



**T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ YER FISTIĞI
(*Arachis hypogaea* L.) BİTKİSİNDE SALİSİLİK ASİTİN ETKİLERİ**

Ayşe Gül DEMİR

**Ocak -2025
BATMAN**

T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ YER FISTIĞI
(*Arachis hypogaea* L.) BİTKİSİNDE SALİSİLİK ASİTİN ETKİLERİ

Ayşe Gül DEMİR

Danışman
Dr.Öğr.Üyesi Pınar KARAKUŞ ORCAN

Diğer Jüri Yeleri

Prof.Dr. Süreyya NAMLI Prof.Dr. Filiz AKBAŞ

Dr.Öğr.Üyesi Pınar KARAKUŞ ORCAN

Ocak -2025
BATMAN

TEZ KABUL VE ONAYI

Ayşe Gül DEMİR tarafından hazırlanan “Kuraklık Stresi Altındaki Yer Fıstığı (*Arachis Hypogaea* L.) Bitkisinde Salisilik Asitin Etkileri.” adlı tez çalışması 03/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim dalından YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof.Dr.Süreyya NAMLI

.....

Üye

Prof.Dr. Filiz AKBAŞ

.....

Üye

Dr.Öğr.Üyesi Pınar KARAKUŞ ORCAN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Dr.Öğr. Üyesi Murat ÖTER
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabullendiğimi bildiririm.

ETHICAL DECLARATION

I declare that all the information in this thesis has been obtained within the framework of ethical behavior and academic rules, and that the source of any statements and information that do not belong to me in this study prepared in accordance with the thesis writing rules has been fully cited, and I declare that I accept all kinds of legal responsibility in case of any contrary situation.

Ayşe Gül DEMİR
03/01/2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ YER FISTIĞI (*Arachis hypogaea* L.) BİTKİSİNDE SALİSİLİK ASİTİN ETKİLERİ

Ayşe Gül DEMİR

Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Biyoloji Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Pınar KARAKUŞ ORCAN

2025, 83 Sayfa

Bu tez çalışmasında Halisbey yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitkisi polietilen glikol (PEG-6000) kaynaklı kuraklık stres faktörüne maruz bırakılmıştır. Kuraklık stresinin yarattığı hasarın derecesini belirlemek ve bu hasarın hafifletilip hafifletilmediğinin değerlendirilmesi amacıyla bitkilerde salisilik asidin (SA) farklı konsantrasyonlarının (1 mM ve 10 mM) etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla kontrol ve tüm uygulama bitkilerinde fotosentetik pigment içerikleri (klorofil-a, klorofil-b, toplam karotenoid), prolin içeriği, MDA içeriği, toplam fenolik ile toplam flavonoid madde içerikleri ve yağ asidi içerikleri değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda bitki tohumları önceden hazırlanmış saksılara (torf:toprak:perlit) ekilmiş, kontrollü koşulların sağlandığı bitki büyüme odasında gelişmeye bırakılmıştır. 5 hafta boyunca ¼ Hoagland besin çözeltisiyle sulanan bitkilere, bu sürenin sonunda kontrol grubu hariç (0 mM PEG) farklı oranlardaki (%3 ve %9) PEG ile PEG+SA uygulamaları 2 hafta boyunca yapılmıştır. Toplam 5 haftalık gelişim periyodundan sonra bitkilere 2 hafta boyunca PEG ile birlikte SA uygulamaları yapılmış ve 14. günü takiben bitkiler hasat edilmiştir. Kuraklık (PEG) stresinin Halisbey yer fıstığı bitkilerinde fotosentetik pigment içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimlerin belirlenmesi amacıyla klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoid içeriği üzerindeki etkiler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Klorofil-a içeriği için sonuçlar incelendiğinde; PEG uygulamaları ile kontrole göre meydana gelen azalmalar SA eklenmesi sonucu artış göstermiştir. Bu uygulamalarda meydana gelen en yüksek artış 1,442 µg/g TA ve takiben 1,408 µg/g TA ile sırasıyla %3 PEG+10 mM SA ve %9 PEG+10 mM SA gruplarındaki bitkilerden elde edilmiştir. Hem %3 PEG hem de %9 PEG uygulamalarına eklenen SA, klorofil-b içeriğinde de artışa yol açmıştır. 10 mM SA eklenmesi ile klorofil-b içeriğinde meydana gelen artışlar 1 mM SA eklenen deney gruplarına göre daha fazla olmuştur. Aynı şekilde %3 ve %9 PEG stresine maruz bırakılan bitkilerde toplam karotenoid miktarları kontrole göre azalma göstermiş, SA'nın ayrı ayrı uygulanması içerikte artışa neden olmuştur. Membranlarda meydana gelen hasarın etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla yer fıstığı bitkilerinde MDA içeriklerinde meydana gelen değişimler incelenmiş, %3 PEG uygulamasında MDA içeriği kontrol grubuna kıyasla yaklaşık 2 kat, %9 PEG'de ise yaklaşık 3 kat artmıştır. Ortama eklenen SA'lar MDA içeriklerinde yaklaşık yarı yarıya azalmalara yol açmıştır. %3 PEG uygulamasında 5,548 µmol/g TA olan MDA içeriği SA uygulaması ile 2,939 µmol/g TA (%3 PEG + 10 mM SA)'ya ve %9 PEG uygulamasında 6,339 µmol/g TA olan değer %9 PEG + 10 mM SA eklenen grupta 3,070 µmol/g TA'ya kadar düşmüştür. Tüm uygulama grupları toplam fenolik/flavonoid madde içerikleri bakımından değerlendirildiğinde SA'lar içerisinde yüksek oranlar 10 mM SA eklenmesi sonucu elde edilen

ekstrelerden sağlanmıştır. Toplam fenolik madde içeriği için en yüksek değer 87,429 µg GAEs/mg ekstre ile %3 PEG + 10 mM SA uygulamasından elde edilmiş bunu 67,480 µg GAEs/mg ile %9 PEG + 10 mM SA takip etmiştir. %3 PEG + 10 mM SA uygulaması, %9 PEG + 10 mM SA uygulamasına kıyasla daha yüksek toplam fenolik madde içeriği sağlamıştır. %3 PEG, bitkinin stresle başa çıkma kapasitesini daha verimli bir şekilde artırarak, fenolik bileşiklerin daha fazla sentezlenmesine neden olmuş olabilir. Bu da %3 PEG'in bitki üzerindeki etkisinin daha optimal olduğunu göstermektedir. Toplam flavonoid madde içeriği için en yüksek değer 47,279 µg QEs/mg ekstre ile %3 PEG uygulama grubundan elde edilmiştir. Bunu 27,018 µg QEs/mg ile %9 PEG + 10 mM SA uygulaması takip etmiştir. %3 PEG'nin en yüksek flavonoid içeriğini sağlamanın nedeni, bitkilerdeki stres yanıtlarının en verimli şekilde tetiklendiği ve flavonoid üretiminin en fazla bu seviyede uyarıldığı bir ortam yaratması olabilir. %9 PEG biraz daha sınırlı bir artış sağlamıştır. Bu, PEG'in osmotik stres yaratma kapasitesinin önemli olduğunu, ancak belirli bir seviyeden sonra fazla stresin bitkiyi olumsuz yönde etkileyeceğini göstermektedir. Sonuç olarak, PEG'nin flavonoid üretimi üzerinde güçlü bir artırıcı etkisi olduğu, ancak bu etkinin PEG konsantrasyonunun artmasıyla sınırlanabileceği ve SA'nın bu süreci destekleyebileceği ancak tek başına PEG kadar etkili olmadığı söylenebilir. Prolin içeriği bakımından en yüksek değere kontrole göre 4 kat ve %9 PEG uygulamasına göre 3 kat artış ile %9 PEG + 10 mM SA (12,779 mmol/g TA) uygulaması sahip olmuştur. Bu tez çalışmasında ayrıca yer fıstığı bitkilerinden hazırlanmış olan hekzan ekstraktları kullanılarak yağ asidi analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde kontrol grubuna kıyasla artış oranı gösteren yağ asitleri %3 PEG uygulamasında Palmitik asit, Linoleik asit metil ester, Fitol ve Heptakosan olurken, % 9 PEG'de Heptadekan, Palmitik asit, Linoleik asit metil ester, Fitol, Heptakosan ve Skualen yağ asitleri olmuştur. Tüm uygulama gruplarında majör yağ asitleri sırasıyla Palmitik asit, Oleik asit metil ester, Linoleik asit metil ester olarak, minör yağ asitleri ise sırasıyla Heptakosan ve Skualen olmuştur. Bu çalışma bulguları, SA uygulamalarının, özellikle de 10 mM SA konsantrasyonunun, kuraklık stres faktörü altındaki Halisbey yer fıstığı bitkilerinde kuraklığın yarattığı olumsuz etkileri azaltma potansiyeline sahip olabildiği sonucunun çıkarılmasını sağlamıştır. Ancak, SA'nın yarattığı bu etkilerin stres türüne, stresin oranına, koşullarına, uygulama şekline ve bitki türüne bağlı olarak değişiklik gösterebileceği unutulmamalıdır. Bu alanda yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olması, bu araştırmanın özgünlüğünü ve literatüre katkısını daha da değerli kılmaktadır. Bu nedenle, SA gibi fitohormonların stres yönetimi stratejilerindeki etkilerinin kesin bir şekilde anlaşılabilmesi için çok daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasından alınan veriler ve gelecekte yapılacak olası araştırmalar, SA ve benzeri fitohormonların strese karşı etkinliğini daha iyi anlamamıza ve bitkilerin çeşitli çevresel stresler (kuraklık, tuzluluk, vb.) altındaki dayanıklılık ve uyum stratejilerini çözmemize destek olabilir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık stresi, PEG, *Arachis hypogaea* L., salisilik asit.

ABSTRACT

MASTER

EFFECTS OF SALICYLIC ACID ON PEANUT (*Arachis hypogaea* L.) PLANT UNDER DROUGHT STRESS

Ayşe Gül DEMİR

Batman University Graduate Education Institute

Biology Department of Science

Advisor: Asst. Prof. Dr. Pınar KARAKUŞ ORCAN

2025, 83 Pages

In this thesis study, Halisbey peanut (*Arachis hypogaea* L.) plants were subjected to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG-6000). The study aimed to determine the degree of damage caused by drought stress and to evaluate whether this damage could be mitigated by salicylic acid (SA) at different concentrations (1 mM and 10 mM). For this purpose, the photosynthetic pigment contents (chlorophyll-a, chlorophyll-b, total carotenoid), proline content, MDA content, total phenolic and total flavonoid contents, and fatty acid contents in control and all treatment plants were evaluated. Accordingly, plant seeds were sown in pre-prepared pots (peat:soil:perlite) and allowed to grow in a plant growth chamber with controlled conditions. The plants were irrigated with 1/4 Hoagland nutrient solution for 5 weeks, and after this period, different ratios of PEG (%3 and %9) and PEG+SA applications were applied for 2 weeks, except for the control group (0 mM PEG). After a total growth period of 5 weeks, PEG and SA applications were applied to the plants for 2 weeks, and the plants were harvested after 14 days. To determine the changes in photosynthetic pigment contents caused by drought (PEG) stress in Halisbey peanut plants, the effects on chlorophyll-a, chlorophyll-b, and total carotenoid contents were evaluated comparatively. The results for chlorophyll-a content showed that decreases observed with PEG applications were reversed by the addition of SA. The highest increases in these applications were obtained from plants in the %3 PEG+10 mM SA and %9 PEG+10 mM SA groups, with 1.442 $\mu\text{g/g}$ FW and 1.408 $\mu\text{g/g}$ FW, respectively. Both %3 PEG and %9 PEG applications combined with SA also led to an increase in chlorophyll-b content. The increases in chlorophyll-b content with 10 mM SA addition were higher compared to the groups with 1 mM SA. Similarly, the total carotenoid amounts in plants subjected to %3 and %9 PEG stress decreased compared to the control, while the separate application of SA caused an increase in content. To evaluate the effects of damage on membranes, changes in MDA contents in peanut plants were examined, and the MDA content in the %3 PEG application increased approximately 2 times compared to the control group, while it increased approximately 3 times in the %9 PEG application. The addition of SA to the environment resulted in approximately a 50% reduction in MDA contents. The MDA content, which was 5.548 $\mu\text{mol/g}$ FW in the %3 PEG application, decreased to 2.939 $\mu\text{mol/g}$ FW (%3 PEG + 10 mM SA) and from 6.339 $\mu\text{mol/g}$ FW in the %9 PEG application to 3.070 $\mu\text{mol/g}$ FW in the %9 PEG + 10 mM SA group. When all treatment groups were evaluated in terms of total phenolic/flavonoid contents, higher ratios were obtained from extracts with 10 mM SA addition. The highest value for total phenolic content was obtained from the %3 PEG + 10 mM SA application, with 87.429 μg GAEs/mg extract, followed by the %9 PEG + 10 mM SA application with 67.480 μg GAEs/mg. The %3 PEG + 10 mM SA application resulted in a higher total phenolic content compared to the %9 PEG + 10 mM SA

