noctor ve Foyer, 2005). AsA hücre içerisinde H_2O_2 'nin detoksifikasyonunda görevli en önemli indirgeyici substrat rolündedir. Aynı zamanda AsA, birçok ROS ve lipit hidroperoksidazlarla da tepkimeye giren önemli bir antioksidandır. AsA içeriği yoğun olan bitkiler daha seyrek olan bitkilere göre oksidatif strese karşı daha iyi koruma göstermektedir. Bu sebeple, oksidatif stresi en aza indirmek ve bitkinin metabolik olaylarını düzenleyebilmek için daha yoğun AsA miktarı önemlidir (Köseoğlu ve Doğru, 2021).

Doğal formu L-askorbik asit (hexuronic acid, $C_6H_8O_6$, M.A.=176.12 g/L) olan vitamin C suda çözünen, beyaz, asidik, ışıktan etkilenebilen bir vitamindir (Dalkılıç, 2020). Askorbat ketenepoksidazın kofaktörü gibi davranarak aşırı uyarım enerjisinin yayılmasını sağlar (Dat ve ark., 2000). Askorbat okside olmuş glutatyon (GSSG), tokoferoksil ya da fenoksil radikallerinin, Halliwell Asada (askorbat-glutatyon) döngüsü ile redüklenmesinde dolaylı olarak etkileyen antioksidan özellikler göstermektedir (Noctor ve Foyer, 1998). Şekil 1.3’de Halliwell-Asada yolu şematize edilmiştir.



Şekil 1.3 Halliwell-Asada yolu (Askorbat-Glutatyon Döngüsü) (Eryılmaz 2007'den değiştirilmiştir)

1.9.2.3 Karotenoidler (β -Karotin, A Vitamini)

Karotenoidler; yağda çözünebilen bitkisel ürünlere sarı ve kırmızı tonlarında renk veren ardarda sıralanmış izoprenoid birimlerden meydana gelmiş tetraterpenoid (C40) grubundaki bileşiklerdir. Karotenoidler renklerini yapılarındaki konjuge çift bağlardan alır. Bu bağların sayısı arttıkça renkleri koyu olur. Yapılan araştırmalar neticesinde 700 civarı karotenoid türü tanımlanmıştır. Bu karotenoidlerden biride β -karotendir (Söğütü ve ark., 2020).

Karotenoidler lipofilik bileşikler grubundadır bu sebeple kloroform, yağ, benzen, karbon disülfid, petrol, eter vb. organik çözücülerde çözünürken alkol ve suda çözünmemektedir. Karotenoidler grubunda bulunan β -karotenin maximum absorbanısı 450 nm dalga boyunda gösterdiği ifade edilmiştir. Bu nedenle total karotenlerin 450 nm’de verdiği absorbanısın yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) ve spektrofotometrik yöntemlerle ölçülmesinden faydalanılarak β -karoten düzeyi saptanabilmektedir (Bayraktar, 2017). β -karoten kararsız bir yapıya sahip olduğundan

ROS'a karşı savunma yapar, zararlı hidrojen peroksitlerin oluşum hızını da düşürürler. Karotenoidler serbest radikal reaksiyonlarına dahil olarak hidrojen peroksitlerin oluşma hızını azaltarak, antioksidan aktivitelerini göstermiş olurlar. Aynı şekilde ışığın absorblanmasına yardımcı olan karotenoidler, yıkıcı fotooksidan zararlarına karşı da klorofillerin korunmasında görev almaktadırlar (Güleşci ve Aygül, 2016).

1.9.2.4 α -Tokoferol (E Vitamini)

Antioksidan bir besin olan E vitamini serbest radikal hasarına karşı savunma mekanizmasında önemli bir rolü olan ve yağda çözünebilen bir vitamindir (Bostan, 2020). E vitamini, α -tokoferolün antioksidan aktivitesi gösteren tüm tokol ve tokotrienol türevlerini ifade etmektedir. Yeşil bitkilerde fazlaca bulunan E vitamini genellikle tohumlarda bulunur bu sebeple en iyi kaynakları sıvı yağlar ve tohumlardır (Akçay ve Alkan, 2021).

1.9.2.5 Prolin

Prolin; hücre zarı bütünlüğünü sağlayarak ozmotik dengenin korunmasını sağlamaktadır (Aşçı ve ark., 2021). Prolin, gelişmiş bitkilerde dış stres faktörlerine karşı oluşan ve bu stres koşullarında miktarı artan organik bir maddedir. Stres koşulları sırasında prolin, hücre içerisindeki membran ve protein gibi komponentlerin dayanıklılığını arttırmakta, osmolit olarak osmotik basıncı düzenlemektedir. Ayrıca hücre içerisindeki serbest radikalleri temizleyerek, redox dengesinde rol almaktadır (Kılınçoğlu ve ark., 2020).

1.10 Lipid Peroksidasyonu

Lipid peroksidasyonu, membran yapısında bulunan fosfolipid ve sifingolipidlerde bulunan poliansature yağ asitlerinin, serbest radikallerce peroksitler, alkoller, aldehitler gibi çeşitli ürünlere yakılması işlevidir. Lipid peroksidasyonu, membran fonksiyonlarının bozulması, akışkanlığın azalması, membrana bağlı reseptörlerin ve enzimlerin inaktivasyonu ve Ca^{++} gibi iyonlara karşı nonspesifik permeabilitenin artmasına sebep olmaktadır. Lipid peroksidasyonu yapısal hasara sebep olduğu gibi; yapısal hasarlar da lipid peroksidasyonuna neden olabilmektedir (Köse ve ark., 1997). Ayrıca Malondialdehit ölçülmesi lipid peroksit seviyelerinin indikatörü olarak kullanılmaktadır. Malondialdehit (MDA) yağ asitlerinin peroksidasyonuyla meydana gelmektedir. Yüksek seviyedeki MDA da aşırı lipid peroksidasyonu olduğunu göstermektedir. Oksidasyon

sırasında doymamış yağ asitlerinden bir protonun koparılması ile lipid peroksidasyonu gerçekleşir ve hücrenin membranında ve dokularında hasar meydana gelir. Lipid peroksidasyonu bir zincirin halkaları gibi birbirini devam ettiren reaksiyonlar şeklinde ilerlemektedir. Membran hasarı geri dönüşümsüzdür. Stres altında lipidlerin oksidasyonu iki veya üç kat artabilir (Sairam ve ark., 1998).

Biyolojik sistemlerde lipid peroksidasyonunun süperoksit radikali ve hidroksil radikali olduğu kabul edilmektedir. Oksidanlar arttığında ya da antioksidanlar yetersiz kaldığında organizmanın strese maruz kaldığı kısmında ve oksidatif hasarın meydana geldiği dokularda radikal metabolitlerler artmakta ve bunların sonucunda lipid peroksidasyonu oluşmaktadır. Bunun sonucunda zar sisteminde kontrol kaybından dolayı geçirgenlik artmakta ve hücre ölümleri gelişebilmektedir (Güven ve Kısaçam, 2020).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Parida ve Das, 2005'te önemli streslerden biri olarak sınıflandırılan tuzluluğu, günümüzde bitkisel üretimi ve verimliliği olumsuz olarak etkileyen gelecekte ciddi anlamda tarımsal üretimi etkileyeceğini tahmin etmektedirler. Dünya genelinde tarım alanlarının %20'sinin tuzluluk sorunu olduğu ve 2050 yılına kadar da %50'sine yakın bir kısmının bu sorun ile karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir (Tiryaki, 2018). Dünya üzerinde yaklaşık olarak 45 milyon hektar alanın tuz stresinden etkilendiği ve her yıl 1,5 milyon hektar alanın ise tuzluluktan dolayı tarım yapılamaz duruma geldiği rapor edilmiştir. Tuz stresinin bitkiler üzerinde fizyolojik kuraklık, özel iyon zehirlenmesi, beslenmede bozulmalar, ROS üretimi, zar sisteminde yapısal ve işlevsel bozulmalar, mitoz bölünmesindeki inhibisyon ve genotoksisite gibi olumsuzluklara sebep olabilmektedir (Doğru ve Torlak, 2020). Tuz stresi ozmotik basıncı ve iyon alımını doğrudan etkilemekte, su ve besin alımını önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Tuz stresine maruz kalan bitkilerin sitozollerinde de fazla oranda Na⁺ birikmesi, hücre membranlarına zarar vermektedir, elektiksel sızıntıya sebep olmaktadır. Dolayısıyla; CO₂ asimilasyonu, lipid metabolizması, protein metabolizması ve N asimilasyonu gibi sitozoldeki metabolik aktiviteleri olumsuz yönde etkilemektedir (Sarioğlu ve Kaya, 2021).

Tüm bu streslerin bitki yetiştiriciliğindeki olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla bu stres faktörlerine karşı dayanıklı bitki çeşitleri üretilir. Bu sebeple abiyotik streslerin fizyolojik, biyokimyasal, hücresel ve moleküler düzeydeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için bazı araştırmacılar çeşitli hormonlar, büyüme düzenleyicileri ve vitaminler gibi koruyucu faktörleri içeren maddeler kullanmışlardır (Özmen, 2020).

Doğru ve Torlak'ın (2020) yaptığı bir çalışmada tuz stresi altındaki mısır fideleri üzerine askorbik asitin etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre askorbik asit uygulamasıyla klorofil a miktarınının tuz stresi uygulanan bitkilere oranla %18 oranında artırmış olduğu belirlenmiştir. Mısır bitkisinin yapraklarındaki toplam klorofil miktarı AsA uygulamasıyla kontrol grubu ile karşılaştırıldığında %44 oranında azalırken, tuz muamelesi ile bu sonucun % 52'lik bir azalışın olduğu kaydedilmiştir. Yine yapraklarda klorofil b miktarına da bakıldığında AsA uygulaması ile kontrol grubu ile karşılaştırıldığında %59, tuz muamelesi ile de %65'lik bir azalış belirlenmiştir. Yapraklardaki toplam klorofil içeriği AsA muamelesi ile kontrolle kıyaslandığında %44, tuz muamelesi ile de %52'lik bir azalış gözlenmiştir. Ayrıca kontrolle karşılaştırıldığında AsA ve aşırı tuz uygulamalarının yaprak H₂O₂ içeriğini etkilememiş olduğu

kaydedilmiştir. Ancak tuz stresi altında bulunan mısır bitkisine uygulana askorbik asit ile yaprak dokularındaki H_2O_2 miktarının, sadece tuz stresi altında bulunan bitkilere kıyasla % 39 oranında azalmış olduğu rapor edilmiştir.

2020 yılında Bulut tarafından yapılan başka bir çalışmada aşırı tuzluluğa maruz bırakılan mısır fidelerine humik asit uygulamasının etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada aşırı tuzluluğa maruz kalan bitkilerde polimorfizm tespit edilmiştir. Humik asit uygulanan bitkilerde ise uygulanan tuz konsantrasyonlarının tamamında çimlendirilen örneklerde polimorfizm değerlerinde düşüş olduğu kaydedilmiştir.

Toprak tuzluluğu, bitkilerin vegetatif ve generatif gelişimlerini etkileyen; dolayısıyla da meyve tutumunu sınırlandıran önemli bir abiyotik stres faktörüdür. Koca ve ark., 2007’de aşırı tuzluluk altında yetiştirilen bitkilerde lipid peroksidasyonunun zar sistemi hasarının derecesini ifade eden en önemli parametre olduğunu ifade etmişlerdir. Bu doğrultuda Torğut ve Akbulut’un (2020) yaptığı bir çalışmada tuz stresi altındaki mısır fideleri üzerine kopolimerlerin etkisi incelenmiştir. İnceleme sonucunda tuz stresinin bitkilerde MDA miktarını önemli derecede artırdığı görülmüştür. Kontrolle kıyasla kopolimer uygulaması ile MDA içeriğinde görülen artış ve tuz uygulamasına kıyasla tuz ve kopolimer uygulamasıyla MDA içeriğinde görülen azalış neticesinde kopolimer uygulaması ile tuza tolerans durumu arasında bir ilişki olduğu rapor edilmiştir. Tuz stresi uygulanan bitkilerle kıyaslandığında, tuz stresi ve kopolimer uygulanan bitkilere göre MDA içeriğinde bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tuz stresi uygulanan bitkilerde kopolimer uygulamasının MDA aktivitesini iyileştirdiği belirlenmiştir.

Tuz stresine girmiş bitkilerde sürgün ve kök uzunluğu önemli bir parametredir. Kökler toprakla direk temas halinde olduğu için suyu emer sürgünler ise emilen suyu bitkinin diğer kısımlarına iletir. Bu nedenle kök ve sürgün uzunluğuda tuz stresinde önemlidir (Chauhan ve ark., 2016). 2018 yılında Öner ve Özkorkmaz’ın yapmış olduğu bir çalışmada tuz stresi altındaki yulaf tohumlarına gibberellik asit uygulamasının çimlenme üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda GA3 uygulamasının etkileri istenildiği şekilde görülemedi ancak tuz uygulamalarının yulaf üzerinde radícula uzunluğu, plumula uzunluğu ve kuru ağırlıkları üzerine etkisi çok önemli bulunmuştur, hatta yüksek konstrasyonda (225 Mm) çıkış yok denebilecek kadar az olmuştur.

Kadioglu ve Terzi, 2007’de antioksidan enzim aktivitelerinin çevre faktörlerinin şiddetine göre değişmekte olduğunu ve bu durumun bitkilerin stres toleransı ile ilişkili

olduğunu ifade etmişlerdir. Çeşitli konsantrasyonlarda bakır stresine maruz bırakılmış mısır bitkisinde antioksidan sistem enzimlerinin aktiviteleri üzerine deney düzeneği kuran Eryılmaz'ın (2007)'deki çalışmasına göre, bitkilerde Cu'nun etkisiyle gelişen oksidatif strese karşı bitkiler, antioksidan sistemi regüle ederek tepki göstermektedir. Aşırı bakırın şiddetine bağlı olarak bakır toksisitesi uygulanan fidelerin her dozda da yüksek düzeyde ROT üretmiş olduğunu ve bu duruma yanıt olarak antioksidan sistemin enzimatik ve enzimatik olmayan bileşenlerinde önemli dalgalanmaların olduğu kaydedilmiştir.

Tuzluluk bitkilerde çimlenme oranını, yapraklardaki su miktarını, fotosentetik aktiviteyi, klorofil miktarını, kök ve gövde büyümesini azaltmaktadır. Ancak lipid peroksidasyonunu, sodyum ve klor miktarını da artırmaktadır. Tuzlu topraklarda bitkisel üretimi artırabilmek için çeşitli ıslah ve seleksiyon yöntemleri vardır. Bunlardan biride tuza toleranslı bitki genotipleri üretmektir. Ancak bu işlemlerin uzun sürmesi ve zor olması sebebiyle günümüzde çok tercih edilmemektedir. Onun yerine; bitkilere askorbik asit ve glutatyon gibi antioksidant bileşikler, prolin ve glisinbetain gibi ozmolitler, salisilik asit gibi bitki büyüme düzenleyicileri ve çeşitli mineral maddeler kök veya yeşil kısımlardan uygulanmaktadır (Wei ve ark., 2014). Bu amaçla Doğru ve Bildiren (2021) Momtchil ve Pamukova-97 buğday (*Triticum aestivum L.*) genotiplerinde tuz stresi (150 mM NaCl) ve foliar bor (H_3BO_3 ; 30 μ M) uygulamalarının etkileşimlerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda tuz stresi altındaki buğday genotiplerinde FB uygulaması ile yapraklarda fotosentetik pigment metabolizmasının farklı şekillerde etkilendiği görülmüştür. Momtchil genotipinde klorofil pigmentleri fotooksidasyondan korunurken, Pamukova-97'de böyle bir mekanizma görülmemiştir. Her iki genotipte de uygulamalar sonucunda antioksidant enzimler yeterince aktive edilmemiştir. Bu sebeple yapraklarda H_2O_2 ve MDA birikimi oluşmuştur. Buna göre FB uygulamalarının çalışmada kullanılan buğday genotiplerinde farklı metabolik olayları farklı şekilde etkilediği görülmüştür.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Bitkisel Materyal Temini ve Yetiştirilmesi

Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiş olan ADA 523 isimli mısır (*Zea mays L.*) çeşidine ait sertifikalı tohumlar Muş Alparslan Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında, toprak içeren 10 saksıya, her saksıya da 6 adet tohum olacak şekilde ekildi. Ekilen tohumlar dört hafta boyunca, % 55-60 nem, $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$ sıcaklık ve 16 saat ışık/8 saat karanlık periyodunda bir bitki büyütme odasında yetiştirildi (Şekil 3.1). Bitkiler iki günde bir 200 mL musluk suyuyla sulandı. Deney için olgunlaşan bitkiler topraktan 2 cm yükseklikte gövdelerinden kesilerek saf su içeren cam tüplere aktarıldı. Yaralanma stresinin olumsuz etkilerini yatıştırmak için bir saat saf su içerisinde bekletilen bitkiler belli uygulama gruplarına ayrıldı.



Şekil 3.1 Bitki büyütme odasında saksılar içerisindeki mısır fidelerinden bir görünüm

3.2 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzeme ve Cihaz Listesi

AO maddesinin ön uygulamasının, tuz stresi altında bulunan mısır fideleri üzerine etkilerini araştırmak için yapılan çalışmada kullanılan malzeme ve cihazlar aşağıda listelenmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3. 1 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzeme ve Cihaz Listesi

Malzemeler	<ul style="list-style-type: none"> -Aseton -Touleno -Ninhidrin -Fosforik Asit -Potasyum İyodür(KI) -Guaikol -Sodyum hidroksit -Hidroklorik Asit -Hidrojen peroksit -Polyvinylpolypyrrolidone -L-Askorbik asit anhydrous, free-flwing -Protein standart micro standard liquid -Coomassie Brilliant Blue -Trikloro Asetik Asit -Tiyobarbutürik Asit -K₂HPO₄ -KH₂PO₄ -EDTA -L-Metiyonin -NBT -Riboflavin -Prolin -Sülfosalisilik Asit -Glasiyal Asetik Asit -Aktif Kömür -Saf su
Cihazlar	<ul style="list-style-type: none"> -Spektrofotometre -Hassas terazi -Santrifüj (soğutmalı) -Doku parçalayıcı -Sıvı azot tankı -HPLC -Varteks -Kuarz küvet -Etüv

3.3 Uygulama ve Yöntemler

Saf su içerisinde bir saat bekletilen mısır fideleri dört farklı uygulama grubuna ayırdı (Çizelge 3.2). Her uygulama grubu için 4 bitki kullanıldı. Bitkiler -20 °C'de saklandı. Elde edilen örneklerde bazı biyokimyasal parametreler ölçüldü.

Çizelge 3.2 Oluşturulan uygulama grupları

Uygulama Adı	Uygulama Yolu
1. Grup (Kontrol grubu)	18 saat saf suda bekletildi.
2. Grup (AO grubu)	Önce 6 saat AO, sonra 12 saat saf su da bekletildi.
3. Grup (TS grubu)	Önce 6 saat saf su, sonra 12 saat NaCl (100 mM) içerisinde bekletildi.
4. Grup (AO+TS grubu)	Önce 6 saat AO (0,66 Mm), sonra 12 saat NaCl (100 mM) içerisinde bekletildi



Şekil 3.2 Uygulamalara maruz bırakılan mısır fidelerinin tüpler içerisindeki görünümü

3.3.1 Yaprak su içeriği

Yaprakların su içeriğini belirlemek için nisbi su içeriği (RWC) ölçüldü (Barrs ve Weatherley, 1962).

Yaş Ağırlık

Her bir gruptan 0,1 gr alınan tohumların kök uzunlukları ile yaş ağırlık belirlendi. Daha sonra turgorlu ağırlığını belirlemek için eşit miktarda suya konuldu ve 16 saat bekletildi.

Turgid Ağırlık

16 saat suda bekletilen tohumlar tekrar tartılarak turgorlu ağırlık belirlendi.

Kuru Ağırlık

Turgid ağırlık ölçüldükten sonra tohumlar fırında 70°C 72 saat bekletildi. Daha sonra kuru ağırlık ölçümü yapıldı.

Bu sonuçlar doğrultusunda Yaprak nisbi su içeriğini (RWC) hesaplayan formül Smart ve Bingham (1974)'e göre % olarak hesaplanmıştır.

Yaprakta Nisbi Su İçeriği (RWC %): $[(YA-KA)/(TA-KA)] \times 100$

3.3.2 Fotosentetik pigmentlerin tayini

Fotosentetik pigmentlerin (karotenoid ve klorofil) tayini Arnon (1949)'a göre belirlendi. Tuz stresinin mısır fidelerinin klorofil miktarı üzerine etkilerini araştırmak için yaygın olarak kullanılan pigment tayini yapıldı. Bu amaçla fidelerin yapraklarından 0,1 gr taze numune tartıldı ve sıvı azot ile homojenize edildi. Sonrasında üzerine 1,8 mL soğuk aseton (%80) eklendi. Homojenat 10 dakika süre ile 3,000 rpm'de ve +4 °C'de santrifüj edildi. Daha sonra homojenattan alınan süpernatant 1/5 oranında sulandırıldı ve spektrofotometre ile 450, 645 ve 663 nm dalga boylarında absorbans değerleri ölçüldü. Sonuçlar aşağıdaki formülde yerlerine konularak klorofil ve karotenoid miktarları belirlendi.

$$\text{Klorofila (g L}^{-1}\text{)} = 12,7 A_{663} - 2,69 A_{645}$$

$$\text{Klorofilb (g L}^{-1}\text{)} = 22,9 A_{645} - 4,68 A_{663}$$

$$\text{Toplam Klorofil (g L}^{-1}\text{)} = 20,2 A_{645} + 8,02 A_{663}$$

Toplam Karoteonid (g L⁻¹) = 4,07 A₄₅₀ - (0,0435 K_{la} miktarı + 0,3367 K_{lb} miktarı).

3.3.3 Prolin tayini

Kurutulmuş numunelerden (0,2 g) alınarak 10 mL % 3'lük sülfosalisilik asit ile homojenizasyonun ardından filtre edildi. Süzüntü 22 °C'de 5,000 rpm'de 5 dk süre ile santrifüj edildi. Süpernatant kısımlarından 1 mL alınarak üzerine 1 mL asetik asit ve 1 mL ninhidrin konuldu. Ninhidrin, asetik asit ve orto-fosforik asit kullanılarak hazırlandı. Daha sonra tüplere konulan örnekler 1 saat 100 °C'de su banyosunda tutuldu ve reaksiyon buzda sonlandırıldı. Soğuyan örneklerin üzerine 3 mL toluen eklenerek, vorteksle karıştırıldı. Ağzı kapaklı tüplere alınan örnekler 4.000 rpm'de 5 dk santrifüj edildi. Santrifüj sonrası pipetle üst faz sarsılmadan küvete alındı ve 520 nm'de

spektrofotometrede okutuldu. Sonuçlar gram taze ağırlık (TA) başına μg olarak ifade edildi.

3.3.4 Lipid peroksidasyonu tayini

Mısır fide yapraklarındaki tuz stresinin ve AO uygulamasının hücre zarı düzeyindeki etkilerini analiz etmek amacıyla Heath ve Packer (1968)'e göre lipid peroksidasyonu tayini yapıldı. Fidelerin yapraklarından alınan 0,1 gr doku örnekleri, sıvı azot içerisinde homojenize edildi. Sonrasında homojenize edilen örneklere 1,8 mL %0,1 trikloro asetik asit (TCA) eklenerek homojenizasyon işlemi tekrarlandı. Homojenat 10 dakika süre boyunca $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve 15,000 g'de santrifüj işlemine tabi tutuldu. Süpernatanttan 1 mL alınıp içerisine %0,5 tiobarbiturik asit içeren %20 TCA solüsyonundan 4 mL eklendi. Bu karışım vortekslendikten sonra 95°C sıcaklıkta 30 dakika süre ile inkübe edildi. İnkübasyon sonunda reaksiyonu durdurmak için örnekler hızlı bir şekilde buz banyosuna transfer edildi. Örneklerin spektrofotometre ile 532 (spesifik) ve 600 (spesifik olmayan) nm dalga boylarında absorbanları ölçüldü. Delta absornas (spesifik–spesifik olmayan absorban) değerleri, $A = \epsilon \cdot c \cdot l$ formülünde yerine konularak TBARS konsantrasyonu hesaplandı ($\Delta = A_{532} - A_{600}$, ϵ : Absorbsiyon katsayısı, $155\text{ mmol}^{-1}\text{ cm}^{-1}$, c: konsantrasyon).

3.3.5 H_2O_2 içeriğinin belirlenmesi

Hidrojen Peroksit ölçümü Velikova vd., (2000), metodu yöntemiyle oluşturuldu. Mısır fidelerinin yapraklarından alınan 0,1 g örneklerin 0,1 g aktif kömür ile birlikte 1,8 mL % 0,1 TCA içerisinde karıştırılarak homojenize edildi. Homojenat 15000 g'de 4°C 'de 15 dk boyunca santrifüj edildi. Süpernatanttan 1000 μl alınarak üzerine 1000 μl 10 mM potasyum fosfat tamponu ve 1500 μl 1 M KI ilave edildikten sonra oluşan sarı renk 390 nm'de spektrofotometredeki kayıtlı standart grafikten okundu.

3.3.6 Toplam protein miktarı tayini

Mısır fidelerinin yapraklarında toplam protein miktarı tayini Bradford, (1976) yöntemine göre spektrofotometrik olarak yapıldı. Bu amaçla enzim aktivitesi analizlerinde kullanılmak üzere ekstrakte edilen gruplardan tekerrür başına 30 μl örnek alındı ve 170 μl distile su ile 200 μl son hacme tamamlandı. Son olarak örneklere 1000 μl protein boyası eklendi. Önceden spektrofotometrede hazırlanmış standartlara göre

spektrofotometrede 595 nm absorbans değerleri kaydedildi Protein miktarı değerleri mg birim üzerinden hesaplandı.

3.3.7 Guaiakol peroksidaz (GPX) aktivitesinin tayini

Guaiakol peroksidaz (EC 1.11.1.7) aktivitesi, Urbanek ve ark., (1991)'in yöntemine göre belirlendi. Enzim aktivitesi, 100 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 0,1 mM EDTA, 5 mM guaiakol, 15 mM H₂O₂ ve 50 µl enzim ekstraktı içeren 2 mL'lik reaksiyon karışımının 470 nm'de 1 dakika süreyle ölçülmesiyle belirlendi. Guaiakol peroksidaz (GPX) aktivitesi $\epsilon=26,6 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ekstrikasyon katsayısının kullanılmasıyla hesaplandı.

3.3.8 Katalaz (CAT) aktivitesinin tayini

Katalaz (CAT, EC 1.11.1.6) aktivitesi, Aebi (1983)'nin yöntemine göre belirlendi. Enzim aktivitesi, 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 30 mM H₂O₂ ve 20 µl enzim ekstraktı içeren 1 mL'lik reaksiyon karışımının 240 nm'de 5 dakika süreyle ölçülmesiyle belirlendi. Katalaz aktivitesi, H₂O₂ için $\epsilon=39,4 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ekstrikasyon katsayısının kullanılmasıyla hesaplandı.

3.3.9 Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin tayini

Süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1) aktivitesi, Beauchamp ve Fridovich (1971) metoduna göre belirlendi. 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,8), 0,1 mM EDTA, 13 mM metiyonin, 75 µM nitro blue tetrazolyum ve 50 µl ekstrakt ihtiva eden 1 mL reaksiyon ortamına 2 µM riboflavin ilave edilerek reaksiyon başlatıldı. Bu karışım 10 dakika boyunca 375 µmol m⁻² s⁻¹ şiddetinde beyaz ışığa maruz bırakıldıktan sonra 560 nm'de absorbans değerleri belirlendi.

3.3.10 Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesinin tayini

Askorbat peroksidaz (APX, EC 1.11.1.11) aktivitesi, 290 nm'de absorbanstaki azalışa bağlı olarak belirlendi (Nakano ve Asada, 1981). Enzim aktivitesi, 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 250 µM ASC, 5 mM H₂O₂ ve 20µl enzim ekstraktı içeren 1 mL'lik reaksiyon karışımının ölçülmesiyle belirlendi. Askorbat peroksidaz aktivitesi, 290 nm'de ASC için $\epsilon=2,8 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ekstrikasyon katsayısının kullanılmasıyla hesaplandı.

3.3.11 Fenolik madde tayini

HPLC ile fenolik madde miktarı tayini için 14 farklı standartın (Askorbik asit, gallik asit, mirisetin, absisik asit, kuarsetin, apigenin, kaempferol, kurkumin, kateşol, vanillin, kafeik asit, sinnamik asit, rosmarinik asit ve salisilik asit) son konsantrasyonları 10 mg/mL olacak şekilde tartılıp 50 mL'lik balon jojeler içine konuldu. Standartlar hazırlanan %1'lik asetik asit ile 1/9 oranında asetonitril ilave edilerek çözelti hazırlandı. Çözeltiye 1/1 oranında metanol ilave edilerek standartları çözmek için gerekli olan stok çözelti hazırlandı. Stok çözeltilerden 5 farklı oranda (100 mM, 75 mM, 50 mM, 25 mM ve 10 mM) olacak şekilde numuneler hazırlandı (Tapan, 2016).