application. The %3 PEG might have enhanced the plant's capacity to cope with stress more efficiently, leading to increased synthesis of phenolic compounds. This indicates that %3 PEG has a more optimal effect on the plant. For total flavonoid content, the highest value was obtained from the %3 PEG application group, with 47.279 μg QEs/mg extract, followed by the %9 PEG + 10 mM SA application with 27.018 μg QEs/mg. The reason for the highest flavonoid content with %3 PEG might be that it creates an environment where stress responses in plants are most efficiently triggered, and flavonoid production is most stimulated at this level. The %9 PEG caused a slightly limited increase, indicating that while PEG's capacity to create osmotic stress is significant, too much stress can adversely affect the plant. In conclusion, PEG has a strong enhancing effect on flavonoid production, but this effect may be limited as PEG concentration increases. Additionally, SA can support this process but may not be as effective as PEG alone. In terms of proline content, the highest value was observed in the %9 PEG + 10 mM SA application (12.779 mmol/g FW), with a 4-fold increase compared to the control and a 3-fold increase compared to the %9 PEG application. In this thesis study, fatty acid analyses were also carried out using hexane extracts prepared from peanut plants. When the results were evaluated, the fatty acids that showed an increase compared to the control group in the %3 PEG application were palmitic acid, linoleic acid methyl ester, phytol, and heptacosane. In the %9 PEG application, the fatty acids that showed an increase were heptadecan, palmitic acid, linoleic acid methyl ester, phytol, heptacosane, and squalene. The major fatty acids in all application groups were palmitic acid, oleic acid methyl ester, and linoleic acid methyl ester, while the minor fatty acids were heptacosane and squalene. These study findings indicate that SA applications, particularly at a 10 mM SA concentration, have the potential to mitigate the adverse effects of drought on Halisbey peanut plants under drought stress conditions. However, it should be noted that the effects of SA may vary depending on the type of stress, the degree of stress, conditions, application method, and plant species. The limited number of studies in this field further underscores the originality and contribution of this research to the literature. Therefore, much more research is needed to fully understand the effects of phytohormones like SA in stress management strategies. The data obtained from this thesis and possible future studies can help us better understand the effectiveness of SA and similar phytohormones against stress and uncover the resistance and adaptation strategies of plants under various environmental stresses (drought, salinity, etc.).

Keywords: Drought stress, PEG, *Arachis hypogaea* L., salicylic acid.

ÖN SÖZ

Bu Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi Merkezi Laboratuvar Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarı ile Biyoloji Bölümü Araştırma Laboratuvarında yürütülmüştür. Bu tez çalışmasında yağ asitleri analizlerinin gerçekleştirildiği Siirt Üniversitesi Bilim Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezine teşekkür ederim. Öncelikle bilgisi ve önerileriyle öğrenme sürecimde büyük katkısı olan, yüksek lisans çalışmalarım boyunca özverili tavrına ve sarf ettiği yoğun emeğe hep minnettar kalacağım, çalışma disiplini ve bilimsel titizlik konularında kendisinden çok şey öğrendiğim araştırmanın planlanmasından tezin yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, yönlendiren değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Pınar KARAKUŞ ORCAN' a bilgi ve deneyimleriyle her zaman yanımda olduğu için en içten dileklerle teşekkür ederim. Tezimin uygulama ve laboratuvar aşamasında her türlü desteğinden dolayı laboratuvar arkadaşım Adem KAÇAR'a, laboratuvar çalışmalarında ki yardımları ve tez yazım döneminde sabırla beni dinleyip yönlendirmelerinden dolayı Hıdır ALTUN'a teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca birçok fedakârlık göstererek beni destekleyen, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zorlukta yanımda olan benimle aynı duyguları paylaştıklarına inandığım canım annem ve babama teşekkür ederim. Bu süreçte hep yolumu bekleyip bana sonsuz sevgi gösteren canım çocuklarım, Nuri, Zeynep, Feride Ahsen'e tez yazım aşamamda hayatımıza gelip renk katan Gülce bebeğe sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Hayattaki en kıymetli varlığım, karanlık içinde bir ışık ararken ışık olup bana yolumu gösteren, tam düşecekken her zaman elimden tutup beni her şeyden koruyan canım eşim Murat DEMİR'e sonsuz teşekkürler, şükran ve saygılarımı sunarım. Bu yüksek lisans tezini, hayatını bizim okumamıza adayan, beni bu yönde yetiştiren, okumaya olan sevgimin nedeni annem, Zeynep ŞAHİN'e ithaf ediyorum.

Ayşe Gül DEMİR
BATMAN-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖN SÖZ	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Kuraklık ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri	2
1.2. Yer fıstığı (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	4
1.3. Salisilik Asit (SA).....	5
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
3.YÖNTEM	15
3.1. Bitki Materyali	15
3.2. Yöntem.....	16
3.2.1. Çözeltilerin Hazırlanması	16
Hoagland Besin Çözeltisi.....	16
3.2.2. Yer fıstığı Bitkilerinin Yetiştirilmesi	17
3.2.3.Kuraklık Stresi ve SA Uygulamaları	18
3.2.4. Ölçüm ve Analizler	21
3.2.4.1. Fotosentetik pigment içeriklerinin belirlenmesi	21
3.2.4.2. Malondialdehit (MDA) Miktarının Belirlenmesi	22
3.2.4.3. Prolin İçeriğinin Belirlenmesi.....	22
3.2.4.4. Bitki ekstrelerinin hazırlanması	23
3.2.4.4.1. Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi.....	23
3.2.4.4.2. Toplam Flavonoid Madde İçeriğinin Belirlenmesi:.....	24
3.2.4.5 Yağ Asidi İçeriğinin Belirlenmesi:	26
3.2.5 İstatistiksel Analiz:	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
4.1. Fotosentetik Pigment İçeriklerinin Belirlenmesi	27
4.2. Malondialdehit (MDA) Miktarının Belirlenmesi	29
4.3. Toplam Fenolik ve Flavonoid Madde İçeriklerinin Belirlenmesi	30
4.4. Prolin İçeriğinin Belirlenmesi.....	34
4.5.Yağ asidi İçeriğinin Belirlenmesi	35
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	46
5.1.Sonuçlar	46

5.2. Öneriler	48
KAYNAKLAR	50

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil No	
Şekil 3.1. Halisbey yer fıstığı tohumlarının 1 haftalık çimlenmiş görünümü	17
Şekil 3.2. Çimlenmiş yer fıstığı bitkilerinin saksılara aktarılması	18
Şekil 3.3. Yer fıstığı bitkilerinin ekimden sonraki 5 haftalık görünümü	19
Şekil 3.4. Yer fıstığı bitkilerinin hasat öncesi genel görünümü	20
Şekil 3.5. MDA standart eğrisi	22
Şekil 3.6. L-Prolin standart eğrisi	23
Şekil 3.7. Gallik asit standart eğrisi	24
Şekil 3.8. Kersetin standart eğrisi	25
Şekil 4.1. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın fotosentetik pigment içeriğine etkileri	28
Şekil 4.2. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın MDA içeriğine etkileri	30
Şekil 4.3. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın toplam fenolik madde içeriğine etkileri	32
Şekil 4.4. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın toplam flavonoid madde içeriğine etkileri	33
Şekil 4.5. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın prolin içeriğine etkileri	35

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge No	Sayfa No
Çizelge 3.1. PEG stresi ve SA uygulamaları	19
Çizelge 4.1. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yerfıstığı (<i>Arachis hypogaea</i> L.) bitki ekstrelerinde fotosentetik pigment içeriğine etkileri*	27
Çizelge 4.2. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yerfıstığı (<i>Arachis hypogaea</i> L.) bitki ekstrelerinde MDA içeriğine etkileri*	29
Çizelge 4.3. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yerfıstığı (<i>Arachis hypogaea</i> L.) bitki ekstrelerinde toplam fenolik madde içeriğine etkileri*	31
Çizelge 4.4. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yerfıstığı (<i>Arachis hypogaea</i> L.) bitki ekstrelerinde toplam flavonoid madde içeriğine etkileri*	32
Çizelge 4.5. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yerfıstığı (<i>Arachis hypogaea</i> L.) bitki ekstrelerinde prolin içeriğine etkileri*	34
Çizelge 4.6. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yerfıstığı (<i>Arachis hypogaea</i> L.) bitki ekstrelerinde yağ asidi içeriğine etkileri*	37

SİMGELER VE KISALTMALAR

µm	Mikrometre
µL	Mikrolitre
ABA	Absisik asit
BAP	6-benzyloaminopurin
Ca ²	Kalsiyum
CAT	Katalaz
CO ₂	Karbondioksit
ET	Etilen
FCR	Folin-Ciocalteu reaktifi
g	Gram
GA	Gallik asit
GAE	Gallik asit eşdeğeri
BD	büyüme düzenleyicileri
gTA	Gram taze ağırlık
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
K	Potasyum
Kg	Kilogram
lt	Litre
MB	MS makro ve mikro elementleri ile Gamborg B5 vitaminleri karışımını içeren besi ortamı
MDA	Malondialdehit
MeJA	Metil jasmonat
mL	Mililitre
mM	Milimolar
MS	Membran stabilitesini
ZSI	Zar stabilite indeksini
Na	Sodyum
Na ₂ CO ₃	Sodyum karbonat
NaOCl	Sodyum hipoklorit
PEG	Polietilen glikol
POX	Peroksidaz
PPO	Polifenol oksidaz
QE	Kersetin eşdeğeri
RNA	Ribonükleik asit
ROT	Reaktif oksijen türleri
BSİ	Bağlı su içeriği
SA	Salisilik asit
TBA	Thiobarbiturik asit
TCA	Trikoloroasetik asit
ZCS	Çinko-kitosan-salisilik asit

1.GİRİŞ

Dünyada hızla artan nüfusla beraber kaliteli, güvenli ve sürdürülebilir gıdaya ulaşmak gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin sonucunda ortaya çıkan ve tarımsal üretimde yaşanan sorunlar, başta insan olmak üzere birçok hayvan beslenmesini de olumsuz etkilemektedir. Bu sorunların önüne geçerek olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için birçok araştırma yapılmaktadır (Dumanoğlu, 2022).

Kaliteli bir ürün verimi için bitkilerin tamamı optimum çevre koşullarına ihtiyaç duyarlar. Bu optimum çevre koşullarındaki her türlü olumsuzluk bitkide strese sebep olur (Morgil, 2019). Bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyen çevre faktörlerindeki değişimlere “stres” denir. Stres; fiziksel, kimyasal veya biyolojik kaynaklı olabilir. Biyolojik nedenlerle (virüs, mantar, bakteri, vb.) oluşan stres “biyotik stres”, fiziksel ve kimyasal nedenlerle (kuraklık, tuz, çeşitli kimyasallar, sıcaklık, vb.) oluşan strese “abiyotik stres” denilmektedir (Öztürk, 1999).