3.4 İstatistik Analizler

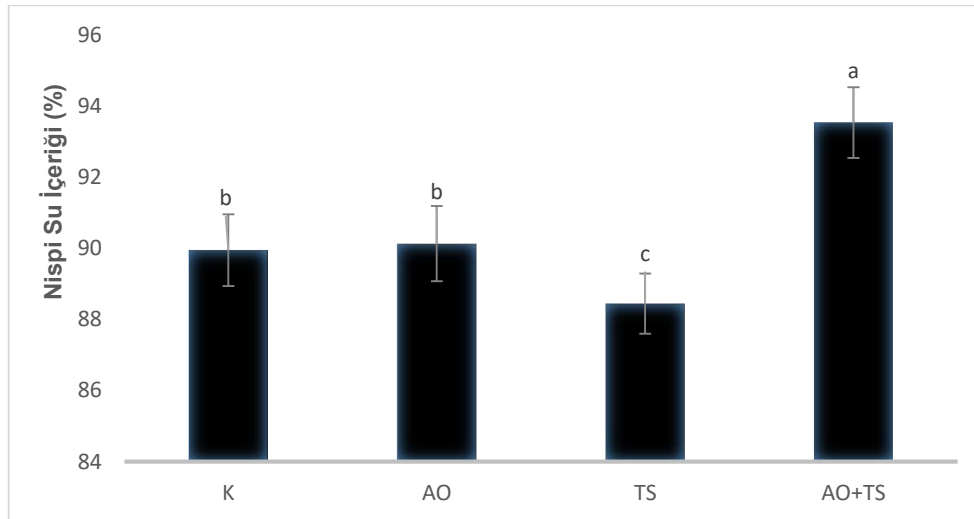
Dört farklı uygulama grubuna ayrılan fidelere her grup için farklı uygulamalar yapılarak bazı biyokimyasal parametreler ölçüldü. Üç tekrarlı bir şekilde oluşturulan analizlerle belirlenen ortalamalar SPSS 17.0 paket istatistik programı ile One Way Anova testi ve gruplar arasındaki farkı belirleyebilmek için Duncan testi kullanıldı ($P \leq 0,05$).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

4.1 Tuz Stresi Altındaki Mısır Fideleri Üzerine Aseton O-(4-klorofenilsülfonil)Oksim Uygulamasının Stres Parametreleri Üzerine Etkileri

4.1.1 Nispi su içeriği (NSİ) üzerine etkisi

Bitkiler tuz stresiyle karşılaştıklarında kendilerini koruma amacıyla su kaybını en aza indirebilmek için; stomalarını daraltırlar, yaprak yüzey alanını küçültürler ve yaprak sayısını da azaltırlar. Bu sebeptendir ki tuz stresi altında ki bitkilerin yaş ağırlığında bir azalma meydana gelmektedir (Emirzeoğlu ve Başak, 2020). Mevcut çalışma ile elde ettiğimiz sonuçlara göre; Tek başına tuz stresinin fidelerdeki NSİ'yi kontrole göre ciddi anlamda düşürdüğü belirlenmiştir. Tuz stresi altında AO ön uygulamasıyla fidelerin nispi su içeriğinin TS'ye göre önemli oranda arttığı görülmüştür. Tek başına AO uygulamasının ise kontrole kıyaslandığında istatistiki olarak önemli bir fark oluşturmadığı gözlemlendi (Şekil 4.1). Çalışmamızla aynı doğrultuda Rastgeldi'nin (2010) biber bitkisinde tuz konsantrasyonunun artışıyla sürgün taze ağırlığının düştüğünü ve 150 mM tuz konsantrasyonunda ise yaklaşık olarak % 60,7'lik bir ağırlık azalışının yaşandığını belirlemiştir. Çalışmamız sonuçlarına göre elde edilen bulgular AO'nun fidelerin su durumu üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu ve bunu osmoregülasyon ile başardığını işaret etmektedir.



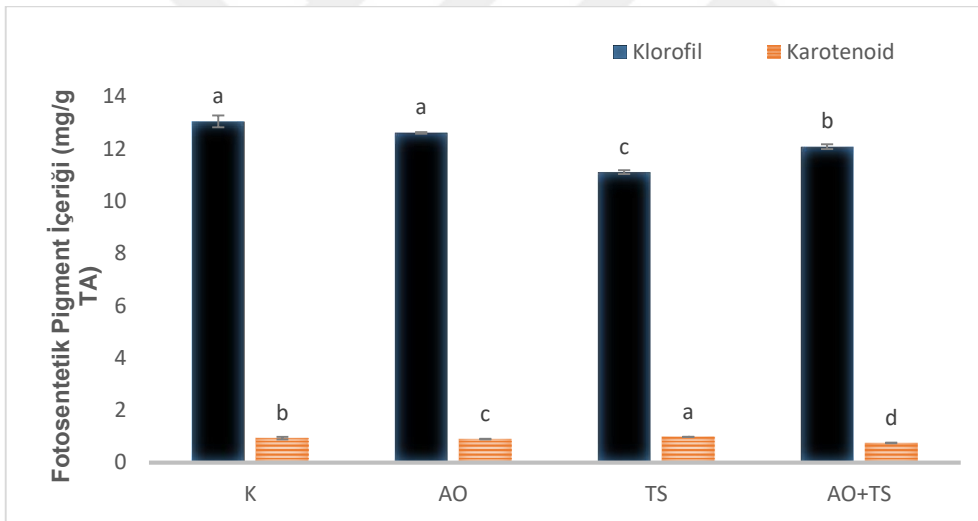
Şekil 4.1 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının nispi su içeriği üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$)

4.1.2 Fotosentetik pigment içerikleri üzerine etkisi

Tavakkoli ve arkadaşlarının (2010)'da arpa üzerine yapmış oldukları çalışmada sodyum iyonu konsantrasyonlarındaki artışın potasyum ve kalsiyum alımını ve stomatal açıklığı azaltmasına bağlı olarak fotosentez hızında azalttığı kaydedilmiştir. Tuzun yapraklardaki klorofil ve karotenoid içeriği üzerinde önemli bir etki oluşturduğu bu sebeple de yaprak klorozuna ve yaşlanmaya sebep olduğu belirtilmiştir. Köseoğlu ve Doğru'nun (2021) yapmış olduğu bir çalışmada tuz stresi altındaki hıyar bitkisine salisilik asit uygulamalarının fotosentez aktiviteleri üzerine etkileri incelenmiştir. İnceleme sonucunda tuz stresinin hıyar bitkisinin yapraklarında fotosistem II'nin elektron hareketlerini inhibe ettiği aynı zamanda aşırı tuzluluğun fotosentetik aygıtın çalışma yeteneğini önemli oranda azalttığı da rapor edilmiştir. Salisilik asit uygulaması ile tuz stresi altında bulunan hıyar bitkisinde PS II'nin elektron alıcı ve verici merkezlerinde stresin olumsuz etkilerini ortadan kaldırdığı rapor edilmiştir. Su noksanlığı bitkilerde ROS oluşumuna sebebiyet vermektedir. Bitkilerde bulunan ROS'lar membran lipitlerine, proteinlere, klorofil ve makro moleküllere ve nükleik asitlere zarar vermektedir (Türkhan ve ark., 2021). Mevcut çalışma ile ulaşılan sonuçlara göre; tuz stresinin fidelerdeki klorofil miktarında kontrole kıyasla önemli miktarda bir azalışa neden olduğu görülmüştür. Aşırı tuzluluğa maruz bırakılan fidelerde AO uygulamasının ise klorofil miktarını TS uygulamasına göre istatistiki olarak önemli oranda arttırdığı belirlenmiştir (Şekil 4.5). Karotenoid içeriği bulgularında ise TS uygulamasında diğer tüm gruplara göre en yüksek karotenoid içeriği gözlenirken, AO uygulamalarında kontrollerine göre karotenoid içeriğinin azalmış olması karotenoidlerin antioksidan özellikleri ile açıklanabilir. AO antioksidan sistem metabolizması içerisinde karotenoid tüketimini teşvik ederek ROS'ların süpürülmesine katkıda bulunmuş olabilir.

Bu çalışmanın bulgularına paralel olarak; Torlak'ın (2019) hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinde tuz stresi altında bulunan mısır bitkisine AsA ön uygulamasının mısır bitkisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. İnceleme sonucunda askorbik asitin antioksidan aktivite, klorofil ve karotenoid içeriklerini arttırdığı ve hidrojen peroksit içeriği ve zar sistem hasarını azalttığı, aşırı tuzluluğun bitki yaprakları üzerinde oluşturduğu olumsuz etkileri de iyileştirdiği anlaşılmıştır. Yarsi ve arkadaşları (2017) kavun bitkisi üzerine yapmış oldukları bir çalışmada tuz stresinin hem klorofil hem de karotenoid içeriklerinde bir azalmaya sebep olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamız klorofil içeriği açısından bu çalışma ile uyumlu iken karotenoid içeriği açısından ise tam

tersi bir sonuç göstermiştir. Tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde antioksidan bir molekül olan karotenoid içeriğinin artmasının, metabolizmanın işleyişinin korunması açısından daha uygun olduğu görülmektedir. Başka bir çalışmada (Kayın, 2020) biber bitkisi üzerine Nitrik oksit uygulamalarının stres faktörleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda aşırı tuzluluk, bor ve ağır metallere maruz bırakılan biber bitkisinde kuru ağırlık, klorofil ve karotenoid içeriklerinde önemli azalmaların olduğu saptanmıştır. Ancak nitrik oksit uygulaması ile bitkideki kuru ağırlık, klorofil ve karotenoid içeriklerinde önemli derecede bir artışın olduğu ifade edilmiştir. Tuz stresi uygulamalarının klorofil içerikleri üzerine etkisi araştırıldığında dalgalanmalar gözüksede, tuz uygulamaları klorofil içeriği değerlerinde azalmalara sebep olmuştur. Aydınşakir ve ark., 2015; Kaya ve İnan, 2017; Torun ve ark., 2019’da yapılan farklı çalışmalarda aşırı tuzluluk uygulanan dört farklı bitkide, klorofil içeriği analizlerinde de mevcut çalışmaya paralel sonuçlara ulaşılmıştır.



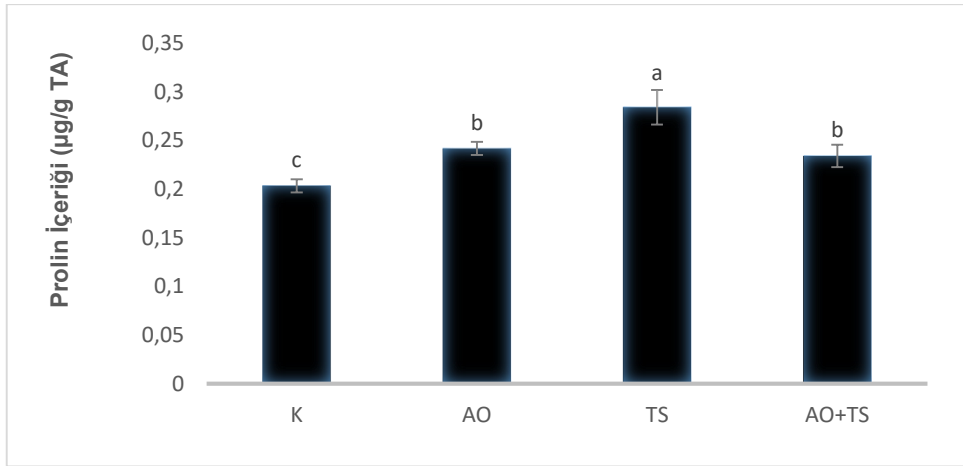
Şekil 4.2 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının fotosentetik pigment içeriği üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$)

4.1.3 Prolin içeriği üzerine etkisi

Yapısal olarak ileri düzeyde olan bitkilerde çevre faktörlerinin oluşturduğu strese karşı oluşan prolin, stres altında miktarı artan organik bir aminoasittir. Prolin stres altında zar sisteminin, yapısal ve işlevsel proteinlerin dayanıklılığını artırarak, sitoplazma ve organellerdeki ROS’ları süpürerek redoks dengesinin korunmasında görev alan önemli bir osmolittir (Kılınçoğlu ve ark., 2020). Araştırmamızda elde edilen bulgular ışığında AO’nun tek başına uygulandığı fidelerdeki prolin içeriğinin kontrole göre önemli oranda arttığı görüldü. AO+TS uygulamasında ise TS uygulamasına göre prolin içeriğinin

istatistiki olarak önemli oranda azaldığı, kontrole göre ise arttığı gözlemlenmiştir (Şekil. 4.3). Akçin ve arkadaşlarının (2017) yapmış olduğu bir araştırmada Kızılırmak Deltası'nda halofit bir bitki olan *Spergularia marina* (L.) Griseb. türünün farklı tuz konsantrasyonlarında fotosentetik pigment ve prolin içerikleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda prolin miktarının mevcut çalışmada olduğu gibi yüksek tuzlulukta önemli derecede arttığı rapor edilmiştir. Çiftçi ve Altınok'un (2019) yapmış oldukları bir çalışmada ise patlıcan tohumları üzerine rizobakteri uygulamalarının etkileri incelenmiştir. İnceleme sonucunda patlıcan fidelerine PGPR uygulamalarının hepsinde de mevcut çalışmanın aksine prolin değerlerinde kontrol gruplarına göre artış saptanmıştır. Kaya ve İnan'ın (2018) yaptıkları bir çalışmada ise, aşırı tuzluluk ve kuraklık uygulanan tütünde karotenoid, prolin ve MDA içerikleri ile APX ve GPX enzim aktivitelerinde kontrol grubuna göre artış olduğu kaydedilmiştir. Bu çalışmanın prolin içeriği açısından mevcut çalışma ile paralel olduğu görülmüştür. 2020 yılında Dere ve Doğan'ın yapmış oldukları bir çalışmada ise yerbıstığına (*Arachis hypogaea* L.) kurşun uygulaması sonucunda prolin miktarının kontrol grubuna göre kök ve gövdede azaldığı ancak sürgünlerde 100 ve 1000 mg/L'lik konsantrasyonlarda artış olduğu rapor edilmiştir. Yavaş ve arkadaşlarının (2020) yapmış oldukları bir çalışmada, abiyotik stresler altındaki bitkilerde selenyum uygulamasının bitkiler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucuna göre tuz stresi altındaki bitkilerde selenyum ön muamelesinin prolin içeriğinde önemli bir artışın olduğu belirlenmiştir.

Mevcut çalışmanın bulgularına göre; tuz stresi altındaki mısır fidelerine AO ön uygulaması sonucu prolin içeriğinin TS uygulamasına göre azalmış olması AO'nun stresin olumsuz etkilerinin üstesinden gelmek ve metabolizmanın sağlıklı bir şekilde işlemesi için yoğun bir şekilde prolini tüketen mekanizmaları harekete geçirdiğini düşündürmektedir.