Abiyotik stres, dünya çapında mahsul kıtlığının temel nedenidir ve çoğu ana mahsulün ortalama verimini %50 azaltmaktadır. Yapılan farklı çalışmalarda da tüm bu faktörlerin etkisinin tarım endüstrisinin sürdürülebilirliğini tehdit ettiği belirtilmiştir (Wei ve ark., 2015; Ahlem ve ark., 2021; Ijaz ve ark., 2021; Adnan ve ark., 2022; Ahmad ve ark., 2022; Bibi ve ark., 2022; Nawaz ve ark., 2022; Naz ve ark., 2022; Saeed ve ark., 2022; Saini ve ark., 2022; Hussain ve ark., 2023). Abiyotik stres faktörleri, bitkileri büyüme ve gelişmenin her aşamasında etkileyebilir (Shabbir ve ark., 2022). Ancak bitkiler erken tohum ve fide aşamalarında abiyotik strese karşı daha duyarlıdır (Cuartero ve ark., 2006). Dolayısıyla bu aşamalar, başlangıçtaki büyüme ve daha yüksek tohum verimi için optimum sayıda fide elde edilmesi açısından son derece kritiktir. Dünya üzerinde kullanılabilen tarım alanlarının abiyotik stres faktörlerinden etkileme oranlarına bakıldığında; %26 oranla kuraklık en yüksek paya sahip olup, bunu %20 oranla mineral madde stresi, %15 oranla soğuk ve don stresleri takip etmektedir. %29'luk kısmın diğer stres faktörlerinin etkisi altında olduğu ve toplam kullanılan alanların %10'luk kısmının herhangi bir stres etkisi altında olmadığı belirtilmiştir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Bu oranlardan da anlaşıldığı üzere kuraklık kaynaklı sorunlar bitki gelişimini etkileyen faktörlerin başında gelmektedir.

1.1. Kuraklık ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Kuraklık, verimli büyüme ve biyokütle üretimi için bitkideki kullanılabilir su miktarının bitki için gerekli sınırların altına düşmesi olarak tanımlanır (Verslues ve ark., 2006; Deikman ve ark., 2012; Osmolovskaya ve ark., 2018). Hava sıcaklığının ve atmosferik CO₂ seviyelerinin yükselmesi nedeniyle yağış rejimi ve dağılımı değişmektedir (Hou ve ark.,2019; Morgil ve ark.,2019). Yağışlardan kaynaklanan yetersiz su girişi kuraklık stresinin ana nedeni gibi görünse de, yüksek sıcaklık, ışık yoğunluğu ve kuru rüzgâr tarafından yönlendirilen buharlaşma yoluyla topraktan su kaybı, mevcut stresi daha da arttırmaktadır (Zhang ve ark.,2019). Bitkilerdeki tipik kuraklık stresi belirtileri arasında yaprak kıvrılması, sararması ve kalıcı solgunluk yer almaktadır (Zhang ve ark.,2013).

Kuraklık kaynaklı stres; su noksanlığı ve kuruma olarak ikiye ayrılır. Su noksanlığı, gaz değişiminin azalması sonucu stomalarda orta derecedeki su kaybı, Kuruma ise hücre yapısı ve metabolizmanın tamamen bozulmasına, enzimle gerçekleşen reaksiyonların durmasına neden olan aşırı miktardaki su kaybı olarak tanımlanmaktadır (Smirnoff, 1993; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Solma, bitki hücrelerinin turgor durumlarını kaybederek işlevlerini yerine getirememeye durumudur. Bitkilerin çoğunda vejetatif doku, %30'un altındaki su oranında iyileşme sürecine giremez. İhtiyaç duyulan suyun geri alınmasıyla solma durumu azalır ve bitki eski haline tekrar dönebilir. Ancak, kuruma olayında solma ileri bir seviyede olduğu için bitki eski haline dönemez (Kaçar, 2015).

Kuraklık stresi, bitkinin büyüme ve gelişme süreçlerini olumsuz yönde etkileyen en yıkıcı abiyotik streslerden biridir. Bitkilerin bu strese maruz kalması, yaprak suyu potansiyelini, bağıl su içeriğini (BSİ) önemli ölçüde azaltır (Halder ve Burrage, 2003). Fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklere neden olarak, ikincil metabolitlerin oluşumuna yol açar (Hasanuzzaman ve ark., 2017). Üreme ve gelişimi etkileyerek bitkilerin verimini ve üretkenliğini büyük ölçüde azaltır (Hasanuzzaman ve ark., 2014). Ayrıca bitkilerdeki bu stres sıklıkla reaktif oksijen türlerinin (ROT) oluşumuna yol açar (El-Tayeb ve Ahmed, 2007; Farooq ve ark., 2009). Oldukça reaktif olan ROT, proteinlerin bozulmasına, lipid peroksidasyonuna, DNA'nın parçalanmasına yol açarak hücre ölümüne neden olur ve bitkilere ciddi zararlar verir (Foyer ve Fletcher, 2001). Bugüne kadar yapılan çalışmalar, kuraklık stresinin su fizyolojisi, besin emilimi, enzim aktivitesi,

fotosentez ve asimilat taşınması dahil olmak üzere çeşitli biyolojik süreçleri etkilediğini göstermiştir (Yousfi ve ark.,2016 ;Fahad ve ark.,2017).

Bitkilerin su stresine verdiği tepkiler, bitki türüne, stres süresine, yoğunluğuna, büyüme aşamasına, hücre yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir (Ghafar ve ark., 2021; Nawaz ve ark., 2021) Bitkiler stresin algılanmasıyla başlayan, uyarıcı- taşıyıcı- düzenleyici hedef genler ve tepki şeklindeki olay ağlarıyla strese alışmaya çalışır. Stres altındaki bitkiler, gen ekspresyon modellerini değiştirerek morfolojik, fizyolojik ve metabolik süreçlerini ayarlayabilirler (Cai ve ark., 2019). Daha spesifik olarak, genellikle absisik asit (ABA), etilen (ET) ve salisilik asit (SA) sinyal yollarını uyararak bitkileri hücre ozmotik potansiyellerini korumak için ozmoregülatör maddeler ve oksidasyon dengelerini yeniden kurmak için antioksidan enzimler üretmeye yönlendirebilir (Yamada ve ark.,2005). Ozmoregülatör maddelerden, Prolin, bezelye (*Pisum sativum*) ve *Stipa purpurea* gibi bitki çalışmalarında olduğu gibi su potansiyelini azaltıp ve antioksidanlar aracılığıyla ROT'un etkisini azaltabilir (Sánchez ve ark.,1998; Yang ve ark.,2015). Çözünür bir şeker olan sukrozun da birikimi, hücrelere su emilimini artırabilir (Yamaguchi ve ark., 2010; Pan ve ark.,2014). Bu çalışmaların bulgularına benzer şekilde, Wang ve ark., (2019) çalışmasında karbonhidrat metabolizmasının, gen ekspresyonunu artırarak kuraklık toleransını artırabildiğini Tegeder ve ark., (2018) çalışmasında da Glutamik asidin, kuraklık streslerine karşı dirençte başka bir osmotik regülatör olarak işlev görebileceğini gözlemlemişlerdir. Bu bilgilerden yola çıkarak prolin, sukroz ve glutamik asitin yerfistiğinde kuraklık stresine dayanıklılığın osmotik potansiyel dengesinin korunmasının moleküler temeli olabileceğini düşündürmektedir. Bunun tersine, antioksidanlar genellikle kuraklık stresinde artar, örneğin darı çalışmasında MDA (Zhang ve ark., 2019) arpa çalışmasında flavonoidler (Hong ve ark., 2020) artmıştır.Farklı bitkilerde kuraklık stresi altında şeker, sakkaroz, alkoller ve amino asitlerle ilgili fizyolojik çalışmalar rapor edilmiştir (Yin ve ark., 2014; Rizwan ve ark., 2016; Akram ve ark., 2018; Yadav ve ark., 2020). Ayrıca bitkiler stomaları kapatabilir, kütikülleri kalınlaştırabilir ve hücre duvarlarını sertleştirerek kuraklığa toleransı artırabilir (Chen ve ark.,2013).

Sonuç olarak hücresel düzeyde oksidatif zarar olarak ortaya çıkan kuraklık stresi, kurak ve yarı kurak bölgelerde bitki verimliliğini önemli bir düzeyde etkiler. Suyun yeryüzündeki orantısız dağılımı, dünya su varlığındaki sıkıntılar, iklim değişiklikleri vb. faktörler kurak ve yarı kurak bölgelerde bulunan bitkilerin verimliliğini etkileyeceği

ortadadır (Chavez ve ark., 2003). Su stresi koşullarında daha iyi üretim için, su stresiyle ilgili morfolojik ve fizyolojik özelliklerdeki değişikliklerin iyi anlaşılması gerekir çünkü tolerans, yeni ürün çeşitlerini seçmek ve üretmek için kullanılabilir (Akram ve ark., 2018; Hussain ve ark., 2018; Parveen ve ark., 2019)

1.2.Yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.)

Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde 40° Kuzey ve 40° Güney enlemleri arasında yetiştirilen, geniş bir ekim alanına sahip bir baklagil bitkisidir (Shoba ve ark., 2012). Vejetasyon süresi kurak bölgelerde 100-140 gün arasında iken yarı kurak bölgelerde 180 güne kadar çıkmaktadır. Aylık sıcaklık ortalaması 18 - 20°C olmalıdır (Üççam ve Hayli, 2004).

Ülkemizde, yer fıstığı bakımından buğday, mısır, ayçiçeğinden sonra en fazla ekim alanına sahip yeri Akdeniz Bölgesi olup, özellikle de Adana ve Osmaniye de yoğun olarak yetiştirilmektedir. Yerfıstığı 2022 yılında Adana'da 222.229 da ve Osmaniye illinde 115.821 da ekilmiş olup toplam 338.050 da ekim alanına sahiptir (TUİK, 2024). Verim potansiyelinin yüksek olması beyaz sinekten ve diğer birçok zararlıdan fazla etkilenmemesi pazarlama kolaylığı ve elde edilen gelirin birim başına yüksek olması nedeniyle çiftçiler için avantajlı bir üründür (Kurt ve ark., 2016).

Yer fıstığı, karbonhidratlar, proteinler, lipitler, vitaminler, mineraller ve iyi bir lif dozu gibi çok çeşitli besinlerden oluşan bir gıdadır. Ayrıca yer fıstığından flavonoidler, fitosteroller, amino asitler ve stilbenler içeren biyoaktif bileşikler izole edilmiştir (Syed ve ark., 2021). Yüksek oranda yağ, protein ve karbonhidrat içeren yer fıstığı insan beslenmesi için önemli bir bitkidir (Gulluoglu ve ark., 2016; Kurt ve ark., 2017). Büyük ölçekli klinik çalışmalar, düzenli yer fıstığı tüketiminin kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet ve Alzheimer üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu biyoaktif bileşikler ayrıca anti-inflamatuar, antioksidan, antikanser ve antitümör aktivitelerine sahiptir. Yer fıstığı gıda endüstrisinde un, protein konsantreleri ve izolatları, şekerlemeler, yağlar ve içeceklerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Syed ve ark., 2021). Ayrıca tohumları yenilebilir yağ, konserve, margarin, sabun gibi ürünlerin üretilmesinde de kullanılır. Küşpesi, sığır gibi hayvanlar için yem kaynağı olup, besin değeri soya fasulyesi küspesi ile eşdeğerdir (Khajehpour, 1999).

Yer fıstığı bir baklagil olduğundan, badem, ceviz gibi ağaç yemişlerinden ziyade nohut soya fasulyesi gibi bitkilere daha yakındır. Ağaç yemişlerinden daha fazla protein içerir ve besin değeri açısından daha zengindir (Ros, 2010; Iqbal ve ark.,2016). Ayrıca havanın serbest azotunu toprağa bağlayarak, yetiştirildikleri toprağa katkı sağlamaktadır (Onat ve ark., 2017).

Yerfıstığı, küresel çapta önemli bir yağ bitkisi olup, üretimini özellikle kuraklık ciddi şekilde etkilemektedir. Kuraklığın zamanlaması, şiddeti ve süresi yer fıstığının verimi ve kalitesi üzerinde etkilidir (Dang ve ark., 2013). Genel olarak, yer fıstığının mahsul formu kuraklığa daha dayanıklıdır, ancak bazı dönemlerde su sıkıntısı bitkinin verimini ciddi şekilde etkilemekte özellikle de bakla oluşum aşamasında sayıyı ve dolgunluğunu önemli ölçüde azaltabilmektedir (Koolachart ve ark., 2013). Bu nedenle, bakla üretimini iyileştirmek için, yerfıstığında kuraklığa tepki olarak fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzenleme mekanizmasını anlamak, kuraklık toleransı ile ilişkili sistemin anlaşılması açısından önemlidir. Bitkiler kuraklığa maruz kaldığında, normal büyüme süreçlerinde aksaklıklar meydana gelebilir bu da verimin azalmasına hatta tahıl hasadının yapılamamasına yol açabilir (Zhao ve ark., 2021).