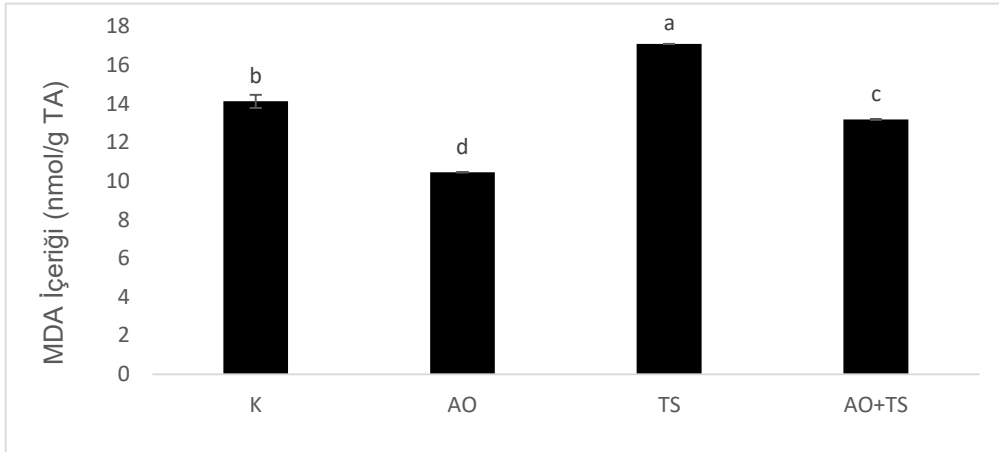


Şekil 4.3 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının Prolin içeriği üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$)

4.1.4. Lipid peroksidasyonu üzerine etkisi

Lipid peroksidasyonu, olası şartlarda tüm hücre ve dokularda düşük miktarda oluşan ve serbest radikaller tarafından indüklenen oksidatif bir olaydır (Sağol ve Özkınay, 2000). MDA içeriği oksidatif stres koşulları altında artma eğiliminde olan bir parametredir (Irigoyen ve ark., 1992). Mevcut çalışmada sadece AO uygulaması yapılan bitki grubunda, MDA içeriğinin diğer gruplara göre önemli oranda düştüğü görülmüştür. AO+TS uygulanan fidelerde ise MDA içeriğinin TS grubuna göre istatistiki olarak önemli bir azalış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.4). Kuşvuran ve arkadaşlarının (2008) yapmış olduğu bir çalışmada 100 mM tuz uygulanan *Cucumis sp.* genotiplerine ait bitkilerin yapraklarında Na^+ , K^+ , Cl^- iyon miktarı, lipid peroksidasyon ve klorofil miktarı bakımından ortaya çıkan değişimler incelenmiştir. İnceleme sonucunda tuza hassas olan Ananas çeşidinin 100 mM NaCl içeren ortamda en fazla MDA değerine sahip olduğu (6.50 µg/mg T.A.) görülmüş. Şemame kavununun da onu takip ettiği kaydedilmiştir (5.96 µg/mg T.A.). Diğer genotiplerin ise tümünde tuz stresi altında bulunan bitkilerin özellikle genç yapraklarında kontrole oranla daha düşük miktarda MDA'nın açığa çıkmış olduğu belirlenmiştir. Kısa ve arkadaşlarının (2011) yapmış olduğu bir araştırmaya göre tuz muamelesi börülce çeşitlerinde hidrojen peroksit miktarını artırırken, MDA miktarında da belli bir azalmaya sebep olmuştur. Ayrıca börülce bitkisinin köklerinde lipid kompozisyonu şiddeti artan tuzluluk konsantrasyonuna paralel olarak artmıştır. Börülce çeşitlerinde tuz stresinin düşük seviyede lipid peroksidasyonuna neden olduğu kaydedilmiştir. Yine Kaya ve İnan'ın (2017) yaptığı bir çalışmada tuz stresi altındaki reyhan bitkisinde MDA içeriğinin, mevcut çalışma ile paralel olarak salisilik asit uygulaması ile önemli oranda azaldığı belirlenmiştir. Doğru ve Bildiren'in (2021) bir

çalışmasında tuz stresi koşullarında bulunan buğday bitkisi genotiplerinde foliar bor uygulanarak bitkideki fizyolojik ve biyokimyasal değişimler incelenmiştir. Çalışma sonucunda aşırı tuzluluk ve FB uygulamasının Momtchil genotipinin yapraklarında lipid peroksidasyonu seviyesinin kontrole kıyasla istatistiki olarak önemli oranda arttırmış olduğu rapor edilmiştir. Mevcut çalışma neticesinde, tuz stresi altında MDA içeriğinin AO uygulaması ile önemli oranda azalmış olması AO ön uygulamasının antioksidan sistemin güçlü bir şekilde aktive olmasına sebep olduğunu düşündürmektedir.

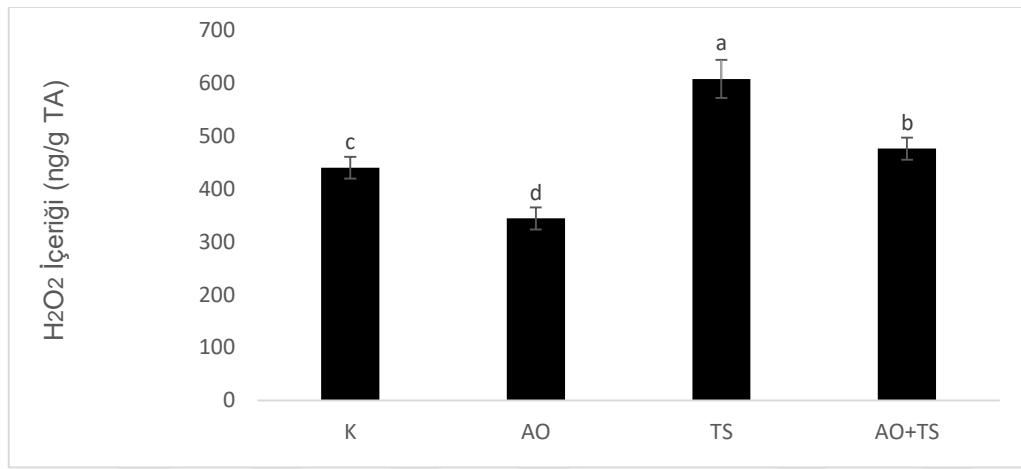


Şekil 4.4 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının MDA içeriği üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$)

4.1.5 Hidrojen peroksit içeriği üzerine etkisi

Hidrojen peroksit (H_2O_2) oksijen moleküllerinin tek bağla oluşmuş olduğu ve hücre içerisinde oluştukları bölgeden diğer bölgelere çok hızlı bir şekilde difüze olabilen basit bir peroksittir. Çalışmamız sonucunda tuz stresi altındaki fidelere AO ön uygulaması ile TS grubu karşılaştırıldığında AO uygulamasının H_2O_2 içeriğinde önemli bir azalmaya neden olduğu görülmüştür. Tuz stresine maruz bırakılan fidelerde kontrol grubuna göre H_2O_2 içeriğinde önemli bir artış gözlenirken, AO'nun tek başına uygulandığı fidelerde H_2O_2 içeriğinin kontrole göre istatistiki olarak önemli oranda azaldığı belirlendi (Şekil 4.5). Tetiktabanlar ve arkadaşlarının 2020 yılında yapmış olduğu bir çalışmada, 240 saat boyunca 50 ile 100 mM aşırı tuzluluğa maruz bırakılan bezelye (*Pisum sativum L.*) çeşitlerinin sürgünlerinde MDA ve H_2O_2 içerikleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda tuzluluk stresinin çeşitlerde hidrojen peroksit içeriğini artıran tuz konsantrasyonuna bağlı olarak önemli oranda arttırdığı rapor edilmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen bulgulara paralel olarak tuz stresi bitkilerdeki H_2O_2 içeriğini arttırmıştır. Doğru ve Bildiren'in (2021) yaptıkları bir çalışmada tuz stresi koşullarında bulunan buğday çeşitleri üzerinde foliar bor uygulamalarının fizyolojik ve biyokimyasal değişimler üzerine etkileri

incelenmiştir. İnceleme sonucunda tuz stresinin yapraklardaki H₂O₂ içeriğinin artmasına neden olduğu anlaşılmış ve foliar bor uygulaması ile H₂O₂ içeriğinde bir azalma olduğu kaydedilmiştir. Bu durumda foliar bor uygulamasının mevcut çalışmamızdaki AO ön uygulaması ile elde edilen bulgular ile paralel olduğu ve AO ön uygulaması gibi foliar bor uygulamasında tuz stresi altında H₂O₂ içeriğini azalttığı saptanmıştır. Tuz stresi altındaki mısır fidelerinde AO ön uygulaması ile MDA ve H₂O₂ içeriklerinin önemli oranda azalmış olması AO ön uygulamasının antioksidan sistemin aktive olmasına neden olduğu fikrini güçlendirmektedir.



Şekil 4.5 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının H₂O₂ içerikleri üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$)

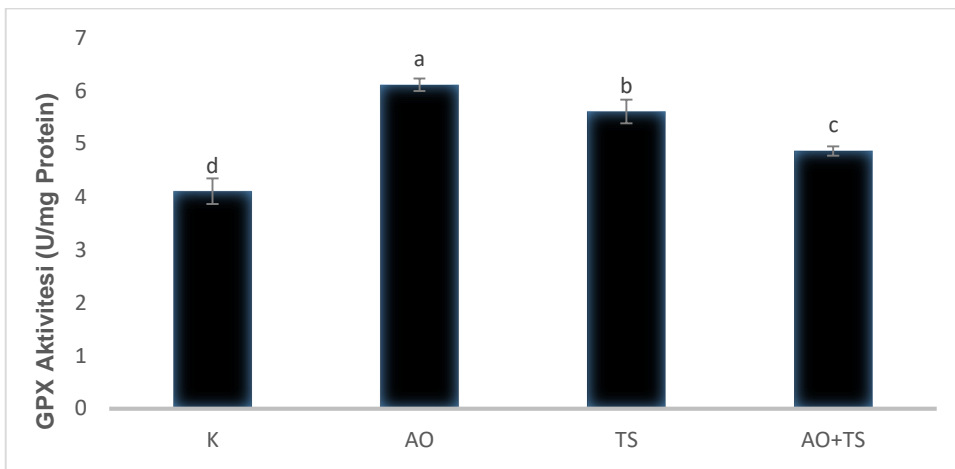
4.1.6 Antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkisi

Antioksidan sistem bitkilerde radikal oluşumunun azaltılması, radikal reaksiyonlarının sona erdirilmesi, oluşan radikallerin süpürülmesi ve hasarlı moleküllerin ortadan kaldırılması gibi görevleri üstlenen bir sistemdir (Demirhan ve ark., 2021). Bu çalışma ile tuz stresi altındaki mısır bitkisine AO uygulamasının, süperoksit dismutaz (SOD), guaiacol peroksidaz (GPX), katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APX) enzimlerinin aktivitelerindeki değişimler incelendi.

4.1.6.1 Guaiacol peroksidaz (GPX) aktivitesine etkisi

Peroksidazlar; stres durumlarında hidrojen peroksiti su ve moleküler oksijene dönüştürebilen enzim ailesidir. GPX guaiakolu indirgeyici substrat olarak kullanan önemli bir peroksidazdır (Bozca, 2020). Tuz stresine maruz bırakılan *A. thaliana* bitkisinde GPX aktivitesinin arttığı ifade edilmiştir (Feng ve ark., 2019). Mevcut çalışmamızın bulgularına göre; tek başına AO ve tuz stresinin kontrol grubuna göre GPX

aktivitesinde artışa sebep olduğu; tuz stresi altındaki fidelerde AO uygulamasının ise TS uygulamasına göre bu artışı bir miktar aşağı çektiği görülmüştür. En yüksek GPX aktivitesinin ise sadece AO uygulanan grupta olduğu görülmüştür (Şekil 4.6). AO+TS uygulamasında GPX aktivitesinin TS uygulamasına göre azalmış olmasının nedeni olarak AO uygulamasının antioksidan sistemi bir bütün olarak uyararak sitoplazmadaki H₂O₂ üretim merkezlerinde üretilen H₂O₂'nin süpürülmesinin başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği dolayısı ile H₂O₂'nin çepere ulaşmasının engellenmesi sonucunda GPX aktivite artışının azaldığı kanaati uyandırmaktadır. İçsel H₂O₂ ve MDA içeriğide bu kanaati desteklemektedir.

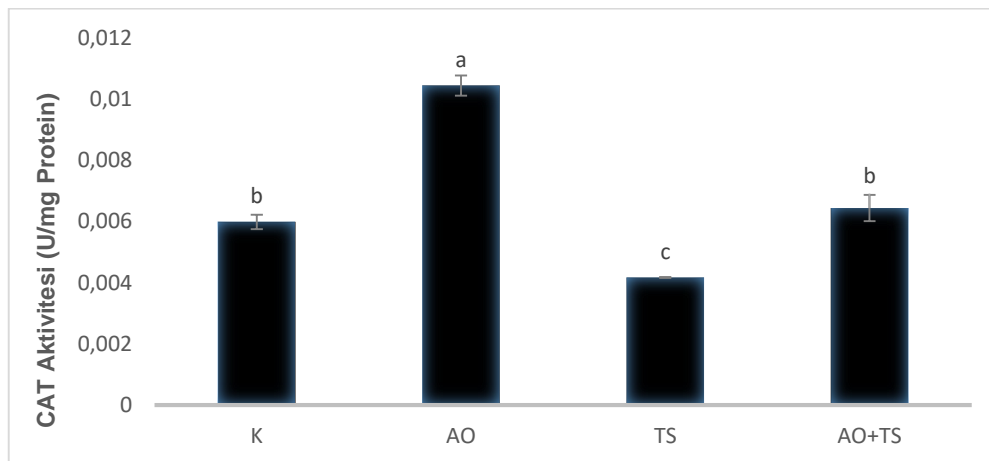


Şekil 4.6 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının GPX enzim aktiviteleri üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$).

4.1.6.2 Katalaz (CAT) aktivitesine etkisi

Katalaz, her bir altbirimi bir hem grubu ve bir NADPH içeren dört alt birimden oluşan antioksidan sistemin en önemli enzimlerinden biridir (Karabulut ve Gülay, 2016). Çalışmalarımız sonucunda elde edilen CAT enzim aktivitesine ilişkin bulgular ışığında sadece AO uygulaması diğer tüm gruplarla karşılaştırıldığında en yüksek katalaz aktivitesini göstermiştir. Tuz stresinin CAT aktivitesinde kontrol grubuna göre önemli bir azalışa sebep olduğu anlaşılmıştır. Tuz stresine altındaki fidelerdeki AO ön uygulamasıyla CAT aktivitesinde TS uygulamasına göre istatistiki olarak önemli bir artış olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7). Yaşar ve arkadaşlarının (2020) bir çalışmasında tuz stresi altında bulunan biber bitkisine kalsiyum uygulamalarının enzimatik aktiviteler üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda tuz uygulaması yapılan bitkilerde kontrol grubuna göre CAT aktivitesinde önemli değişimler görülmüştür. Kontrol grubuyla kıyaslandığında tüm uygulamalarda CAT aktivitesi ciddi artış göstermiştir.

Sonuç itibari ile CAT enziminin en yüksek aktivitesi Ca^{+1} tuz uygulamasında saptanırken; en düşük aktivite değeri ise daha fazla kalsiyum uygulaması yapılmış olan Ca^{+5} tuz uygulamasında görülmüştür. Kalsiyum dozuna bağlı olarak CAT aktivitesinin ters orantılı olarak azaldığı sonucuna varılmıştır. Mevcut çalışma ile kısmen paralel olan bu çalışmada da olduğu gibi tuz stresi altında bitkilerde CAT aktivitesi düşmekte dışardan uygulanan AO maddesi ile CAT aktivitesi yükseltilmektedir.

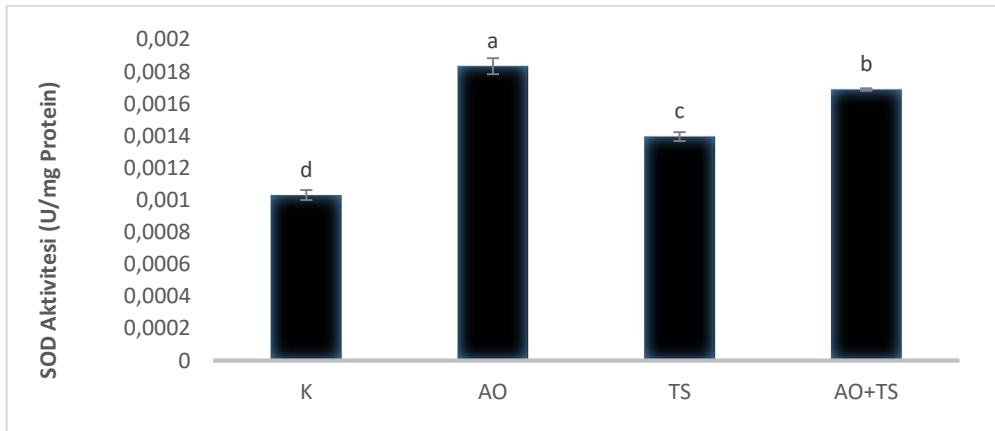


Şekil 4.7 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının CAT enzim aktiviteleri üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$).

4.1.6.3 Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi üzerine etkisi

Süperoksit dismutaz antioksidan savunma sistemi içinde primer bir enzimdir. (Sezginer ve Özyıldız, 2019). SOD enzimi organizmada süperoksiti temizleyerek hidroksil radikalının oluşma riskini azaltmakta ve oksidatif strese karşı merkezi bir rol üstlenmektedir (Mehlhorn ve ark., 1996). Sezer ve Esim'in (2021) yaptıkları bir çalışmada klor dioksitin buğday (*Triticum aestivum L.*) bitkisinin kökleri üzerinde fizyolojik ve biyokimyasal etkisi incelenmiştir. İnceleme sonucunda ClO_2 uygulamaları süperoksit dismutaz (SOD) enzimi aktivitesini arttırdığı görülmüştür. Mevcut çalışma bulgularına göre tuz stresi altındaki mısır fidelerinde SOD enzim aktivitesinin kontrol grubuna göre artmış olduğu gözlemlenmiştir. Tuz stresi altındaki fidelere AO uygulaması ile SOD aktivitesinin TS uygulamasına göre istatistiksel olarak daha da arttığı belirlenmiştir. En yüksek SOD aktivitesi ise yalnız AO uygulamasında görülmüştür (Şekil 4.8). Elkelish ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan bir çalışmada tuz stresi altındaki soya fasulyesine kalsiyum ön uygulaması yapılmıştır. Bu çalışmadaki kontrol grubu, kalsiyum ve TS uygulamaları ile mevcut çalışmadaki bulgular benzerdir. Ancak

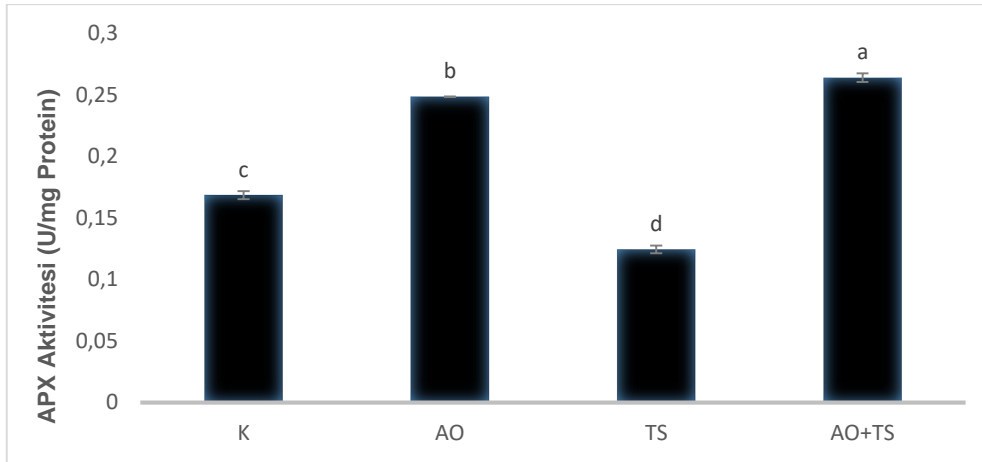
Ca+TS uygulamasında bu çalışmanın aksine SOD aktivitesinin artmış olduğu görülmüştür.



Şekil 4.8 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının SOD, enzimi aktivitesi üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$)

4.1.6.4 Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesine etkisi

Askorbat peroksidaz (APX) H_2O_2 'nin su ve monodehidroaskorbata dönüşümünü katalizlemekle görevli bir enzimdir (Koç ve Üstün, 2008). APX enzimi aktivitesi bulguları incelendiğinde tuz stresinin mısır yapraklarındaki APX aktivitesini önemli oranda düşürdüğü görülmüştür. Ancak tuz stresi altındaki fidelere AO uygulaması ile APX aktivitesinin TS uygulamasına göre istatistiki olarak önemli oranda arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.9). Tuz stresi altındaki fidelede AO ön uygulaması ile askorbik asit içeriğinde görülen artış ve H_2O_2 ile MDA içeriklerindeki azalış APX aktivitesindeki artış ve diğer antioksidan enzimlerin bulguları ile birlikte değerlendirildiğinde, AO'nun antioksidan sistemin enzimatik ve enzimatik olmayan bileşenleri üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu ifade edilebilir. Yaşar ve arkadaşlarının (2008) yapmış oldukları bir çalışmada tuz stresinin karpuz bitkisindeki antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkisi incelenmiştir. İnceleme sonucunda tuz uygulaması ile bazı çeşitlerde APX aktivitelerinin arttığı, bazı çeşitlerde ise APX enzim aktivitesinin kontrol bitkilerine göre bir azalış sağlamış olduğu kaydedilmiştir. Ancak tuza hassas çeşitlerdeyse APX enzim aktivitelerinin oldukça düşük çıkmış olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışma ile sonuçları kıyaslandığında sadece tuza duyarlı olan bitki çeşitlerinde görülen APX aktivitesindeki düşüş paralellik göstermektedir.



Şekil 4.9 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının APX enziminin aktivitesi üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$).

4.1.7. Fenolik bileşik içerikleri üzerine etkisi

Mevcut çalışmada fenolik bileşiklerden olan absisik asit (ABA), askorbik asit (AsA), salisilik asit (SA), gallik asit, trans-p-kumarik asit, mirisetin, 4-hidroksibenzoik asit, 3,4-dihidroksibenzoik asit, apigenin, kaempferol, kurkumin, kateşol, vanilik asit, kafeik asit, sinnamik asit, rozmarinik asit ve kuarsetin içerikleri HPLC ile belirlendi. Mevcut çalışmadaki tek başına AO uygulaması AsA içeriğinde kontrole göre önemli bir artışa neden olurken, en yüksek AsA içeriği AO+TS uygulamasında belirlendi. AO+TS uygulamasında da TS'ye kıyasla belirgin bir artış kaydedildi. Doğru ve Torlak'ın (2020) yapmış oldukları bir çalışmada tuz stresi altındaki mısır bitkisine askorbik asitin eksojen uygulanması sonucunda iyileştirici etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç da mevcut çalışmamızı destekler niteliktedir. AO ön uygulaması ile AsA içeriğinde bir artış meydana gelmiştir. Bu artış APX enzim aktivitesinin ve antioksidan sistemin devamının sağlanmasına önemli bir etki sağlamıştır. 4-Hidroksibenzoik asit içeriği diğer uygulamalar ile kıyaslandığında en yüksek AO+TS uygulamasında görülmüştür. Tek başına AO uygulaması 4-Hidroksibenzoik asit içeriğinin iki kattan daha fazla artışına neden olmuştur. TS uygulamasında 4-Hidroksibenzoik asit içeriğini kontrole kıyasla önemli oranda arttırmıştır. 3,4-Dihidroksibenzoik asit içeriği en yüksek AO+TS uygulamasında görülürken diğer uygulamalarda istatistiki olarak nispi bir azalış kaydedilmiştir. Kateşol miktarı kontrolde diğer tüm uygulamalardan daha yüksek tespit edildi, TS uygulamasında ise en az miktar belirlenmiştir. En yüksek sinnamik asit içeriği TS grubunda görülürken en düşük sinnamik asit içeriği ise tek başına AO uygulamasında görülmüştür. Ancak ABA, SA, trans-p-kumaric asit, mirisetin, kuarsetin, kurkumin,

vanilik asit, kafeik asit, apigenin, kaempferol, rosmarinik asit ve gallik asit içerikleri saptanamadı (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının fenolik bileşik içerikleri üzerine etkisi ($\mu\text{g/g}$). Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$). (T/E Tespit Edilemedi.)

Fenolik Maddeler	K	AO	TS	AO+TS
Absisik asit (ABA)	T/E	T/E	T/E	T/E
Askorbik asit (AsA)	2,96±0,56 d	3,48±0,08 c	4,43±0,10 b	6,49±0,32 a
Salisilik asit (SA)	T/E	T/E	T/E	T/E
Gallik asit	T/E	T/E	T/E	T/E
trans-p-kumarik asit	T/E	T/E	T/E	T/E
Mirisetin	T/E	T/E	T/E	T/E
4-Hidroksibenzoik asit	5,14±6,57 d	11,31±0,25 b	10,9±0,11 c	14,3±0,05 a
3,4-Dihidroksibenzoik asit	2,22±0,04 c	2,15±0,006 d	2,81±0,003 b	3,50±0,06 a
Apigenin	T/E	T/E	T/E	T/E
Kaempferol	T/E	T/E	T/E	T/E
Kurkumin	T/E	T/E	T/E	T/E
Kateşol	9,78±10,9 a	7,45±0,01 b	1,62±0,002 d	5,4±0,008 c
Vanillin	T/E	T/E	T/E	T/E
Kaffeik asit	T/E	T/E	T/E	T/E
Sinamik asit	8,19±0,04 c	7,84±0,004 d	10,9±0,001 a	9,62±0,08 b
Rosmarinik asit	T/E	T/E	T/E	T/E
Kuarsetin	T/E	T/E	T/E	T/E

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Mevcut çalışma ile tuz stresine maruz bırakılan mısır bitkisinde dışarıdan uygulanan aseton O-(4-klorofenilsülfonil)oksim (AO) maddesinin stres parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir.

İncelemeler sonucunda:

- 1) Tuz stresi bitkilerde su alımını zorlaştırdığından su kaybına sebep olur. Mısır fidelerindeki NSİ oranının tuz stresiyile düştüğü belirlendi. Ancak AO ön uygulaması ile tuz stresine maruz kalan fidelerde NSİ miktarı artmıştır. Bu durum AO maddesinin NSİ üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir.
- 2) Tuz stresinin bitkinin yapraklarındaki klorofil miktarını azalttığı saptanmıştır. AO ön uygulaması stres altındaki fidelerde klorofil miktarında önemli bir artışa neden olmuştur. Karatenoid içeriği açısından bakıldığında ise en yüksek miktarın tuz varlığında oluştuğunu, en düşük değerin ise AO ön uygulamasıyla AO+TS uygulamalarında görüldüğü belirlenmiştir.
- 3) AO ön uygulaması ile H₂O₂ miktarı fidelerde kısmen azalırken tuz stresi varlığında önemli oranda artmıştır. AO ön uygulaması ile tuz stresi altında bulunan mısır fidelerinde H₂O₂ miktarı kontrole göre önemli oranda azalmıştır.
- 4) Tuz stresine maruz kalan mısır fidelerinde MDA içeriği önemli oranda artarken, AO ön uygulamasının MDA içeriğinde kontrole göre önemli bir düşüşe neden olduğu görülmüştür.
- 5) AO ön uygulaması mısır fidelerinde prolin içeriğini arttırmıştır. Ancak tuz stresine giren fidelerde prolin miktarı aşırı derecede artmış olduğu gözlemlenmiştir. AO ön uygulaması ile bu artışın kısmen azaldığı görülmüştür.
- 6) Tuz stresi altındaki mısır fidelerinin antioksidan sistem enzimlerinin aktivitelerinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. SOD aktivitesinde kontrole göre önemli bir artış olduğu, AO+TS uygulamasında da TS'ye göre önemli bir artış olduğu görülmüştür. GPX aktivitesinde ise tek AO uygulamasının önemli bir artışa neden olduğu, TS uygulamasında ise GPX aktivitesinde kontrole göre önemli bir artış gösterdiği ancak AO'ya göre kısmi bir aktivite azalışı gösterdiği saptanmıştır. AO+TS uygulamasında TS'ye göre kısmi bir aktivite azalışına neden olduğu kaydedilmiştir. Stres altında mısır fidelerinde CAT enzim aktivitesi ciddi oranda düşerken, AO+TS uygulamasında TS uygulamasına göre enzim

aktivitesinde önemli bir artış kaydedilmiştir. En yüksek aktivite ise tek AO uygulamasında görülmüştür. APX aktivitesine bakıldığında ise tuz stresine maruz kalan mısır fidelerinde aktivitenin kontrole göre önemli oranda düştüğü ancak AO+TS uygulaması en yüksek enzim aktivitesi ile TS uygulamasına göre istatistiki olarak önemli bir artış sağladığı kaydedilmiştir.

- 7) Fenolik bileşik içeriğindeki değişimleri incelediğimizde ise; fenolik bileşiklerden olduğu değerlendirilen AsA miktarı tuz stresi altında bulunan fidelere AO uygulaması ile artarken; 4-hidroksibenzoik asit, 3,4 dihidroksibenzoik asit, kateşol ve sinamik asit içeriklerinde önemli dalgalanmalar olduğu görülmüştür. Ancak ABA, SA, trans-p-kumaric asit, mirisetin, kuarsetin, kurkumin, vanilik asit, kafeik asit, apigenin, kaempferol, rozmarinik asit ve gallik asit içerikleri saptanamamıştır.
- 8) Mevcut çalışma sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde; tuz stresi altında bulunan mısır fidelerine AO maddesinin ön uygulaması ile stresin olumsuz etkilerinin hafiflediği ve mısır fidelerinin stresin olumsuz etkilerinin üstesinden gelmesine yardımcı olan tolerans mekanizmalarının aktif şekilde çalışmasına yardımcı olduğu söylenebilir.

5.2. Öneriler

Nüfusun hızlı bir şekilde artması, ülkelerin politikaları, küresel ısınma, sanayileşme gibi sebeplerle tarım alanları azalmakta ve dolayısıyla besin kaynaklarının geleceği tehlike altına girmektedir. Artan nüfusa paralel olarak verimin artması gerekirken, tuzluluk vb. stres faktörlerinden dolayı verim azalmakta ve tarımın sürdürülebilirliği düşmektedir. Tarımın en önemli amacı insanoğlunun gelecekteki besin ve lif ihtiyacını karşılayabilmek olduğu düşünülürse; tarımda doğru sulama ve doğru tarım tekniklerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bilinçsiz sulama ve kötü tarımsal faaliyetler neticesinde toprak tuzlulaşmakta ve tarım alanlarında bozulmalar meydana gelmektedir. Tarım ürünlerinin öneminin gittikçe arttığı günümüz şartlarında tuzluluk, kuraklıktan sonraki ikinci bir tehdit olmanın yanı sıra, tarımsal üretimde büyük bir problem haline gelmiş bulunmaktadır. Tarımsal üretimde kuraklık, bilinçsiz sulama gibi sebeplerden tarım toprakları çoraklaşmakta ve tuzluluk problemi ortaya çıkmaktadır. Tuz; bitkilerin büyüme ve gelişmesini kısıtlamakta, verimi düşürmektedir. Tuzluluk hemen hemen tüm bitkilerde olumsuz etkiler yaratmakta verim ve kaliteyi düşürmektedir. Tuzlulaşmayı engellemek; tarım alanlarının iyi bir kontrolüyle takip edilerek sağlanabilir.

Ancak büyük alanlar için bu pekte mümkün görünmüyor. Bu sebeple tuzluluk problemi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Tuz stresinin bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerinin hafifletilerek verim kayıplarını en aza indirmek için dışardan etkili maddelerin uygulanması da bunlardan biridir.