1.3.Salisilik Asit (SA)

Salisilik asit (SA) bitki metabolizmasında biyotik ve abiyotik stres faktörlerine verilen tepkilerin düzenlenmesine katkı sağlayan doğal olarak üretilen fenolik bir bileşiktir (Bai ve ark., 2009; Zhang ve ark., 2011; Wang ve ark., 2013). SA stres durumunda bitkideki fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmaların düzenlenmesinde olumlu bir role sahiptir (Kohli ve ark., 2017). Son yıllarda kuraklık, su, tuz, ağır metaller gibi çeşitli abiyotik stres faktörlerine karşı bitki tepkilerini düzenlediği için özel ilgi görmüştür (Chao ve ark., 2010; Kadioğlu ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2011; Bastam ve ark., 2013).

SA, stres koşulları altında sinyal iletimleri yoluyla büyüme ve gelişmeye aracılık etmek için biyokimyasal yollar türetir (Guo ve ark., 2007). Bitkide iyonların alınması ve taşınması, fotosentez, solunum, stoma iletkenliği gibi aktiviteleri düzenler (Kong ve ark., 2021). Ayrıca sitosolik Ca² konsantrasyonunu, ozmoprotektanları artırıp malondialdehiti (MDA) azaltarak antioksidan aktivitelerini ve membran stabilitesini (MS) koruyarak

ROT'un olumsuz etkilerini yok eder (Hussein ve ark., 2012; Amna ve ark., 2021; Mehmood ve ark., 2021; Zainab ve ark., 2021; Ali ve ark., 2022; Faryal ve ark.,2022). Yani stres altındaki bitkilerde koruyucu etki oluşturur (Hayat ve ark.,2010).

Bitkiler genel olarak stres durumunda antioksidan ve metabolit oluşturarak durumdan en az hasarla çıkmaya çalışır. Ancak birçok bitki, strese dayanıklı metabolitleri doğal olarak sentezleme yeteneğinden yoksundur (Aziz ve ark., 2018; Perveen ve ark., 2019; Afridi ve ark., 2022). Bunun için tekrarlayan kuraklık dönemlerine maruz kalan bitkilere dışarıdan SA uygulanması büyüme ve homeostazi için uygun olabilir (Khalili ve ark., 2009; Brito ve ark.,2019).

Stres durumlarında bitkinin zararını en aza düşürmek için SA uygulaması yapılmadan önce, bitkiye ait çeşitli faktörlere (yaş, gelişim, genetik vb.) ve SA' nın uygulama şekli, verilmesi gereken konsantrasyon, miktar gibi özelliklerine dikkat edilmelidir (Sevimay, 2009). Doğru şekilde uygulandığında SA, bitkilerde antioksidan etkinliği arttırarak bazı düzenleyici moleküllerin sentezine katkı sağlar ve oksidatif hasar düzeyini düşürür (Köseoğlu, 2019).

Sonuç olarak bu tez çalışmasında da literatüre katkı sağlamak için kuraklık stresi altındaki Halisbey yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitkisinde SA uygulamasının yarattığı bazı morfolojik/fizyolojik/biyokimyasal değişimlerin incelenmesi ve yer fıstığında kuraklık stresinin yol açacağı olumsuz etkilerin SA tarafından ne kadar baskılanacağının veya toleransı arttırıp arttırmayacağının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla bitkilerde fotosentetik pigment içerikleri (klorofil-a, klorofil-b, toplam karotenoid), malondialdehit (MDA) miktarı, prolin içeriği, yağ asidi içeriği ile toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri incelenmiş, veriler karşılaştırmalı bir şekilde değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Olumsuz çevre koşulları nedeniyle bitkiler büyümelerini, metabolizmalarını ve verimliliklerini etkileyen çeşitli abiyotik ve biyotik streslere maruz kalmaktadır (Kaur ve Gupta, 2005). Kuraklık, dünya çapında mahsul verimliliğini kısıtlayan başlıca abiyotik streslerden biridir (Singh ve ark., 2014). Bu stres, anatomik, morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerle bitki büyümesi ve gelişimini farklı ve çeşitli şekillerde etkileyerek fotosentezin, stoma iletkenliğinin, biyokütle ve büyümenin azalmasına neden olarak bitki verimliliğini etkilemektedir (Abdul Jaleel ve ark., 2009). Çeşitli elisitör (SA, MEJA, nanopartiküller, vb.) uygulamalarının abiyotik stresle mücadelede etkili olduğunu gösteren çeşitli bitkilerde yapılmış çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan bazılarını ve bulgularını şu şekilde özetleyebiliriz:

Kumar ve ark., (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, Polyethylene Glycol (PEG) kullanılarak yaratılan su stresi altında güvercin bezelyesi (*Cajanus cajan*) bitkisinin fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri değerlendirilmiştir. Bitkiler, orta düzeyde (-0.51 MPa) ve şiddetli düzeyde (-1.22 MPa) olmak üzere iki aşamalı strese maruz bırakılmıştır. Su stresi altında bitkilerin su içeriği (BSİ) önemli ölçüde azalmış, prolin ve protein seviyelerinde artış gözlemlenmiştir. Ayrıca, süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POX) aktiviteleri artarken, katalaz (CAT) aktivitesi azalmıştır.

PEG ile oluşturulan düşük su potansiyelinin tohum çimlenmesi, sürgün rejenerasyonu ve kuraklık stresi ile ilgili bazı biyokimyasal parametreler üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, sekiz *Lathyrus* çeşidi (altı *L. sativus*, biri *L. cicera*, biri *L. tingitanus*), MS makro ve mikro elementleri ile Gamborg B5 vitaminleri karışımını içeren MB ortamında, 5 mg/L BAP (6-benzyloaminopurin) ilavesi ile kültüre alınmıştır. Farklı su stresi seviyeleri, MB ortamında üç farklı PEG 6000 konsantrasyonu (50, 100 ve 150 g/l) kullanılarak uygulanmıştır. Osmotik stres, tohumların çimlenmesini etkilememiştir. Ancak ortamda artan PEG konsantrasyonu, yeni sürgünlerin çoğalma hızını ve canlılığını azaltmıştır. Araştırmacılar, *Lathyrus* sürgünlerinin kuru madde içeriği ve prolin içeriğinin su stresi altında önemli ölçüde arttığını, ancak fotosentetik pigmentler üzerinde az bir etki gösterdiğini belirtmişlerdir (Piwowarczyk ve ark.,2014).

Yer fıstığına (*Arachis hypogaea* L.) kuraklık stresi ve salisilik asidin uygulanmasıyla kuru ot verimi, kabuklu fıstık verimi, tohum verimi, 100-tohum ağırlığı, bitki başına olgunlaşmış kabuklu toplam sayısı, tohumun protein ve yağ içeriği incelenmiştir. Çalışmada üç sulama rejimi (kontrol, %70 ve %50 nem) ve dört SA seviyesi (kontrol, 1, 2 ve 3 mM) kullanılmıştır. Sonuçlara bakıldığında; kuraklık, bitki verimini ve yağ içeriğini azaltırken, protein içeriğini arttırmıştır. SA ise verimi artırmış, ancak protein ve yağ yüzdesini etkilememiştir. Kuraklık koşullarında 3 mM SA kullanımı, yer fıstığının nicel ve nitel özelliklerini iyileştirebildiği gözlemlenmiştir (Karimian ve ark., 2015).

Su stresi altında nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkilerinde SA uygulamasının fizyolojik parametreler ve verim üzerindeki etkileri incelenmiştir. Üç ana tedavi (stres yok, çiçeklenme aşamasında stres, bakla oluşum aşamasında stres) ve dört alt tedavi (SA uygulanmayan, 0.01 mM, 0.1 mM, 1.0 mM SA uygulanan) ile gerçekleştirilmiştir. Su stresi yaprak alanı, toplam kuru madde ve toplam klorofil içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır. Ancak, 0.1 mM SA uygulaması bu parametreleri ve tohum verimini arttırmıştır (Jayalalitha ve ark., 2015).

Üç soya fasulyesi (*Glycine max*) genotipinin bazı fizyolojik parametreler ve su açıklığına etkisinin (tarla kapasitesinin %85, %65 ve %45'i) araştırıldığı çalışmada, üç soya fasulyesi genotipinde farklı sulama programları altında SA'nın etkileri incelenmiştir. Su stresi, süperoksit dismutaz ve askorbat peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini artırırken, SA uygulaması bu enzimlerin aktivitesini daha da arttırmıştır. SA uygulaması, su stresi altında bile stomal iletkenlik, yaprak alan indeksi ve tane verimini artırmıştır. Özellikle Williams genotipi, SA uygulamasından en fazla fayda sağlamıştır. SA, su stresi altında hücre zarının stabilitesini koruyarak malondialdehit oluşumunu azaltmıştır (Razmi ve ark., 2017).

Su stresinin soya fasulyesi (*Glycine max*) (Giza 22 ve 35) genotipleri üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmek için metil jasmonat uygulamasının yapıldığı çalışmada su stresi altında bitki büyümesi, fotosentetik pigmentler ve yağ içeriği azalmış, hücre duvarı fraksiyonları, doymuş ve doymamış yağ asitleri, flavonoidler, fenolik asit ve şeker fraksiyonları artmıştır. MeJA uygulaması, su stresi altındaki bitkilerde bu parametreleri artırarak su stresinin olumsuz etkilerini hafifletmiştir. Giza 22 genotipinin, Giza 35'e göre su stresine daha dayanıklı olduğu gözlemlenmiştir (Mohamed ve ark., 2017).

Tang ve ark., (2017) tarafından yapılan çalışmada dışarıdan uygulanan salisilik asidin (SA) su stresi altındaki soya fasulyesi (*Glycine max*) fidelerinin fotosentetik kapasitesini düzenleyip düzenleyemeyeceğini araştırmayı amaçlanmıştır. Su stresi, fotosentetik oranı, stomatal iletkenlik ve pigment içeriklerini önemli ölçüde azaltmıştır. SA ön tedavisi, bu parametrelerde iyileşme sağlamıştır. Araştırmacılar SA'nın, reaktif oksijen türlerini (ROT) azaltarak ve alternatif solunum ve kloro-respirasyonu artırarak fotosentezi koruduğu sonucuna varmışlardır.

4 soya fasulyesi (Shohag, BARI Soybean-6, BD2331 (göreceli olarak stres toleranslı) ve BGM2026 (duyarlı)) genotiplerinde kuraklık stresi, tüm genotiplerde yaprak su potansiyelini azaltmıştır. En düşük yaprak su potansiyeli BARI Soybean-6'da (-1.58 MPa) elde edilirken en yüksek ise BGM2026'da (-1.2 MPa) görülmüştür. Göreceli su içeriği (BSİ) tüm genotiplerde önemli ölçüde azalmış ve azalma duyarlı genotiplerde daha fazla olmuştur. Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin yaprak sıcaklıkları iyi sulanan bitkilere göre daha yüksektir. BGM2026 en yüksek artışı göstermiştir (%11.07). BARI Soybean-6, Shohag ve BD2331 genotipleri, kuraklık sırasında göreceli su içeriği, su tutma kapasitesinde daha az azalma, yaprak su potansiyelinde daha yüksek azalma ve yaprak sıcaklığında daha az artış gösterdiği için kuraklığa toleranslı olarak kabul edilmiştir. Ancak BGM2026 genotipi, göreceli su içeriği ve su tutma kapasitesinde önemli ölçüde yüksek azalma göstermiştir (Chowdhury ve ark.,2018).

PEG-6000 adlı bir polietilen glikolün yerfistığı (*Arachis hypogaea L.*) yaprakları ve köklerindeki RNA içeriği, su içeriği (BSİ) ve klorofil içeriği üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada; PEG konsantrasyonu arttıkça hem yapraklarda hem de köklerde RNA içeriği ve su içeriği (BSİ) önemli ölçüde azalmıştır. Yapraklarda,PEG-6000 konsantrasyonu arttıkça klorofil içeriği de konsantrasyona bağlı olarak azalmıştır. Klorofil 'a' seviyesi, klorofil 'b' seviyesinden daha fazla düşmüştür (Shivakrishna ve ark.,2018).