Mısır bitkisi de tuza hassas olan bitkilerdendir. Mısır, içeriğindeki yüksek protein sebebiyle gerek insan beslenmesinde gerekse hayvan yemi olarak önemli kültür bitkileri arasına girmektedir. Mısır danesinin % 50'si nişastadır ve bu sebeple iyi bir enerji kaynağıdır. Mısırın yaprak ve sapları kağıt endüstrisinde kullanılmakta aynı şekilde hayvan silajı da yapılabilmektedir. Daneleride yağ, irmik, patlak mısır, süt mısır gibi çeşitlendirmelerle insan beslenmesinde kullanılmaktadır. Bitkiler genel olarak belli tuz konsantrasyonlarında yaşamlarını sürdürebilmek için strese karşı belli stres mekanizmaları geliştirmişlerdir. Ancak tuz miktarının bu tolerans sınırlarının üstünde olması durumunda bitki zarar görmekte ve bitkinin gelişimini sürdürebilmesi için dışarıdan bir müdahale gerekmektedir. Bunun için tarım yapılan alanlarda fazla suyun drene edilebilmesi için gerekli çalışmalar yapılmalı suyun yukarıdan aşağıya doğru hareketi sağlanmalıdır. Tuz stresine dayanıklı çeşitler geliştirilmeli, biyoteknolojik çalışmalarla tuza toleranslı genler öne çıkarılmalıdır. Mevcut çalışma ile AO ön uygulamasının tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde stresin olumsuz etkilerini hafifletebileceği görülmüştür. Çiftçilerimizin sulama suyunda AO maddesini çözdürerek tarım ürünlerini sulaması durumunda tarımsal ürünlerin tuz stresinin olumsuz etkileri sonucu ortaya çıkan verim ve kalite kayıplarının azaltılması önerilmektedir. Ayrıca kontrolü sağlanamayacak kadar geniş olan tuzlu tarım alanlarında ya da tuzluluğu önlemede geç kalınmış olan tarım topraklarında AO ön uygulamasının tarımsal üretim yapılamayacak durumda olan bu topraklar tarıma yeniden kazandırılabilir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Aziz, A.A.-M., El-Azab, A.S., Alsaif, N.A., Alanazi, M.M., El-Gendy, M.A., Obaidullah, A.J., Alkahtani, H.M., Almehizia, A.A., Al-Suwaidan, I.A., 2020, Synthesis, Anti-Inflammatory, Cytotoxic, And COX-1/2 İnhibitory Activities Of Cyclic İmides Bearing 3-Oxime, And B-Phenylalanine Scaffolds: A Molecular Docking Study, *Journal Of Enzyme İnhibition And Medicinal Chemistry*, 35 (1), 610-621.
- Acet, T., (2014), “Absisik Asitin Tuz Stresi Altındaki *Arabidopsis thaliana* Sos5 Mutantı Üzerindeki Fizyolojik, Biyokimyasal ve Moleküler Etkilerinin Araştırılması”, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 11.
- Acosta-Motos J. R., Ortuño, M. F., Bernal-Vicente A., Diaz-Vivancos P., Sanchez-Blanco M. J., Hernandez, J. A., 2017, Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7(1), 18, 38.
- Aebi, H., 1983, Catalase, *Methods of Enzymatic Analysis*, Germany, 273–286.
- Akan, S., Kılıç, H., 2021, Bazı hibrit mısır (*zea mays* l.) çeşitlerinin Muş ekolojik şartlarında performanslarının belirlenmesi, *MSU Fen Bilimleri. Dergisi*, 9:1 827-832.
- Akçay, B., Alkan, D., 2021, Yüksek Doz A, D, E ve K Vitamini Uygulamalarının Prematüre Komplikasyonları Üzerine Etkisi, *H.Ü. Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 134-147.
- Akçın, A., Yalçın, E., Akçın, Aytaş, T., 2017, *Spergularia marina* (L.) Griseb. (Caryophyllaceae)’ da tuzluluğun prolin ve klorofil pigmentleri üzerine etkisi, *Sinop Uni J Nat Sci*, 2 (1), 80 – 92.
- Akın, G., (2019), “Köpeklerde Yaşlanmanın Enzimatik Ve Nonenzimatik Antioksidan Sistem Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 48.
- Akkuş, İ., 1995, Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkileri, *Mimoza Yayınları*, Konya, 1.
- Akmeşe, V., Sertkaya, E., 2021, Doğu Akdeniz Bölgesi’ndeki mısır alanlarında *cicadellidae* (hemiptera) türlerinin belirlenmesi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (2), 497-505.
- Akram, M.S., Ashraf. M., 2011, Exogenous application of potassium dihydrogen phosphate can alleviate the adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal Of Plant Nutrition* 34, 1041-1057.
- Anonim, 2018, Konularına Göre İstatistikler, Bitkisel Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr> [Erişim Tarihi: 08.10.2020].
- Arnon, D.I., 1949, Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, *Plant Physiol.*, 24 (1), 1–15
- Apel, K., Hirt, H., 2004, Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction, *Annual Review Of Plant Biology*, 55, 373-399.
- Asada, K., 1987, Production and scavenging of active oxygen in photosynthesis, *Photoinhibition*, 227-287.
- Asada, K., 1999, The water–water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons, *Annual Review Of Plant Physiology And Plant Molecular Biology*, 50, 601-39.
- Ashraf, M., 1994, Breeding for salinity tolerance in plants, *Critical Reviews İn Plant Sciences*, 13 (1), 17-42.

- Asri, Öktüren, F., Sönmez, S., 2006, Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri, *Dergipark*, 36-45.
- Aşçı, Ö., Ö., Altun, M., Kaşko, Arıcı, Y., 2021, Tuz stresinin bürülcede bazı fizyolojik özellikler ve mineral madde oranlarına etkisi, *Uluslararası Tarım Ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 7(2), 297 – 305.
- Aşçı, Önal, Ö., Zambı, H., 2020, Farklı NaCl konsantrasyonları ile oluşturulan toprak tuzluluğunun bazı bezelye çeşit ve genotiplerinde bitki gelişimine etkisi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35, 274-284.
- Aydın, G., 2020, *Oryza sativa osmyb4* geni aktarılmış transgenik patatesten *osmyb4* gen ifadesinin tuzluluk toleransına etkisi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35, 115-125.
- Aydınşakir, K., Ulukapı, K., Kurum, R., Tetik, N., Arslan, Kulcan, A., 2015, Farklı tuz konsantrasyonlarının bazı kabak anaçlarının büyüme ve klorofil içerikleri üzerine etkisi, *Derim*, 32 (2), 187-200.
- Babalık, Z., Göktürk, Baydar, N., 2021, Asmalarda kuraklık ve tuz stresi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 21, 358-368.
- Banuls, J., Primo, Millo, E., 1992, Effects of chloride and sodium on gas exchange parameters and water relations of citrus plants, *Physiol. Plant*, 78, 238-246.
- Barrs, H.D., Weatherley, P.E., 1962, A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves, *Aust. J. Biol. Sci.*, 15, 413-428.
- Baskin, S.I., Salem, H., 1996, Oxidants, Antioxidants, And Free Radicals, *Taylor And Francis*, Washington, 26-35.
- Bayat, R., Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş., Üstün, A. S., 2014, Tuz stresi altındaki genç kabak (*Cucurbita pepo l.* ve *C. moschata poir.*) bitkilerine uygulanan prolinin, antioksidatif enzim aktiviteleri üzerine etkisi, *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1 (1), 25–33.
- Bayraktar, B., (2017), “Yerli Sığır Irklarında Serum B-Karoten Düzeyi Üzerine Mevsim, Yaş, Gebelik ve Laktasyonun Etkisi”, Doktora Tezi, *Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 1-25.
- Beauchamp, C., Fridovich, I., 1971, Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels, *Analytical Biochemistry*, 44 (1), 276-287.
- Belluci, S., Caen, J., 1985, Les thrombopathies constitutionnelles, *Med Science*, 1 (8), 404-411.
- Berkowitz, G.A., 1998, Water and salt stress, *Photosynthesis: a comprehensive treatise*, Cambridge University Press, Cambridge, 376.
- Bidwell, R.G.S., 1974, Plant Physiology Of Plant Under Stress, *Plant Physiology*, Freiburg, 563-576.
- Bilmez, Özçınar, A., 2021, Yağlı tohumlu bitkilerin tuzluluğa toleransı, *Kalkınma Odaklı Doğal Kaynak Temelli İnovasyon*, Iksad Publications, Ankara, 27-40.
- Bostan, S.Z., 2020, ‘Tombul’ fındığında e vitamini ve yağ asidi bileşenlerine sulamanın etkisi, *Uluslararası Tarım Ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 6 (2), 108 – 114.
- Botella, M.A., Rosado, A., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M., 2005, Plant adaptive responses to salinity stress, *Plant Abiotic Stress*, Blackwell Publishing, Arizona, 270.
- Boyer, J.S., 1982, Plant productivity and environment, *Science*, 218, 443-8.
- Bozca, Danbaloglu, F., (2020), “Ayçiçeği Bitkisinde (*Helianthus annuus L.*) Kombine Uygulanan Borik Asit ve Sıcaklık Stresinin Bazı Ekolojik Parametreler, Antioksidan Enzimler ve Gen İfadeleri Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, 27-41.

- Bozcuk, S., 1991, Bazı kültür bitkilerinde tuzluluğun çimlenme üzerine etkisi ve tuz tolerans sınırlarının saptanması, *Doğa-Biyoloji Dergisi*, 15, 144-151.
- Bozkuş, T., Temel, Y., Çiftçi M., 2017, Glutasyon redüktaz (GR) enziminin japon bildiricın (*Coturnix coturnix japonica*) eritrositlerinden saflaştırılması ve karakterizasyonu, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (3), 144-150.
- Bradford, M.M., 1976, A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Anal. Biochem.* 72, 248-254.
- Bulut, H., 2020, Mısır (*Zea mays L.*)’ da tuz stresine karşı humik asidin etkisi, *Manas Journal Of Agriculture Veterinary And Life Sciences*, 10 (1), 11-18.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., Aras, S., 2012, Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69 (2), 97-110.
- Cemeroğlu, B., Acar, J., 1986, Meyve sebze işleme teknolojisi, *Gıda Teknikleri Dergisi*, 6, 513.
- Chaudière, J., Ferrari, Iliou, R., 1999, Intracellular antioxidants: From chemical to biochemical mechanisms, *Food And Chemical Toxicology*, 37 (10), 949-962.
- Chauhan, A., Rajput, N., Kumar, D., Kumar, A., Chaudhry, A.K., 2016, Effect of different salt concentration on seed germination and seedling growth of different varieties of oat (*Avena sativa L.*). *Int. J. Inf. Res. Rev.*, 3 (7), 2627-2632.
- Chae, H.Z., Kang, S.W., Rhee, S.G., 1999, Isoforms of mammalian peroxiredoxin that reduce peroxides in presence of thioredoxin, *Methods Enzymol*, 300, 219-226.
- Creissen, G.P., Broadbent, P., Kular, B., Reynolds, H., Wellburn, A.R., Mullineaux, P.M., 2011, Manipulation of glutathione-reductase in transgenic plants—implications for plants responses to environmental-stress, *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B – Biological Science*, 102, 167-175.
- Czarnocka, W., Karpinski, S., 2018, Friend or foe reactive oxygen species production, scavenging and signaling in plant response to environmental stress, *Free Radical Biology And Medicine*, 122, 4-20.
- Çırak, C., Esendal, E., 2006, Soyada kuraklık stresi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (2), 231-237.
- Çığ, A., Gülser, F., 2019, Tuz stresinin sümbülde (*Hyacinthus orientalis* “Fondant”) çiçeklenme kriterlerine etkisi, *1. Uluslararası Süs Bitkileri Kongresi*, Bursa, 80-91.
- Çiftçi, G., Altınok, H.H., 2019, Patlıcan Tohumlarında bitki büyüme düzenleyici rizobakteri uygulamalarının kurşuni küf (*Botrytis cinereapers*) hastalığına etkileri, *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (3), 421-429.
- Çimen, Ç., Çiğdem, Ö., Demir, H., Savran, A., 2005, Rat eritrositlerinden elde edilen katalaz enziminin karakterizasyonu ve kinetiğinin incelenmesi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16 (1), 15-20.
- Çimen, B., Yeşiloğlu, T., Yılmaz, B., 2013, Farklı tuz konsantrasyonlarının bazı turunçgil anaçlarının fotosentetik performansları üzerine etkileri, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6 (2), 13-1.
- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2012, Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları, *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences*, 11, 11-34.
- Dalkılıç, Z., 2020, Vitamin C kaynağı olarak subtropik ve tropik iklim meyve türleri, *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2 (4), 19-29.
- Dajic, Z., 2006, Salt stress. physiology and molecular biology of stress tolerance in plants, *Springer Yayınları*, Netherlands, 6, 345.

- Daşgan, H. Y., Koç, S., 2009, Evaluation of salt tolerance in common bean genotypes by ion regulation and searching for screening parameters, *Journal Of Food, Agriculture & Environment*, 7 (2), 363-372.
- Dat, J., Vandenabeele, S., Vranova, E., Van Montago, M., Inze, D., Van Breusegem, F., 2000, Dual action of the active oxygen species during plant stress responses, *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 57, 779-795.
- Davis, D.G., Swanson, H.R., 2001, Activity of stress-related enzymes in the perennial weed leafy spurge (*Euphorbia esula L.*), *Environmental And Experimental Botany*, 46 (2), 95-108.
- De, Tullio, MC., Liso, R., Arrigoni, O., 2004, Askorbik asit oksidaz: rol arayışındaki bir enzim, *Biyoloji Plantarium*, 48, 161-166.
- Demirhan, İ., Güngör, M., Kurutaş, Belge, E., Özyurt, M., 2021, Kahramanmaraş'ta yaygın olarak tüketilen polifenol yönünden zengin çoban çökerten (*Tribulus terrestris*) ve çoban çantası (*capsella*) bitkilerin antioksidan gücünün karşılaştırılması, *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24 (6), 1154-1160.
- Dere, S., Doğan, M., 2020, Kurşun uygulamasının yerfistiği (*Arachis hypogaea l.*)'ndaki morfolojik ve fizyolojik etkileri, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 0, 7(3), 233-245.
- Dilay, Y., 2021, Mısır tarımında enerji bilançosunun belirlenmesi (*Zea mays L.*), *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27, 583-587.
- Dixon, R.A., Piva, N.L., 1995, Stress-induced phenylpropanoid metabolism, *Plant Cell*, 7, 1085-1097.
- Doğru, A., Torlak E., 2020, Tuz stresi altındaki mısır bitkilerinde eksojen askorbik asit uygulamasının etkileri, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30, 91-92.
- Doğru, A., Canavar, S., 2020, Bitkilerde tuz toleransının fizyolojik ve biyokimyasal bileşenleri, *Academic Platform Journal Of Engineering And Science*, 8 (1), 155-174.
- Doğru, A., Bildiren, Ş., 2021, Tuz stresi altındaki buğday genotiplerinde foliar bor uygulamalarının neden olduğu fizyolojik ve biyokimyasal değişimler, *Bor Dergisi*, 5 (2), 100 – 107.
- Dolferus, R., 2014, To grow or not to grow: a stressful decision for plant., *Plant Science*, 2229, 247-261.
- Elkelish, A.A., Alnusaire, T.S., Soliman, M.H., Gowayed, S., Senousy, H.H., Fahad, S., 2019, Calcium availability regulates antioxidant system, physio-biochemical activities and alleviates salinity stress mediated oxidative damage in soybean seedlings, *J. Appl. Bot. Food Qual*, 92, 258-266.
- Emirzeoğlu, C., Başak, H., 2020, Orta Anadolu biber genotiplerinin farklı tuz konsantrasyonlarına tolerans düzeylerinin belirlenmesi, *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 6 (2), 129 – 140.
- Erdemli, M., E., Altınöz, E., Aksungur, Z., Doğan, Z., Gözükara, Bağ, H., Türköz, Y., 2017, Gebe ratlara uygulanan akrilamid ve e vitaminin plasenta dokusu üzerine olası etkilerinin araştırılması, *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5 (4), 349-352.
- Erdinç, Z., Aydınbaş, G., 2021, Tarımsal katma değer belirleyicilerinin panel veri analizi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1), 213-232.
- Ertekin, E.N., Bilgen, M., 2021, Effects of some heavy metals on germination and early seedling growth of maize (*Zea mays L.*), *Biological Diversity And Conservation*, 14 (2), 198-207.

- Eryılmaz, F. (2007), "Bakir (Cu) Uygulanmış Mısır (*Zea Mays L.*) Fidelerindeki Antioksidan Aktivitelerin Fizyolojik Ve Anatomik Yönden İncelenmesi", Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 33-35.
- Epstein, J., Bodor, N.S., 1981, Novel pyridiniumaldoximes having micellar characteristics, *United States Patent*, Lawrence, 60-65.
- Eştürk, Ö., Ören, M.N., 2014, Türkiye’de tarım politikaları ve gıda güvencesi, *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (2), 193-200.
- Everard, J.D., Gucci, R., Kann, S.C., Flore, J.A., Loescher, W.H., 1994, Gas exchange and carbon partitioning in the leaves of celery (*Apium graveolensl.*) at various levels of root zone salinity, *Plant Physiol*, 106, 281-292.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A., 2009, Plant drought stress: Effects, mechanisms and management, *Sustainable Agrikulture*, 29, 185-212.
- Feng, X.H., Zhang, H.X., Ali, M., Gai, W.X., Cheng, G.X., Yu., Q.H., Yang, S.B., Li, X.X., Gong, Z.H., 2019, A small heat shock protein CaHsp25. 9 positively regulates heat, salt, and drought stress tolerance in pepper (*Capsicum annuum L.*), *Plant Physiology and Biochemistry*, 142, 151-162.
- Fidan, A.F., Dündar, Y., 2007, Hypocholestrolemic and antioxidant effects of yucca schidigera and its saponins and phenolic matters, *Lalahan Hayvan Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 47 (2), 31-39.
- Filiz, Y., Topal, N., 2021, Bazı Mısır (*Zea mays L.*) çeşitlerinde hümik asit ve solucan gübresinin bazı verim ve kalite unsurlarına etkileri, *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, (4), 1-11.
- Foyer, C.H., Halliwell, B. 1976, The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: a proposed role in ascorbic acid metabolism, *Planta*, 133 (1), 21-25.
- Gökkür, S., Doğan, S., 2018, Ülkemizde bulunan zararlı bitkiler, *Apelasyon Dergisi*, 53, 807.
- Güneş, A., Sönmez, O., 2019, Kükürt uygulamalarına bağlı olarak hıyar bitkisinin (*Cucumis sativus l.*) antioksidant enzim aktivitesindeki değişimler, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (2), 1186-1192.
- Güneş, A., İnal, A., Alpaslan, M., Aktaş, M., 1995, Effect of salinity stress on stomatal resistance, proline, chlorophyll and mineral composition of potato, In *Proceedings of the 9th International Symposium of CIEC on Soil Fertility and Fertilizer Management*, Turkey, 231-245.
- Güleşçi, N., Aygül, İ., 2016, Beslenmede yer alan antioksidan ve fenolik madde içerikli çerezler, *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5 (1), 109-129.
- Güven, A., Kıskaçam, S., 2020, Gastrit ve mide kanseri hastalarında kan malondialdehit (MDA) ve redükte glutatyon (GSH) düzeylerinin araştırılması, *Caucasian Journal Of Science*, 7 (1), 1-8.
- Halliwell, B., Gutteridge, J.M., 1990, Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview, *Methods In Enzymology*, 186, 1-85.
- Hamdia, M.A., Shaddad, M.A.K., 2010, Salt tolerance of crop plants, *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 6 (3), 64-90.
- Hazer, Y., Çölgeçen, H., Uyar, G., 2017, Briyofitlerden Elde Edilen Fenolik Bileşikler, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 333-340.
- Heath, R.L., Packer, L., 1968, Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation, *Arch. Biochem. Biophys*, 125, 189-198.
- Hernandez, J.A., Olmos, E., Corpas, F.J., Sevilla, F., Del Rio, L.A., 1995, Salt-Induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants, *Plant Science*, 105, 151- 167.

- Hilal, M., Zenoff, M., Ponessa, G., Moreno, H., Massa, E.M., 1997, Saline stress alters the temporal patterns of xylem differentiation and alternative oxidase expression in developing soybean roots, *Plant Physiology*, 117 (2), 695-701.
- Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005, Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants, *Journal Of Plant, Nutrient And Soil Science*, 168, 541-549.
- Hong, C.Y., Chao, Y.Y., Yang, M.Y., Cho, S.C., Kao, C.H., 2009, Na⁺ but not clor osmotic stress is involved in nacl induced expression of glutathione reductase in roots of rice seedlings, *Journal Of Plant Physiology*, 166, 1598-1606.
- Hossain, M.A., Asada, K., 1984, Purification of dehydroascorbate reductase from spinach and its characterization as a thiol enzyme, *Plant And Cell Physiology*, 25 (1), 85-92.
- Hulme, A.C., 1971, The biochemistry of fruits an their products a.r.c food research insitute , Norwich, 2, 261-271.
- Ighodaro, O.M., Akinloye, O.A., 2018, First line defence antioxidants-superoxide dismutase (sod), catalase (cat) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid, *Alexandria Journal Of Medicine*, 54, 287–293.
- Irigoyen, J.J., Einerich, D.W., Sánchez-Díaz, M., 1992, Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativd*) plants, *Physiologia plantarum*, 84 (1), 55-60.
- İşbilir, Selen, Ş., (2008), “Yaprakları Salata-Baharat Olarak Tüketilen Bazı Bitkilerin Antioksidan Aktivitelerinin İncelenmesi” Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trakya Üniversitesi, Edirne, 23-24.
- Ji, K., Wang, Y., Sun, W., Lou, Q., Mei, H., Shen, S., Chen, H., 2012, Drought-responsive mechanisms in rice genotypes with contrasting drought tolerance during reproductive stage, *Journal Of Plant Physiology*, 169 (4), 336-344.
- Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R., Storckmann, K., 2005, Climate change and global wine quality, *Climatic Change*, (73), 319- 343.
- Jung, S., 2004, Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of *Arabidopsis thaliana* subjected to drought, *Plant Science*, 166 (2), 459-466.
- Kadıoğlu, A., Terzi, R., 2007, A dehydration avoidance mechanism: leaf rolling, *The Botanical Review*, 73, 290–302.
- Kadıoğlu, A., 2011, Bitki Fizyolojisi, *Gündüz Ofset Matbaacılık*, Trabzon, 152-189.
- Karabulut, H., Gülay, M.Ş., 2016, Antioksidanlar, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, (1), 1.
- Kardeş, İ., 2020, “Aseton O-(4-Klorofenilsülfonil)Oksim Maddesinin Stres Altındaki Mısır Bitki Fideleri Üzerine Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, 1-28.
- Kardeş, Y., M., Karaer, M., Köse, Ö., D., Mut, Z., 2020, Artırılmış atıksu uygulamalarının üç farklı mısır (*Zea mays l.*) çeşidinin çimlenme ve fide gelişim özelliklerine etkisi, *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1): 113-120.
- Katsuhara, M., Kawasaki, T., 1996, Salt stress induced nuclear and dna degradation in meristematic cells of barley roots, *Plant Cell Physiology*, 37(2), 169-173.
- Kaya, A., İnan, M., 2017, Tuz (NaCl) stresine maruz kalan reyhan (*Ocimum basilicum L.*) bitkisinde bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine salisilik asidin etkileri, *Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21 (3), 332-342.
- Kaya, A., İnan, M., 2018, Kuraklık ve tuz streslerine maruz kalan tütün (*nicotiana tabacum l.*) bitkisinde bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine melatoninin etkileri, *Tarım ve Doğa Dergisi*, 21 (4), 559.

- Kayın, Barışık, G., (2020), “Nitrik Oksit Uygulamasının Biber Bitkisinde (*Capsicum annuum* L.) Kimi Stres Faktörleri Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 185.
- Keskin, A., Koluman, A., 2021, Hidrojen peroksit dekontaminasyon etkinliğinin belirlenmesine yönelik mikrofluidik katalaz biyosensörü: mikrobiyal optimizasyon, *Etlik Vet Mikrobiyol Derg*, 32 (2), 157-163.
- Khan, S.A., Mulvaney, R.L., Mulvaney, C.S., 1997, Accelerated diffusion methods for inorganic nitrogen analysis of soil extracts and water, *Soil Science Society Of Amerika Journal*, 61, 936-942.
- Khine, H.W., Teiber, J.F., Haley, R.W., Khera, A., Ayers, C.R., Rohatgi, A., 2017, Association of the serum myeloperoxidase/high-density lipoprotein particle ratio and incident cardiovascular events in a multi-ethnic population: observations from the Dallas heart study, *Atherosclerosis*, 263, 156-62.
- Kılınçoğlu, N., Cevheri, C., İ., Cevheri, A., Nahya, H., Y., 2020, the effect of exogenous proline application on cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.) under drought stress on some physiological parameters, *Commagane Journal Of Biology*, 4 (2), 126-133.
- Kısa, D., Öztürk, L., Yılmaz, N., 2011, Tuz stresinin börülcede (*Vigna unguiculata* L.) yağ asidi kompozisyonu, lipid peroksidasyonu ve hidrojen peroksit üzerine etkisi, 25. *Ulusal Kimya Kongresi*, Tokat, 63.
- Kireççi, O.A., 2018, Bitkilerde enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 473-483.
- Kirmit, A., Işık, M., 2020, Serum katalaz, miyeloperoksidaz ve paraoksonaz 1 üzerine bazı bitki ekstraktlarının in vitro etkisi, *Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 17 (1), 127-132.
- Koca, H., Bor, M., Özdemir, F., Türkan, I., 2007, The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars, *Environmental And Experimental Botany*, 60, 344- 351.
- Koca, Y.O., Alp, O., 2020, Aydın bölgesinde yetiştiriciliği yapılan bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin tane ve hasıl verimlerinin belirlenmesi, *Ziraat Mühendisliği*, 369, 30-45.
- Koç, E., Üstün, A.S., 2008, patojenlere karşı bitkilerde savunma ve antioksidanlar, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24 (2), 82-100.
- Korkmaz, A., 2021a, Copper-Catalyzed electrophilic amination of diarylcadmium reagents utilizing acetone o-(4-chlorophenylsulphonyl)oxime and acetone o-(naphthylsulphonyl)oxime as amination agent, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 2102-2111.
- Korkmaz, A., 2021, Copper-Catalyzed Electrophilic Amination of Diarylcadmium Reagents Utilizing Acetone O-(4-chlorophenylsulphonyl)oxime and Acetone O-(2-naphthylsulphonyl)oxime as Amination Agent, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11 (3), 2102-2111.
- Korkmaz, A., Duran, S., 2021, High yielding electrophilic amination with lower order and higher order organocuprates: Application of acetone O-(4-Chlorophenylsulfonyl)oxime in the construction of the C–N bond at room temperature, *Synthetic Communications*, 51 (14), 2077-2087.
- Kovacic, P., Pozos, R.S., Somanathan, R., 2005, mechanism of mitochondrial uncouplers, inhibitors, and toxins: Focus on electron transfer, free radicals, and structure-activity relationships, *Current Medicinal Chemistry*, 12 (22), 2601-2623.

- Koyro, H.W., 2002, Ultrastructural Effects Of Salinity In Higher Plants, Salinity: Environment-Plantsmolecules, Published By Kluwer Academic Publishers, *Salinity: Environment Plants Molecules, Netherlands*, 522.
- Köse, K., Doğan, P., Sofuoğlu, S., Baştürk, M., Gönül, A., S., 1997, Bipolar hastalarında, lityum tedavisinin lipid peroksidasyonu üzerine etkisi, *Erciyes Tıp Dergisi*, 19 (2), 85-89.
- Köseoğlu, S., Doğru, A., 2021, Tuz stresi altındaki hıyar bitkilerinde ekzojen askorbik asit uygulamalarının fotosistem aktivitesi üzerindeki etkileri, *KSÜ Tarım Ve Doğa Dergisi*, 24 (4), 757-765.
- Kuşvuran, Ş., (2010), “Kavunlarda Kuraklık Ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar”, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana*, 356.
- Kuşvuran, Ş., Yaşar, F., Abak, K., Ellialtıoğlu, Ş., 2008, Tuz stresi altında yetiştirilen tuza tolerant ve duyarlı *cucumis sp.*'nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler, *Tarım Bilimleri Dergisi* 18 (1), 13-20.
- Läuchli, A., Epstein, E., 1990, Plant responses to saline and sodic conditions. *Agricultural Salinity Assessment And Management*, 71, 113-137.
- Lloyd, R.V., Hanna, P.M., Mason, R.P., 1997, The origin of the hydroxyl radical oxygen in the fenton reaction, *Free Radical Biology And Medicine*, 22, 885-888.
- Levitt, J., 1980, Responses of plants to environmental stresses, *Acedemic Press*, London, 547-697.
- Lichtenhaler, H.K., 1996, Vegetation Stress: an introduction to the stress concept in plants, *Journal Of Plant Physiology*, 148, 4-14.
- Lüttge, U., 2002, CO₂-Concentrating: consequences in crassulacean acid metabolism, *Journal of Experimental Botany*, 53, 2131-2142.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005, Cold, salinity and drought stresses: an overview, *Archives Of Biochemistry And Biophysics*, 444 (2), 139–158.
- Marschner, H., 1995, Mineral nutrition of higher plants, *Academic Press*, 657-680.
- Mates, J.M., Perez, Gomez, C., Nunez De Castro I., 1999, Antioxidant enzymes and human diseases, *Clin. Biochem*, 32 (8), 595-603.
- Mehlhorn, H., Lelandais, M., Korth, H., Foyer, C., 1996, Ascorbate is the natural substrate for plant peroxidases, *FEBS letters*, 378 (3), 203-206.
- Miller, D.M., Buettner, G.R., Aust, S.D., 1990, Transition metals as catalysts of “autoxidation” reactions, *Free Radical Biology And Medicine*, 8 (1), 95-108.
- Miyake, C., Shinzaki, Y., Nishioka, M., Horiguchi, S., Tomizawa, K., 2006, Photoinactivation of ascorbate peroxidase in isolated tobacco chloroplasts: *galdieria partita* apx maintains the electron flux through the water-water cycle in transplastomic tobacco plants, *Plant Cell Physiology*, 47 (2), 200-210.
- Mohammad, M., Shibli, R., Ajlouni, M., Nimri, L., 1998, Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition, *Journal Of Plant Nutrition*, 21 (8), 1667- 1680.
- Muller, F.L., Liu, Y., Van Remmen, H., 2004, Complex III releases superoxide to both sides of the inner mitochondrial membrane, *J Biol Chem*. 279 (47), 49064-49073.
- Munns, R., 2002, Comparative physiology of salt and water stress, *Plant Cell And Environment*, 25, 239- 250.
- Munns, R. Ve Tester, M., 2008, Mechanisms of salinity tolerance, *Annual Review Of Plant Biology*, 59, 651- 681.
- Nakano, Y., Asada, K., 1981, Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts, *Plant Cell Physiol*, 22, 867-880.