Salisilik asidin (SA) kuraklık stresi altındaki soya fasulyesinde (*Glycine max*) verim sınırlamalarını nasıl hafiflettiğini araştırmak için yapılan çalışmada SA'nın karbon, amino asit ve protein metabolizmasını iyileştirerek osmoregülasyon ve redoks dengesini koruduğu, azot kullanımı verimliliğini artırarak ve verimi stabilize ederek kuraklık altında bitkinin gelişim aşamalarında azotun yeniden mobilizasyonunu sağladığı, kuraklık altında verim parametrelerini (tohum sayısı, tohum ağırlığı vb.) artırarak bitkinin verim potansiyelini iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Sharma ve ark.,2018).

PEG ile indüklenen kuraklık stresinin mercimek (*Lens culinaris*) genotiplerinin çimlenme ve büyüme özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyen bir araştırmada kuraklık stresi, mercimek tohumlarının çimlenme yüzdesini ve fidan büyümesini olumsuz etkilemiştir. Farklı genotipler arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir.(Foti ve ark.,2018)

Dışarıdan uygulanan SA ve 6-benzilaminopurin (BAP) maddelerinin, farklı tuz seviyeleri altında bakla bitkisinin (*Vicia faba L.*) fizyolojik performansını nasıl etkilediğini araştıran çalışmada, tuz stresi, yaprak ve köklerdeki çözünür şekerler, antioksidan enzim aktiviteleri ve lipid peroksidasyonunu artırırken, K⁺ içeriği ve zar stabilite indeksini (ZSI) azaltmıştır. Ancak, SA ve BAP'ın yaprak sprey uygulamaları, Na⁺ içeriğini ve lipid peroksidasyonunu azaltmış, K⁺ içeriğini, çözünür şekerleri, antioksidan enzim aktivitelerini ve ZSI'yi artırmıştır. Bu büyüme düzenleyicilerinin (BD) dışarıdan uygulanması, bakla bitkisinin tuz toleransını ve fizyolojik performansını önemli ölçüde iyileştirebileceği sonucuna varılmıştır (Samea ve ark.,2018).

Farklı gelişim aşamalarında kuraklık stresi altında olan 25 farklı maş fasulyesi (*Vigna radiata*) çeşidinin morfo fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışmada tamamen rastgele bir tasarıma göre yapılan saha deneyi, kontrol, vejetatif aşama (ekimden 25 gün sonra) ve üreme aşaması (ekimden 35 gün sonra) olmak üzere üç stres seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Kuraklık stresi, yaprakların su içeriği, zar stabilite indeksi, protein ve prolin içeriği, yaprak alanı, bitki boyu ve verim özellikleri üzerinde önemli etkiler göstermiştir. Vejetatif aşama, kuraklık stresine daha duyarlı bulunmuştur. Vignasublobata, MCV-1, PLM-32, LGG-407, LGG-450, TM-96-2 ve Sattya çeşitleri, daha yüksek su içeriği, zar stabilite indeksi, protein, prolin içeriği, yaprak alanı, bitki boyu ve verim özelliklerini koruyarak kuraklığa dayanıklı olarak belirlenmiştir (Bangar ve ark.,2019).

İki soya fasulyesi (*Glycine max*) çeşidi (Shennong8 ve Shennong12) farklı su seviyelerinde yetiştirilmiş ve şeker metabolizması, şeker dağılımı ve taşınması incelenmiştir. Kuraklık stresi, yapraklarda çözünebilir şeker ve sukroz içeriğini artırırken, nişasta içeriğini azaltmıştır. Köklerde ise tüm bu parametreler artmıştır. Ayrıca, soya fasulyesi fidelerinin yapraklarında ve köklerinde sukroz taşıyıcı genlerinin (GmSUC2, GmSWEET6 ve GmSWEET15) ifade seviyeleri kuraklık stresi altında yükselmiştir. Kuraklık stresi altında, filiz biyokütlesindeki azalma, her iki soya fasulyesi çeşidinin kök

biyokütlesindeki azalmadan daha belirgin olup, kök/filiz (R/S) oranını arttırmıştır (Du ve ark.,2020).

Mohi-Ud-Din ve ark.,(2021) tarafından yapılan çalışmada metil jasmonat (MeJA) ve salisilik asidin (SA) eksojen uygulamasının kuraklık stresindeki Fransız fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*) bitkilerinin büyümesi, fizyolojisi ve antioksidan savunma sistemi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. MeJA uygulaması (20µM) ve SA'nın (2 mM) tek başına uygulanması kuraklığın zararlı etkilerinde ılımlı azalmalara neden olmuştur. Ancak kombine uygulama, fizyolojik aktiviteleri ve antioksidan savunma sistemini iyileştirerek kuraklığa toleransı önemli ölçüde arttırmıştır. Kuraklık stresindeki bitkilere MeJA ve SA'nın birlikte uygulanması aynı zamanda antioksidan enzimler olan süperoksit dismutaz, katalaz, peroksidaz, glutatyon peroksidaz ve glutatyon-S-transferazın yanı sıra askorbat-glutatyon döngüsünün enzimlerinin aktivitelerini de önemli ölçüde arttırmıştır. Araştırmacılar *Phaseolus vulgaris L.* bitkilerinde MeJA ve SA kombinasyonunun tohum veya yapraktan uygulanmasının, kuraklık stresindeki bitkilerde antioksidan savunma sistemini tetikleyerek büyümeyi ve normal fizyolojik süreçleri iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

Jahani ve ark., (2021) kuraklık stresi altındaki nane (*Mentha piperita L*) bitkisinin klorofil, fenolik ve flavonoid içeriği ve yağ bileşimi üzerinde çinko ile SA'nın etkisini incelemişlerdir. Kuraklık stresi nane bitkisinin klorofil içeriğini azaltmış, toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri artan stres seviyeleriyle birlikte artmıştır. Kuraklık stresi ve SA karşılaştırmaları, en yüksek yağ veriminin salisilik asitte gözlendiğini göstermiştir. Orta kuraklık stresi yağ bileşiklerinin sentezini artırırken, çinko ve salisilik asidin yaprak uygulamaları etkisini hafifletmiştir.

İki farklı yer fıstığı (*Arachis hypogaea L.*) çeşidinin (NH5 ve FH18) kuraklık stresine karşı transkriptomik yanıtları incelenmiştir. NH5 çeşidi, FH18'e göre daha yüksek su ve GSH içeriği, daha hızlı stomatal kapanma ve daha düşük relatif iletkenlik göstermiştir. Her iki fıstık çeşidinde de aşağı regüle edilmiş farklı ifade edilen genlerin sayısı arttı, bu da kuraklığın transkriptomlar üzerinde baskılayıcı etkileri olduğunu göstermektedir. Kuraklık stresi altında, NH5'in transkriptomik dinamikleri FH18'e göre daha stabil kalmıştır. Son olarak, ABA ve SA bileşenlerinin incelenmesinden elde edilen kanıtlar, NH5'teki hızlı stomal kapanmanın muhtemelen ABA yerine SA sinyali aracılığıyla gerçekleştiğini göstermektedir (Jiang ve ark.,2021).

Kuraklık stresi kışlık buğday (*Winter wheat*) bitkisinde süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve polifenol oksidaz (PPO) aktivitelerini artırmıştır. SA uygulaması, bu enzim aktivitelerini daha da artırarak bitkilerin stresle başa çıkmasına yardımcı olmuştur. Ayrıca, kuraklık stresi membran elektrolit sızıntısını ve lipid peroksidasyonunu artırırken, SA uygulaması bu olumsuz etkileri azaltarak hücre zarının stabilitesini korumuştur (Khalvandi ve ark.,2021).

Kontrollü bir saksı deneyi, kritik büyüme evrelerinde iki toprak su koşuluna (% 85 alan kapasitesi: iyi sulanmış, % 50 alan kapasitesi: kuraklık stresi) maruz kalan mısır(*Zea mays L.*) bitkilerinin morfoloji, klorofil içerikleri, göreceli su içeriği (BSİ), gaz değişim özellikleri, antioksidan enzim aktiviteleri, reaktif oksijen türleri (ROT) birikimleri ve verim özellikleri üzerinde SA, çinko (Zn) ve glikinbetain (GB) yaprak uygulamalarının göreceli etkinliğini incelemek için yapılmıştır. Kuraklık stresi, iyi su koşullarıyla karşılaştırıldığında morfolojik parametreleri, verimi ve bileşenlerini, BSİ'yi, klorofil içeriklerini ve gaz değişim parametrelerini (sadece hücresel CO₂ konsantrasyonu hariç) önemli ölçüde azaltmış ancak, yaprak uygulamaları kuraklık altında tüm bu parametreleri önemli ölçüde arttırmıştır. Ayrıca kuraklık stresi, hidrojenperoksit ve süperoksit anyon içeriğini ve malonaldehit (MDA) içeriği olarak ölçülen lipid peroksidasyon hızını arttırmıştır. Ancak, ROT ve MDA içerikleri kuraklık stresi altında yaprak uygulamalarıyla önemli ölçüde azalmıştır. Antioksidan enzim aktivitesi, prolin içeriği ve çözünür şeker, iyi sulanmış ve kuraklık stresli koşullarda yaprak tedavileri ile artmıştır. (Shemi ve ark.,2021).

Kuraklık stresi altındaki pirinç (*Oryza sativa L.*) bitkisinde SA' nın morfo fizyolojik duruma etkisinin araştırıldığı çalışmada rastgele blok tasarımı (RCBD) ile üç tekrarlı olarak düzenlenmiş ve farklı SA konsantrasyonları (0, 250, 500, 750 ve 1000 µM) ve kuraklık stres seviyeleri (hafif, orta ve şiddetli) kullanılmıştır. SA su kullanım verimliliğini, ozmotik yönetimi ve pigment içeriğini artırarak kuraklık stresinin pirinç büyümesi ve fizyolojisi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmıştır.750 µM SA uygulaması, yaprak sayısı, yaprak alanı indeksi, relatif su içeriği, yaprak zar stabilitesi ve pigment içeriği gibi parametrelerde en yüksek değerleri göstermiştir (Hosain ve ark.,2022).

Buğdayın (*Triticum aestivum L.*) farklı kuraklık stresleri (%100, %60 ve %30 FC) altında fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini iyileştirmek için SA ve potasyumun (K) etkileri araştırılmıştır. Buğday bitkilerine farklı seviyelerde SA (L başına 100 mg)ve K(0 ve 100 kg hektar) uygulanmış, SA ve K kombinasyonu, bitki pigmentlerini, prolin

içeriğini ve yaprak su durumunu arttırarak kuraklık stresinin olumsuz etkilerini azaltmıştır (Munsif,2022).

İki farklı pirinç (*Oryza sativa* L.) çeşidinde (HTT-138 ve HTT-39) kuraklık stresi altında SA püskürtmesinin büyüme ve antioksidan savunma sistemi üzerindeki etkilerine bakıldığında; kuraklık stresi, bitkilerin gaz değişim parametrelerini ve su kullanım verimliliğini azaltırken, oksidatif stresi artırmıştır. SA yaprak püskürtmesi, antioksidan aktiviteyi artırarak bu etkileri hafifletmiştir. SA püskürtmesi, bitki büyümesini, kuru ağırlığını ve metabolik aktivitelerini artırarak kuraklık stresini hafifletmiştir. HTT-138 çeşidi, HTT-39'a göre daha fazla tolerans göstermiştir (Asma ve ark.,2023).

Kuraklık stresinin buğday (*Triticum aestivum*) bitkilerinin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada Çinko-kitosansalisilik asit (ZCS) nanopartiküllerinin, kuraklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletmede etkili olduğu bulunmuştur. Bu nanopartiküller, bitkilerin su içeriğini arttırmış, antioksidan enzim seviyelerini düzenlemiş ve metabolitlerin sentezini teşvik etmiştir. ZCS nanopartiküllerinin (100, 200 ve 400 mg L) uygulanması hem kuraklığa dayanıklı hem de hassas buğday çeşitlerinde verimi artırmıştır. Bu nanopartiküller, bitkilerin ozmotik durumunu iyileştirerek, hücrel koruma sağlayarak ve verim artışını teşvik ederek kuraklık stresine karşı dayanıklılığı artırmıştır (Das ve ark.,2023).

Fesleğen (*Ocimum basilicum*), yemek pişirmede, ilaç ve kozmetik endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir bitkidir. Silva ve ark., (2023) tuz stresi (0.5, 1.3, 3.25, 5.2 ve 6 dS m⁻¹ NaCl) ve SA (0, 0.29, 1.0, 1.71 ve 2 mM) altındaki fesleğen (cv. Cinnamon) bitkilerinin gaz değişimi, klorofil a floresansı ve klorofil indekslerini değerlendirilmiştir. SA uygulaması, tuz stresinin fesleğenin büyüme, gaz değişimi, klorofil floresansı ve klorofil indeksleri üzerindeki zararlı etkilerini hafifletmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada turp bitkisinin büyümesi ve toprak tuzluluğuna toleransı artırmak için, SA'nın yarattığı biyokimyasal değişiklikler ve etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, tuzluluğun (0, 25, 50 ve 100 mM) kök ve sürgün büyümesini önemli ölçüde azalttığını, kök ve sürgün kuru ağırlığını azalttığını ve ayrıca klorofil ve karotenoidleri azalttığını göstermiştir. Tuzluluk prolin, malondialdehit ve diğer aldehitler gibi turp antioksidan sistemindeki koruyucu metabolitleri önemli ölçüde artırmıştır. SA bu durumu düzenlerken, bitkinin tuzluluk stresine karşı toleransını artırmıştır.

Araştırcılar SA uygulamasının bitkinin tuzluluk stresine karşı toleransını artırabildiği sonucuna varmışlardır (Mahdavian ve ark., 2023).

İklim değişikliğine bağlı kuraklıkların buğdayda (*Triticum aestivum* L.) üretkenliğin önündeki en büyük engellerden biri olduğu fikrinden yola çıkarak Awadalla ve ark., (2024) sekiz bahar buğdayı genotipinde (IPK_040, IPK_046, IPK_050, IPK_071, IPK_105, WAS_007, WAS_024 ve WAS_031), normal sulama, kuraklık stresi, 0,5 mM SA'nın etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar kuraklık stresi altında bağlı su içeriğinde azalma, membran sızıntısında artış ve yaprak klorofil içeriğinde artış olduğunu ortaya koymuştur. SA, ozmolitleri ve antioksidan enzim aktivitelerini artırarak kuraklığa karşı savunma tepkilerini indüklemiştir.

Yapılan bir çalışmada fizyolojik ve biyokimyasal indeksler ile tuz ve kuraklık stresine karşı pirinç adaptasyonunda ekzojen SA uygulamasının etkileri ve mekanizmaları araştırılmıştır. Sonuçlar, SA uygulamasının tuz ve kuraklık stresi altındaki pirinç fidelerinin antioksidan enzim aktivitelerini önemli ölçüde artırabildiğini ortaya koymuştur. Araştırcılar SA uygulamasının, pirinç bitkilerinde H₂O₂ ve MDA içeriğini azaltabildiğini ve pirinç fidelerinin büyümesini sürdürdürebildiğini rapor etmişlerdir (Shan ve ark., 2024).

SA'nın pirinç bitkisinin (*Oryza sativa* L.) çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkisi, kuraklık stresi koşulları altında araştırılmıştır. Stres etkileşimi için polietilen glikol kaynaklı kuraklık stresi kullanılarak, pirinç tohumları ve fideleri üzerindeki çeşitli SA konsantrasyonlarının (0, 0.25, 1, 2, 4, 8 ve 16 mM) etkileri değerlendirilmiştir. SA uygulamasının kuraklık stresi altında hem çimlenmeyi hem de fide büyümesini önemli ölçüde iyileştirdiği belirtilmiştir. SA uygulaması taze ve kuru ağırlık ile BSI'yi olumlu yönde etkilemiş, pigment içerikleri (klorofil a, klorofil b, karotenoid) özellikle düşük konsantrasyonlardaki SA ile tedavi edilmiştir. Yüksek SA konsantrasyonlarına maruz kalan bitkiler, kuraklık stresi koşullarında oksidatif stresin azaldığını gösteren önemli ölçüde azalmış ROT üretimi göstermiştir (Kunpratam ve ark., 2024).

3.YÖNTEM

3.1. Bitki Materyali

Yer fıstığı bitkisinin ortalama yüksekliği 30 cm olup dalları köşelidir. Tohumunun şekli oval veya yuvarlak olup, dane uzunluğu 5-8 mm, 1kg dane ağırlığı ise 328,0-486,0 gramdır. Tohum kabuğunun rengi kahverengi, nem oranı %5,0 – 14,0 değerindedir (Kayahan, 2006). Çiçeklenmeden sonra çiçek sapları toprağın ortalama 8-9 cm derinliğine girip meyve kapsüllerini oluşturmaktadır (Kayahan, 2006). Meyve verimi en yüksek Mayıs ayında yapılan ekimlerden elde edilir. Ekim zamanı geciktikçe yağ oranı azalan yer fıstığının, protein oranı ise artmaktadır (Arıoğlu ve ark., 2020).

Yer Fıstığı Bitkisinin Takson Hiyerarşisi:

Alem: Plantea

Şube: Tracheophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Takım: Fabales

Aile: Fabacea

Cins: Arachis

Tür: *Arachis hypogaea* L.

Çalışmada başlangıç materyali olarak yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitkisinin Halisbey yerel çeşidine ait tohumlar kullanılmıştır.

Bitkilerin yetiştirilmesi aşamaları Batman Üniversitesi Merkezi Laboratuvar Uygulama ve Araştırma Merkezinde (BÜMER) bulunan ve kontrollü koşulların sağlanabildiği bitki büyütme odasında, tez çalışmasına ait analizler ise Batman Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Araştırma Laboratuvarında yürütülmüştür.

Molekül ağırlığı 6000 ve üzeri olan PEG (PEG 6000) inert, iyonik olmayan ve emilemeyen özelliğinden dolayı bitkiler tarafından alınmaz (Salehi-Eskandari ve ark., 2018). Kuraklık stresinin PEG ile simülasyonu, bitkilerde su stresine neden olur (Jiang ve ark., 1995). PEG'in bitkilerde önemli miktarda su stresi oluşturduğu ve herhangi bir toksik etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Emmerich ve Hardegree, 1990). Sonuç olarak

PEG, su stresine neden olmak ve bir deney sırasında sabit bir ozmotik basıncı korumak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Bibi ve ark.,2024).Bu nedenle çalışmada polietilen glikol (PEG-6000) kullanılarak kuraklık stres faktörü oluşturulmuştur.

3.2. Yöntem

3.2.1. Çözeltilerin Hazırlanması

Hoagland Besin Çözeltisi

Litre başına toz haldeki ticari olarak satın alınmış olan “Hoagland’s No. 2 Basal Salt Mixture”den 0.4 gram (g) tartılarak toplam hacim 1 lt olacak şekilde distile suda eritilmiş ve ¼ Hoagland (Hoagland ve Arnon, 1938) besin çözeltisi hazırlanmıştır.

PEG Çözeltileri

Ticari olarak satın alınmış toz haldeki PEG kimyasalından 3 gr tartılarak 100 ml distile suda çözündürülmüş ve %3’lük PEG çözeltisi hazırlanmıştır.

Ticari olarak satın alınmış toz haldeki PEG kimyasalından 9 g tartılarak 100 ml distile suda çözündürülmüş ve %9’luk PEG çözeltisi hazırlanmıştır.

Salisilik Asit (SA) Çözeltileri

0,13812 g SA hassas terazide tartılmış, tartılan SA bir karıştırma kabına aktarılıp, az miktarda %96’lık etil alkol ile iyice çözünene kadar karıştırılmıştır. Çözündürülmüş SA, distile su ile 1 litreye tamamlanarak 1 mM SA çözeltisi hazırlanmıştır.

1,3812 g SA hassas terazide tartılmış, tartılan SA az miktardaki %96’lık etil alkol ile iyice çözünene kadar karıştırılmıştır. Çözündürülmüş SA, distile su ile 1 litreye tamamlanarak 10 mM SA çözeltisi hazırlanmıştır.

3.2.2. Yer fıstığı Bitkilerinin Yetiştirilmesi

Halisbey yer fıstığı bitkisine ait tohumlar önce çeşme suyunda yıkanarak tozundan arındırılmış, %5'lik sodyum hipokloritte (NaOCI) 1 saat bekletildikten sonra steril saf su ile çalkalanarak NaOCI'den arındırılmıştır. Yüzey sterilizasyonu sağlanan yer fıstığı tohumları, imbibisyon işlemi için yaklaşık 24 saat süre ile distile su içerisinde, oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Bu işlemden sonra tohumlar, altına çift kat filtre kağıdı serili petri kaplarında çimlendirilmek üzere gelişmeye bırakılmıştır. Yaklaşık bir hafta sonunda çimlenen bitkiler (Şekil 3.1.) önceden hazırlanmış toprak:torf:perlit (2:2:1) karışımı içeren saksılara her bir saksıda eşit sayıda bitki (3 adet) olacak şekilde ekilmiş kontrollü şartlara sahip bitki büyütme odasında gelişmeye bırakılmıştır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.1. Halisbey yer fıstığı tohumlarının 1 haftalık çimlenmiş görünümü



Şekil 3.2. Çimlenmiş yer fıstığı bitkilerinin saksılara aktarılması

Yer fıstığı tohumlarının çimlendirilmesi, gelişimi, PEG ve SA uygulamalarının tümü optimum koşulların sağlandığı büyüme odasında yapılmıştır. Büyüme odası; 30-60 $\mu\text{m}/\text{m}^2\text{s}1$ ışık şiddetine sahip cıvalı Floresan lambalar (400 W, MBFR/U, Thorn) ve ortam sıcaklığını $25\pm 2^\circ\text{C}$ de sabit tutan bir sıcaklık kontrol sistemi bulunmaktadır. Ayrıca büyüme odasının ışık periyodu 16 saat aydınlık 8 saat karanlık olacak biçimde ayarlanmıştır (3000-5000 lüx).

3.2.3. Kuraklık Stresi ve SA Uygulamaları

Ekim işleminden sonra her bir saksı 5 haftalık gelişim periyodu boyunca tarla-su kapasitesi baz alınarak $\frac{1}{4}$ Hoagland besin solusyonu ile sulanmıştır (Şekil 3.3.). 5 haftalık gelişim sürecinin sonunda yer fıstığı fidelerinin bulunduğu saksılar Çizelge 3.1.'de gösterilen şekilde gruplara ayrılmıştır:

Çizelge 3.1. PEG stresi ve SA uygulamaları

1	Kontrol- 0 PEG ve 0 SA uygulaması
2	%3 PEG uygulaması
3	%9 PEG uygulaması
4	%3 PEG+1mM SA uygulaması
5	%3 PEG +10mM SA uygulaması
6	%9 PEG+1mM SA uygulaması
7	%9 PEG+10mM SA uygulaması



Şekil 3.3. Yer fıstığı bitkilerinin ekimden sonraki 5 haftalık görünümü

Gruplara ayrılan saksılara, kontrol grubu hariç, kuraklık stresi (0, %3 ve %9 PEG) ve SA (0, 1mM ve 10mM) uygulamaları yapılmıştır. Kuraklık stresi uygulamaları için fideler, 2 hafta boyunca 3 günde bir her bir saksıya 150 mL olacak şekilde PEG içeren ¼ Hoagland besin çözeltisi ile sulanmıştır. SA uygulamaları ise aynı periyotta her bir saksı için yaklaşık 50 mL olacak şekilde yapraktan püskürtme yoluyla yapılmıştır. SA ve/veya PEG'in 2 haftalık uygulaması sonrası tüm bitkiler hasat edilip (Şekil 3.4.), toprak üstü kısımları sıvı azotla ezilerek toz haline getirilmiş ve taze örnekler üzerinden yapılacak analizlerde kullanılmak üzere -80 °C'de muhafaza edilmiştir. Kontrol ve uygulama gruplarından alınan bir miktar taze toprak üstü bitki kısımları, toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içeriği analizlerinde kullanılmak üzere serin, kuru bir ortamda ve oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kurutulmuş örnekler toz haline getirilerek analize hazır hale getirilmiştir.