- Negrao, S., Schmöckel, S. M., Tester, M., 2017, Evaluating physiological responses of plants to salinity stress, *Annals Of Botany*, 119 (1), 1-11.
- Nishiyama, Y., Ikeda, H., Haramaki, N., Yoshida, N., Imaizumi, T., 1998, Oxidative stress is related to exercise intolerance in patients with heart failure, *American Heart Journal*, 135 (1), 115-120.
- Niu, X., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M. Ve Pardo, J.M., 1995, Ion homeostasis in nacl stress environments, *Plant Physiology*, 109, 735-742.
- Nizamlioğlu, N.M., Nas, S., 2010, Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5, 20-35.
- Noctor, G., Foyer, C.H., 2005, Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 249-279.
- Orcutt, D.M., Nilsen, E.T., 1996, The physiology of plants under stres. soil and biotic factors, *John Wiley&Sons, Inc*, 177-237.
- Öner, F., Özkorkmaz, F., 2018, The effect of gibberellic acid applications on some germination parameters in oats under salt stress, *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1 (1), 33-35.
- Özgen, A., Erkoç, N., Taştan, Ö., F., Pehlevan, F., 2021, Ultrasonik destekli ekstraksiyon (uae) yöntemi ile hazırlanan kuşburnu meyvesi kabuk ve çekirdek kısımlarının antioksidan aktivitesinin belirlenmesi, *IGUSABDER*, 14, 201-212.
- Özmen, S. (2020), “Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Arpada Dışsal Poliamin Ön Uygulamasının Fizyolojik ve Moleküler Etkileri”, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 10- 40.
- Paracha, U.Z., Fatima, K., Alqahtani, M., 2013, Oxidative stress and hepatitis C virüs, *Virology Journal*, 10, 251.
- Parida, A.K., Das, A.B., 2005, Salt tolerance and salinity effects on plants: a review, ecotoxicology and environmental safety, *CRC Press*, 60, 324-349.
- Pessaraki, M., Szabolcs, I., 1999, Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors, *Handbook Of Plant Crop Stress*, 19, 1198.
- Pinheiro, H.A., Damatta, F.M., Chaves, A.R., Fontes, E.P., Loureiro, M.E., 2004, Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of coffea canephora subjected to long-term drought, *Plant Science*, 167 (6), 1307-1314.
- Rams, D.W., 1991, Salinity and alkalinity as issue in world agriculture. in: CHOUKRALLAH R (Eds.) plant salinity research. *New Challenges*, 19- 31.
- Rastgeldi, Z. H. A., (2010), “Biberde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Bazı Fizyolojik Parametreler İle Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi” Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa. 4-71.
- Ratković, A., Pavlović, K., Barić, D., Marinić, Ž., Grgičević, I., Škorić, I., 2020, Modeling and synthesis of novel oxime derivatives as potential cholinesterase inhibitors, *Journal Of Molecular Structure*, 1179, 597–607.
- Reddy, M.P., Iyengar, E.R.R., 1999, Crop responses to salt stress: seawater application and prospects, *Handbook Of Plant Crop Stress*, New York, 1198.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K., Jutur, P., Sumithra, K., 2004, Differential Antioxidative Responses To Water Stress Among Five Mulberry (*Morus Alba L.*) Cultivars, *Environmental And Experimental Botany*, 52 (1), 33-42.
- Rengel, Z., 1992, The role calcium in salt toxicity, plant cell and environment, *Park S. Nobel*, 15, 625-632.
- Rice, Evans, C., Miller, N., Paganga, G., 1997, Antioxidant properties of phenolic compounds, *Trends In Plant Science*, 2 (4), 152-159.

- Sağol, S., Özkınay, E., 2000, Preeklampsi etyopatogenezinde lipid peroksidasyonu lipid peroxidation in the etiopathogenesis of preeclampsia, *T Klin J Gynecol Obst*, 10, 7-15.
- Sairam, R.K., Deshmukh, P.S., Saxena, D.C., 1998, Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress, *Biologia Plantarum*, 41 (3), 387–394.
- Sairam, R.K., Tyagi, A., 2004, Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants, *Current Science*, 86 (3), 407-421.
- Saleem, A., Ashraf, M., Akram, N.A., 2011, Salt (NaCl)-induced modulation in some key physio-biochemical attributes in okra (*Abelmoschus esculentus l.*), *Journal Of Agronomy And Crop Science*, 197: 202-213.
- Salisbury, F.B., ve Ross, C.W., 1992, Bitki Fizyolojisi, *Wadsworth Pub. Com., Inc., Belmont, California*, 139-682
- .Sarioğlu, A., Kaya, C., 2021, Tuz stresi ve bor toksisitesi koşulları altında yetişen soya bitkisine yapılan bakteri ve melatonin uygulamasının toprak mikrobiyal aktivitesine etkisi, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25 (3), 336-348.
- Saqib, M.R., Ashraf, M., Shahzad. S.M., Imtiaz, M., 2011, Silicon nutrition for mitigation of salt toxicity in sunflower (*Helianthus annuus L.*), *International Journal Of Agricultural Applied Science*, 3 (1), 38-43.
- Schnable, P.S., Ware, D., Fulton, R.S., Stein, J.C., Wei, F., Pasternak, S., Liang, C., Zhang, J., Fulton, L., Graves, T.A., 2009, The B73 maize genome: complexity, diversity and dynamics, *Science*, 326 (5956), 1112-1115.
- Schroeter, H., Boyd, C., Spencer, J.P., Williams, R.J., Cadenas, E., Rice-Evans, C., 2002, MAPK signaling in neurodegeneration: influences of flavonoids and of nitric oxide, *Neurobiology Of Aging*, 23 (5), 861-880.
- Sezer, Z., Esim, N., 2021, Klor dioksitin buğday (*Triticum aestivum l.*) köklerindeki fizyolojik ve biyokimyasal süreçler üzerine etkisi, *International Journal of Nature and Life Sciences (IJNLS)*, 5 (1), 52-60.
- Sezginer, M.M., Özyıldız, Z., 2019, Sığır tüberkülozunda malondialdehit ve superoksit dismutaz'ın immunohistokimyasal olarak değerlendirilmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 4 (2), 69-75.
- Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., Zhao, C.X., 2008, Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants, *CR Biol*, 331, 215- 225.
- Sheokand, S., Bhankar, V., Sawhney, V., 2010, Ameliorative effect of exogenous nitric oxide on oxidative metabolism in NaCl treated chickpea plants, *Brazilian Society Of Plant Physiology*, 22 (2), 81-90.
- Shi, H., Lee, B.H., Wu, S.J. ve Zhu, J.K., 2003, Overexpression of a plasma membrane na⁺/h⁺ antiporter gene improves salt tolerance in *Arabidopsis thaliana*, *Nature Biotechnology*, 21, 81–85.
- Sgherri, C., Milone, M.T.A., Clijsters, H., Navari-Izzo, F., 2001, Antioxidative enzymes in two wheat cultivars, differently sensitive to drought and subjected to subsymptomatic copper doses, *Journal Of Plant Physiology*, 158 (11), 1439-1447.
- Söğütlü, İ., Yaşar, S., Mert, H., Mert N., 2020, karotenoidler ve takviye edici gıdalarda kullanımı, sağlık bilimleri alanında akademik çalışmalar, *Gece Yayınevi*, Ankara, 409-432.
- Srivalli, B., Sharma, G., Khanna, Chopra, R., 2003, Antioxidative defense system in an upland rice cultivar subjected to increasing intensity of water stress followed by recovery, *Physiologia Plantarum*, 119 (4), 503-512.
- Taban, S., Günes, A., Alparslan, M., Özcan, H., 1999, Değişik mısır çeşitlerinin tuz stresine duyarlılıkları, *Tr. J. Of Agric And Forestry*, 23 (3), 625-633.

- Taflıoğlu, A., Aliyev, R. T., (2002), ‘‘Tuzluluk ve Kuraklık Stres Faktörlerinin Arpa Genomunda Meydana Getirdiği Değişmeler ve Bu Değişmelere Fitohormonların Etkisi’’, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erciyes Üniversitesi Kayseri, 15-28.
- Tapan S., 2016. Quantitative HPLC analysis of phenolic acids, flavonoids and ascorbic acid in four different solvent extracts of two wild edible leaves, *Sonchus Arvensis* and *Oenanthe Linearis* of north-eastern region in India. *J Appl Pharm Sci.*, 6, 157-166.
- Tavakkoli, E., Rengasamy, P., McDonald, G.K., 2010, Arpanın tuzluluk stresine tepkisi hidrofonik ve toprak sistemleri arasında farklılık gösterir, *Fonksiyonel Bitki Biyolojisi*, 37 (7), 621-633.
- Tetiktabanlar, İ., Öztürk, L., Kısa, D., Genç, N., 2020, Tuz stresinin bezelye (*Pisum sativum l.*) çeşitlerinde fenolik bileşikler üzerine etkisi, *Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research*. 9 (1), 85-94.
- Thomé, O.W. 1885, Flora von Deutschland, Friederich von Zezschwitz, Gera, Germany. 307-386.
- Tiryaki, İ., 2018, Bazı tarla bitkilerinin tuz stresine gösterdikleri adaptasyon mekanizmaları, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım Ve Doğa Dergisi*, 21 (5), 800-808.
- TMO, Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü 2019 Yılı Hububat Sektör Raporu. <https://www.tmo.gov.tr/upload/document/sectorraporlari/hububat2019.pdf>. (Erişim Tarihi 23 Şubat.2021].
- Topaloğlu, K., (2010), Tuz Stresinin Chili Biberlerinin Pigment Ve Kapsaisinoid Değişimi İle Peroksidaz Aktivitesiarasındaki İlişki, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çukurova Üniversitesi, Adana, 18-31.
- Torğut, G., Akbulut-Beker, G., 2020, Kopolimerlerin tuz stresi altındaki mısır bitkilerine etkisinin biyokimyasal olarak incelenmesi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (1), 448-455.
- Torlak, E., (2019), Tuz stresi altındaki mısır (*Zea mays l.*) bitkisinde askorbik asit uygulamalarının fizyolojik ve biyokimyasal etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 4-81.
- Torun, A.A., Gülmezođlu, N., Tolay, İ., Duymuş, E., Aytaç, Z., Cenkseven, Ş., Torun, B., 2019, Çinko ve NaCl uygulamalarının makarnalık buğdayın (*Triticum durum desf.*) kuru madde verimi ve besin elementi konsantrasyonları üzerine etkisi, *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8 (1): 1-10.
- Turgay, E., B., Büyük. O., Tunalı, B., Akçalı, E., Baran, B., Enginsu, S., 2017, Türkiye’de önemli mısır (*Zea mays L.*) alanlarında kuzey [*Exserohilum turcicum (Pass.) K.J. Leonard & Suggs*] ve güney [*Bipolaris Maydis (Y.Nisk. & C. Miyake) Shoemaker*] mısır yaprak yanıklığı hastalıklarının yaygınlığı, *Bitki Koruma Bülteni*, 57 (3), 357– 372.
- Tuteja, N., 2007, Mechanisms of high salinity tolerance in plants, *Methods In Enzymology*, 428, 419-438.
- Türkhan, A., Kaya, E.D., Serdar, S., Tohumcu, F., Özden, E., 2021, Farklı tuzluluk sınıfındaki topraklarda yetiştirilen domates tohumlarında bazı antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(özel sayı), 3406-3415.
- Urbanek, H., Kuzniak-Gebarowska E., Herka, K., 1991, Elicitation of defence responses in bean leaves by botrytis cinerea polygalacturonase, *Acta Physiologiae Plantarum*, 13 (1), 43-50.

- URL, http://Biyoloji.Ataturkfenlisesi.Com/Ders_Notlari/Bitkilerde-Stres.Html. 10 Nisan 2011. [Erişim Tarihi 18 Eylül 2021].
- Wei, Z., Julkowska, M. M., Laloe, J. O., Hartman, Y., De Boer, G. J., Michelmore, R. W., Tienderen, P.H., Testerink, C., Schranz, M. E., 2014, A mixed-model qtl analysis for salt tolerance in seedlings of crop-wild hybrids of lettuce, *Mol. Breeding*, 34, 1389-1400.
- Valko M, Leibfritz D, Moncola J, 2007, Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease, *Int J Biochem Cell Biology*, 39, 44-84.
- Velikova, V., Tsonev, T., Yordanov, I., 2000, Light and CO₂ responses of photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics in bean plants after simulated acid rain, *Physiol. Plant.*, 107, 77-83.
- Yalçınkaya, M., (2021), "Endoplazmik Retikulum Stresine Maruz Bırakılan *Arabidopsis thaliana*'da Dışarıdan Uygulanan Kurkuminin Antioksidan Enzim/İzozim Profillemesi Üzerine Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, 28-41.
- Yarsi, G., Sivaci, A., Daşgan, H. Y., Altuntas, O., Binzet, R., Akhoundnejad, Y., 2017, Effects of salinity stress on chlorophyll and carotenoid contents and stomata size of grafted and ungrafted galia c8 melon cultivar, *Pak. J. Bot*, 49(2), 421-426.
- Yassin, A.A., 2005, Effect of salinity on citrus, *I Journal Of Central European Agriculture*, 7, 1-4.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Özpay, T., Üzal, Ö., 2008, Tuz stresinin karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) antioksidatif enzim (SOD, CAT, APX ve GR) aktivitesi üzerine etkisi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18(1): 61-65.
- Yaşar, F., Yıldırım, Ö., Üzal, Ö., 2020, Tuz stresi altındaki biber uygulamalarının antioksidatif enzim aktivitelere etkisinin araştırılması, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 4 (2), 346-357.
- Yakıt, S., Tuna, A.L., 2006, Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays l.*) stres parametreleri üzerine Ca, Mg Ve K'nın etkileri, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1), 59-67.
- Yavaş, İ., Çınar, V.M., Ünay, A., 2020, Bitkilerde abiyotik stres koşullarında selenyum metabolizması ve fizyolojik etkileri, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 840-849.
- Yavuzlar, E.E., Karadal, S., Adak, N., 2021, In vitro koşullarda farklı glisin konsantrasyonlarının çileklerde tuzluluk stresi üzerine etkileri, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, (36), 168-166.
- Yetişir, H., Uygur, V., 2009, Plant growth and mineral element content of different gourd species and watermelon under salinity stress, *Turkish Journal Of Agriculture And Forestry*, 33, 65-77.
- Yetişsin, F. (2015), "Bakır Stresine Maruz Bırakılan Hassas ve Dayanıklı Mısır Çeşitlerinde Glutasyon, Hidrojen Peroksit Ve Salisilik Asit Uygulamalarının Fotosentetik Verim Üzerine Etkilerinin Araştırılması", Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 1-10.
- Yetişsin, F., Kardeş, İ., 2021, Aseton O-(4-klorofenilsülfonil)oksim mısır fidelerinde bakır şelatlayıcı ve antioksidan bir molekül olabilir mi?, *Uluslararası Fitoremediasyon Dergisi*, 1-9.
- Yılmaz, N., Akman O., Öner, F., 2020, ' Bazı silajlık mısır çeşitlerinde (*Zea mays* L.) bitkisel özelliklerinin belirlenmesi, *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(1): 103-110.
- Yokoi, S., Bressan, R.A. ve Hasegawa, P.M., 2002, Salt stress tolerance of plants, *JIRCAS Working Report*, 25-33.

- Zhang, J.L.G., Li, X.D., Qi, S.H., Liu, G.Q., Peng, X.Z., 2006, Source seasonality of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in subtropical city, *Science of the Total Environment*, China, 355, 145–155
- Zhu, J.K., 2001, Plant salt tolerance, *Trends In Plant Science*, 6 (2), 66-71.