PEG sulamaları toprağa dökme şeklinde yapılırken, SA uygulamaları yapraktan püskürtme şeklinde yapılmış ve her bir uygulama üç tekrarlı olarak yürütülmüştür.



Şekil 3.4. Yer fıstığı bitkilerinin hasat öncesi genel görünümü a. Kontrol, b. %3 PEG, c. %3 PEG+1mM SA, d. %3 PEG+10 mM SA uygulaması, e. %9 PEG, f. %9 PEG+1mM SA, g. %9 PEG+10 mM SA

Taze yer fıstığı toprak üstü gövde materyali için yapılan analizler:

Fotosentetik pigment içeriği

Malondialdehit (MDA) içeriği

Prolin içeriği

Kuru yer fıstığı toprak üstü gövde materyali için yapılan analizler:

Toplam fenolik madde içeriği

Toplam flavonoid madde içeriği

Yağ asidi analizi

3.2.4. Ölçüm ve Analizler

3.2.4.1. Fotosentetik pigment içeriklerinin belirlenmesi

Halisbey yerel yer fıstığı bitkisinin fotosentetik pigment (Klorofil a, klorofil b ve karotenoid) içerik ölçümleri Arnon (1949)' a göre yapılmıştır. Bunun için rastgele alınan 0.25 g taze yaprak örnekleri 2 mL % 80'lik asetonla havanda homojenize edilmiştir. Homojenat filtre kâğıdından süzdürülerek daha sonra % 80'lik aseton ile 5 mL' ye tamamlanmıştır. Ekstraktlar 5000 rpm' de 5 dk santrifüj edilerek, absorbans değerleri spektrofotometrik olarak klorofil a için 663 nm, klorofil-b için 645 nm ve toplam karotenoid içeriği için de 480 nm' de alınmıştır. Fotosentetik pigment miktar ölçümü, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{mg klorofil-a / g doku} = [\Delta A_{663} \times 12.70 - \Delta A_{645} \times 2.69] (V/1000 \times W)$$

$$\text{mg klorofil-b / g doku} = [\Delta A_{645} \times 22.90 - \Delta A_{663} \times 4.68] (V/1000 \times W)$$

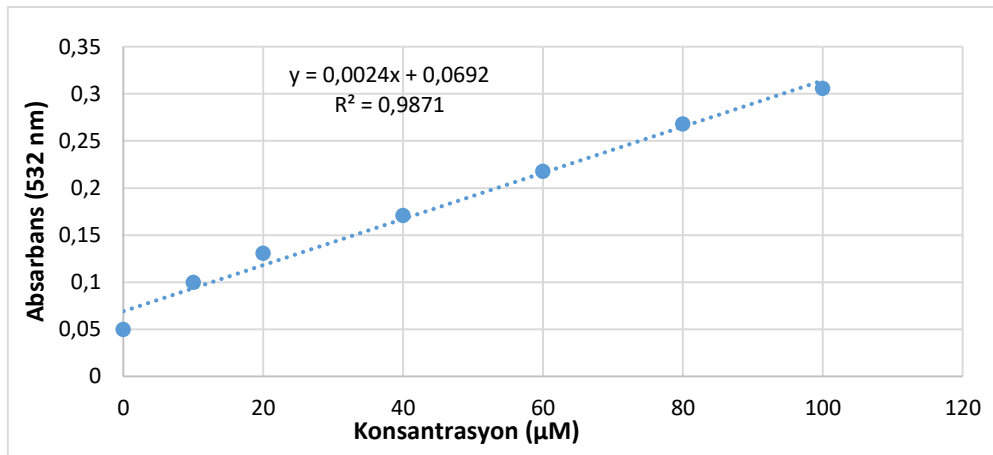
$$\text{mg karotenoid / g doku} = [\Delta A_{480} + \Delta A_{663} \times 0.114 - \Delta A_{645} \times 0.638 / 112.50] (V/1000 \times W)$$

Eşitliklerde;

- Δ = Ekstratın belirli dalga boylarındaki absorbans
- V = %80 Asetonda klorofil özütünün son hacmi(mL)
- W = Çıkarılan dokunun g olarak taze ağırlığı (12.7, 2.69, 22.9, 4.68, 0.114,0.638 sabitlerdir)

3.2.4.2. Malondialdehit (MDA) Miktarının Belirlenmesi

Bu çalışmada yer fıstığı toprak üstü kısımlarında oluşan hücre membran hasarını ölçmek için lipit peroksidasyonunun son ürünü olan MDA miktarı tiyobarbitürik asit (TBA) testi ile Ohkawa ve ark. (1979)' na göre belirlenmiştir. Her bir uygulama için 100 mg örnek tartılmış, üzerine 2 mL %5' lik trikloroasetikasit (TCA) eklenerek homojenizasyon sağlanmıştır. Hazırlanan bu karışım 25 °C 12000 rpm' de 20 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. 0.4 µl süpernatant ve içinde % 0.5 oranında tiyobarbitürik asit (TBA) bulunan 0.4 µl %20'lik TCA çözeltisi içeren reaksiyon karışımı, 95 °C' lik sıcak su banyosunda 1 saat tutulduktan sonra reaksiyonu durdurmak amacıyla buz banyosuna konulmuş ve 10000 rpm 10 dakika santrifüjlenerek karışımların absorbans değerleri UV-Vis spektrofotometre yardımıyla 532 nm dalga boyunda köre karşı okunmuştur. MDA miktarı, standart 1,1,3,3 Tetraethoxypropane (MDA) grafiğinden elde edilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 3.5.).

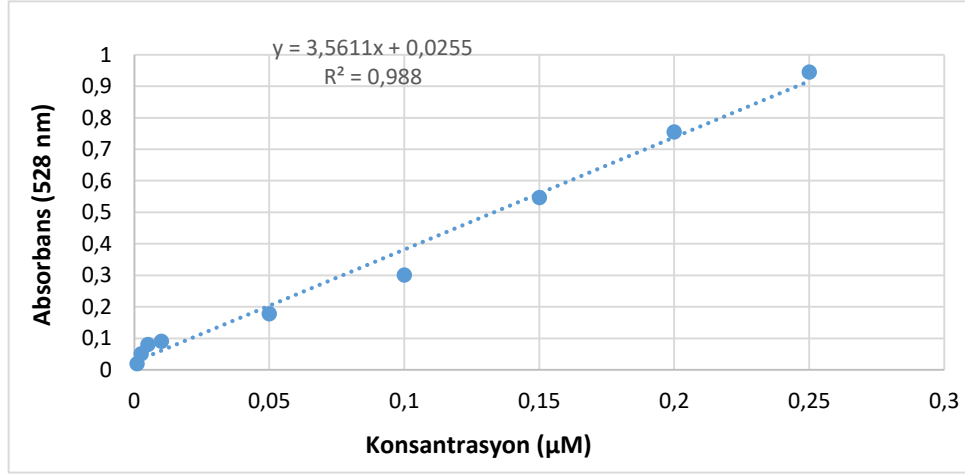


Şekil 3.5. MDA standart eğrisi

3.2.4.3. Prolin İçeriğinin Belirlenmesi

Prolin miktarı spektrofotometrik olarak Asit Ninhidrin metodu ile belirlenmiştir (Bates ve ark., 1973; Ghoulam ve ark., 2002). 100 mg taze örnek % 40'lık 2 mL metanol ile ekstrakte edilmiştir. Sonra 1 mL ekstrakt, 1 mL glasiyal asetik asit ve 6 M ortofosforik asitten (3:2 v/v) oluşan karışım üzerine 25 mg ninhidrin ilave edilerek 1 saat süre ile 100 °C de inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra karışımların bulunduğu tüpler soğutulularak 5 mL toluen ilave edilmiştir. Örneklerin prolin miktarının belirlenmesi için tüplerin üst kısmında oluşan fazın absorbans değeri 528 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Prolin

konsantrasyonu, L-prolin standart eğri grafiği (Şekil 3.6) kullanılarak belirlendi ve $\mu\text{mol g}^{-1}$ taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.6. L-Prolin standart eğrisi

3.2.4.4. Bitki ekstralarının hazırlanması

Toplam fenolik ve flavonoid madde içeriği analizlerinde kullanılmak üzere bitkilerin hasat edildiği sırada kurumaya bırakılan Halisbey yer fıstığı bitki örnekleri toz haline getirildikten sonra metanol ile 24 saat boyunca masere edilmiştir. Maserasyon süreci tamamlanan örnekler Whatman No:1 filtre kağıtlarından süzülüş, ekstraların çözücü kısmı evaporatör yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan özütler toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içeriği analizlerinde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir. Bu amaçla, elde edilen katı özütlerden 1000 $\mu\text{g/mL}$ konsantrasyonda stok çözeltiler hazırlanmıştır.

3.2.4.4.1. Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılmak üzere gallik asite eş değer olarak tespit edilmiştir (Slinkard ve Singleton, 1977). Ekstrelerin 1000 ppm konsantrasyonda çözeltileri hazırlanarak 100 μg ekstre içeren örnek çözeltileri distile su ile 4.6 mL' ye tamamlanmıştır. Bu karışıma 100 μL Folin-Ciocalteu Reaktifi (FCR) ve 3 dakika sonra %2'lik Na_2CO_3 çözeltilisinden 300 μL ilave edilerek oda sıcaklığında iki saat boyunca inkübe edilmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki gallik asit çözeltileri için de aynı

işlem uygulanarak inkübasyon sonrasında 760 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm alınmıştır.

Yöntem:

Farklı hacimlerde alınan gallik asit çözeltisi/ekstre

↓

Distile su ile hacim 4.6 mL'ye tamamlanır

↓

100 µl FCR

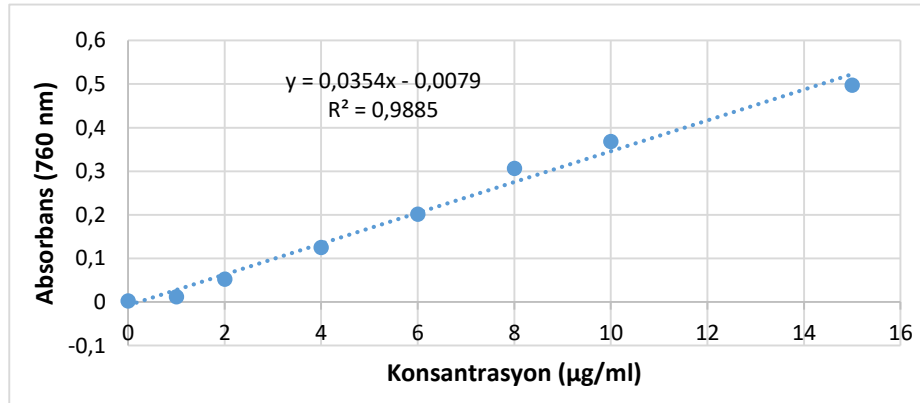
↓ (3 dk sonra)

300 µl Na₂CO₃ çözeltisi

↓ (2 saat sonra)

760 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuma

Toplam fenolik içerik, standart gallik asit eğri grafiğinden (Şekil 3.7.) elde edilen eşitlik kullanılarak hesaplanmış ve gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir. Gallik asite eşdeğer fenolik içerik ($y=0.0354x-0.0079$; $R^2=0.9885$).



Şekil 3.7. Gallik asit standart eğri

3.2.4.4.2. Toplam Flavonoid Madde İçeriğinin Belirlenmesi:

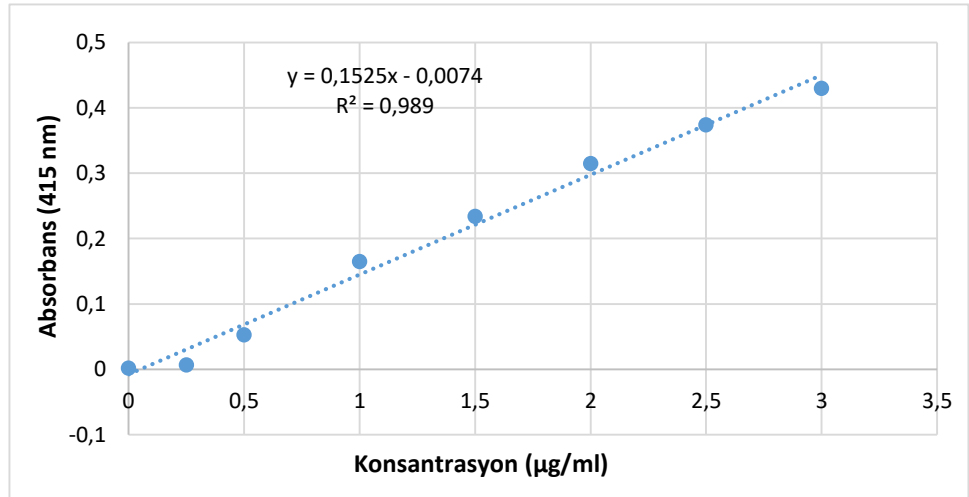
Toplam flavonoid madde miktarları kersetine eşdeğer olarak alüminyum nitrat yöntemi ile belirlenmiştir (Moreno ve ark., 2000). 1000 ppm' lik kersetin çözeltisi hazırlanmış ve bu çözeltiden 0,25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 ve 200 µL alınarak hacimleri

% 80' lik etanol ile 4.8 mL' ye tamamlanmıştır. Daha sonra karışımın üzerine 0.1 mL 1 M potasyum asetat ve bir dakika sonra 0.1 mL %10'luk alüminyum nitrat ilave edilmiştir. 40 dakika inkübasyon süresinden sonra 415 nm' de kontrole karşı UV spektrofotometresinde absorbanları okunmuştur.

Yöntem:

Farklı hacimlerde alınan kersetin çözeltisi/ekstre
↓
%80'lik etanol ile hacim 4.8 mL'ye tamamlanır
↓
100 µl 1 M potasyum asetat çözeltisi
↓ (1 dk sonra)
100 µl %10'luk Alüminyum nitrat çözeltisi
↓ (40 dk sonra)
415 nm dalga boyunda spektrofotometrik okuma

Toplam flavonoid madde içeriği, standart kersetin grafiğinden (Şekil 3.8.) elde edilen eşitlik kullanılarak hesaplanmış ve kersetin eşdeğeri (QE) olarak ifade edilmiştir. Kersetine eşdeğer flavonoid içerik ($y=0.1525x-0.0075$; $R^2=0.989$).



Şekil 3.8. Kersetin standart eğrisi

3.2.4.5 Yağ Asidi İçeriğinin Belirlenmesi:

Fıstık yaprağı numuneleri IKA A11 Basic marka değirmen ile öğütülerek 3-3,3 gram arası olacak şekilde falkon tüpüne aktarıldı ve üzerine 5 kat hekzan çözücüsü ilave edildi. Hazırlanmış olan hekzan ekstraktlarından 2 mL hekzan ve 3 mL 1 M KOH (metanol içerisinde çözülmüş) esterleştirilerek üst fazdan 1:1 hekzan:esterleştirilmiş hekzan ekstraktı 0,22 lik pvdf filtreden geçirilerek vialde alındı ve GC-MS cihazına verildi ((Benguedouar ve ark., 2022; Özdemir ve ark., 2022).

3.2.5 İstatistiksel Analiz:

Deneyler sonucu elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS “for Windows 20.0 Standart version” paket programı kullanılarak yapılmıştır. Kontrol ve PEG/SA uygulama grupları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi (ONE-WAY ANOVA) ve DUNCAN çoklu karşılaştırma testine göre $p \leq 0.05$ önemlilik derecesinde değerlendirilmiştir. Tüm değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fotosentetik Pigment İçeriklerinin Belirlenmesi

Abiyotik stres (tuz, kuraklık, vb.) bitkilerde kloroz, nekroz ve erken yaşlanma gibi çeşitli önemli değişikliklere yol açarak fotosentetik pigmentlerin bozulmasına ve sonuç olarak bitki büyümesinin yavaşlamasına neden olur (Ahmad ve ark., 2019). Bu tez çalışmasında kuraklık (PEG) stresinin fotosentetik pigment içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimlerin etkilerini belirlemek amacıyla Halisbey yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitkisinde klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoid içeriği değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kuraklık stresi koşullarında SA’nın Halisbey yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitki ekstralarında fotosentetik pigment içeriğine etkileri*

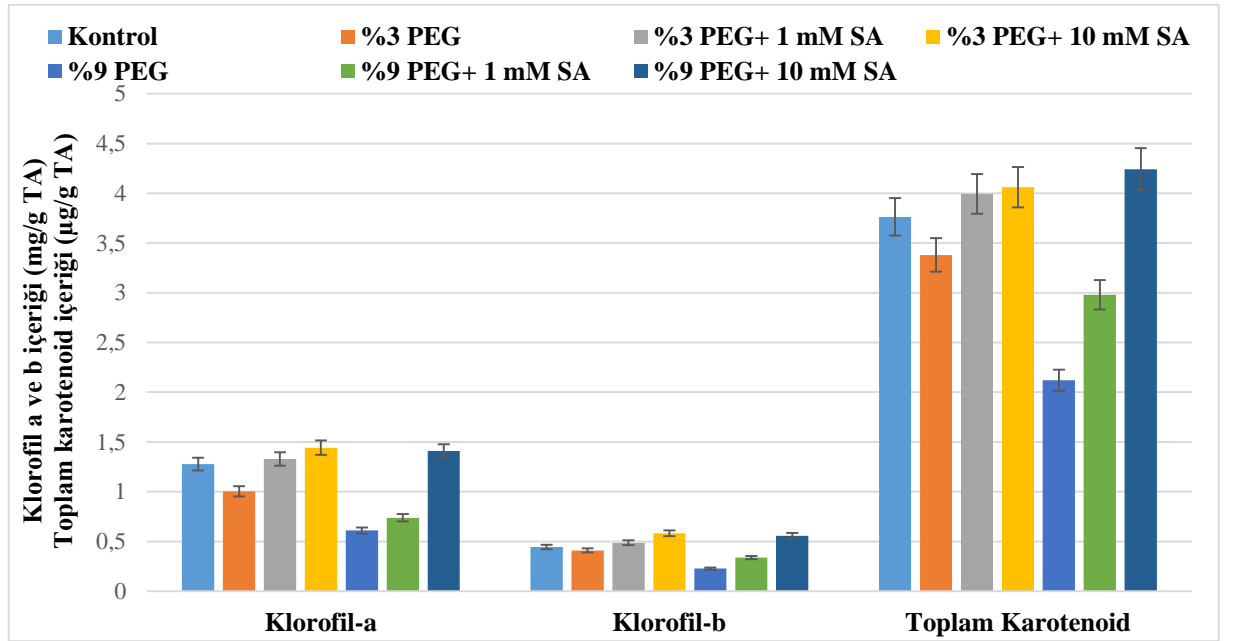
Ekstreler	Klorofil-a ($\mu\text{g/g TA}$)	Klorofil-b ($\mu\text{g/g TA}$)	Toplam karotenoid ($\mu\text{g/g TA}$)
Kontrol	1,278 \pm 0,242 ^b	0,444 \pm 0,035 ^{ba}	3,762 \pm 0,340 ^a
%3 PEG	1,004 \pm 0,182 ^c	0,409 \pm 0,024 ^{ba}	3,380 \pm 0,127 ^{ba}
%3 PEG + 1 mM SA	1,329 \pm 0,138 ^{ba}	0,487 \pm 0,019 ^{ba}	3,993 \pm 0,257 ^a
%3 PEG + 10 mM SA	1,442 \pm 0,050 ^a	0,583 \pm 0,017 ^a	4,061 \pm 0,413 ^a
%9 PEG	0,610 \pm 0,010 ^e	0,228 \pm 0,009 ^b	2,122 \pm 0,014 ^b
%9 PEG + 1 mM SA	0,737 \pm 0,028 ^d	0,338 \pm 0,007 ^{ba}	2,980 \pm 0,024 ^{ba}
%9 PEG + 10 mM SA	1,408 \pm 0,108 ^a	0,556 \pm 0,029 ^a	4,241 \pm 0,248 ^a

* Her bir sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $p \leq 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir.

Klorofil-a içeriği için sonuçlar incelendiğinde; %3 PEG ve %9 PEG uygulamasında kontrol grubuna göre bir azalış olduğu ve bu azalışın istatistiksel olarak da anlamlı olduğu görülmüştür. PEG stresine yanıt olarak kontrole göre meydana gelen bu azalış, bitkinin klorofil-a içeriği bakımından stresten etkilendiğini göstermektedir (Çizelge 4.1). % 3 PEG uygulanan bitkilere SA’nın farklı oranlarda eklenmesi sonucu, klorofil-a içeriği 1,004 $\mu\text{g/g TA}$ ’dan 1mM SA uygulamasında 1,329 $\mu\text{g/g TA}$ ’ya 10 mM SA’da ise 1,442 $\mu\text{g/g TA}$ ’ya kadar yükselmiştir. %9 PEG uygulanan gruplarda 1mM ve 10 mM SA eklenmesi ile klorofil-a içeriğinde artış gözlenmiş ve gözlenen bu artış $p \leq 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Sonuç olarak, PEG uygulamaları ile kontrole göre meydana gelen klorofil-a içeriğindeki azalmalar SA eklenmesi sonucu artış göstermiştir. Bu uygulamalarda meydana gelen en yüksek artış 1,442 $\mu\text{g/g TA}$ ve takiben 1,408 $\mu\text{g/g TA}$ ile sırasıyla %3 PEG+10 mM SA ve %9 PEG+10 mM SA gruplarındaki bitkilerden elde edilmiştir (Şekil 4.1).

Klorofil-b içeriği için sonuçlar incelendiğinde; PEG uygulamasının iki konsantrasyonunda da kontrol grubuna göre azalma olmuş ve PEG konsantrasyonunun artışına bağlı olarak azalma seviyesi artış göstermiştir (Çizelge 4.1). Hem %3 PEG hem de %9 PEG uygulamalarına eklenen SA, klorofil-b içeriğinde artışa yol açmıştır. 10 mM SA eklenmesi ile klorofil-b içeriğinde meydana gelen artışlar 1 mM SA eklenen deney gruplarına göre daha fazla olmuştur. En yüksek artış 0,583 µg/g TA değeri ile 3% PEG+10 mM SA uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4.1).

Halisbey yer fıstığının toplam karotenoid içeriğine ait bulgular değerlendirildiğinde; klorofil-a ve klorofil-b içeriğindeki bulgulara benzer şekilde %3 ve %9 PEG stresine maruz bırakılan bitkilerde toplam karotenoid miktarları kontrole göre azalma göstermiş ve dolayısıyla bitkilerin karotenoid içeriği bakımından PEG stresinden etkilendiği görülmüştür (Çizelge 4.1). SA'nın ayrı ayrı uygulanması hem %3 hem de %9 PEG için toplam karotenoid içeriğinde artışa neden olmuştur. En fazla artış %9 PEG +10 mM (4,241 µg/g TA) deney grubunda görülmüş bunu 4,061 µg/g TA ile %3 PEG +10 mM uygulaması takip etmiştir. SA uygulaması tüm gruplarda toplam karotenoid içeriğini arttırmış ve istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın fotosentetik pigment içeriğine etkileri

4. 2. Malondialdehit (MDA) Miktarının Belirlenmesi

Bitkilerde stres (biyotik ve abiyotik) faktörlerinin etkisiyle artan MDA, lipid peroksidasyonuna yol açarak zar hasarına ve elektrolit sızıntısına neden olur (Ma ve ark.,2008). Ayrıca MDA hücre zarı lipid peroksidasyonunun bir ürünü olup konsantrasyonu, bitkilerdeki oksidatif stresin ve hücre zarı homeostazının derecesini gösterebilir (Krantev ve ark.,2008). Bu tez çalışmasında PEG kaynaklı kuraklık stresine maruz bırakılan Halisbey yer fıstığı bitkilerine farklı dozlarda SA uygulaması yapılmış ve membranlarda meydana gelen hasarın etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla MDA içeriklerine ait sonuçlar incelenmiştir (Çizelge 4.2. ve Şekil 4.2.).

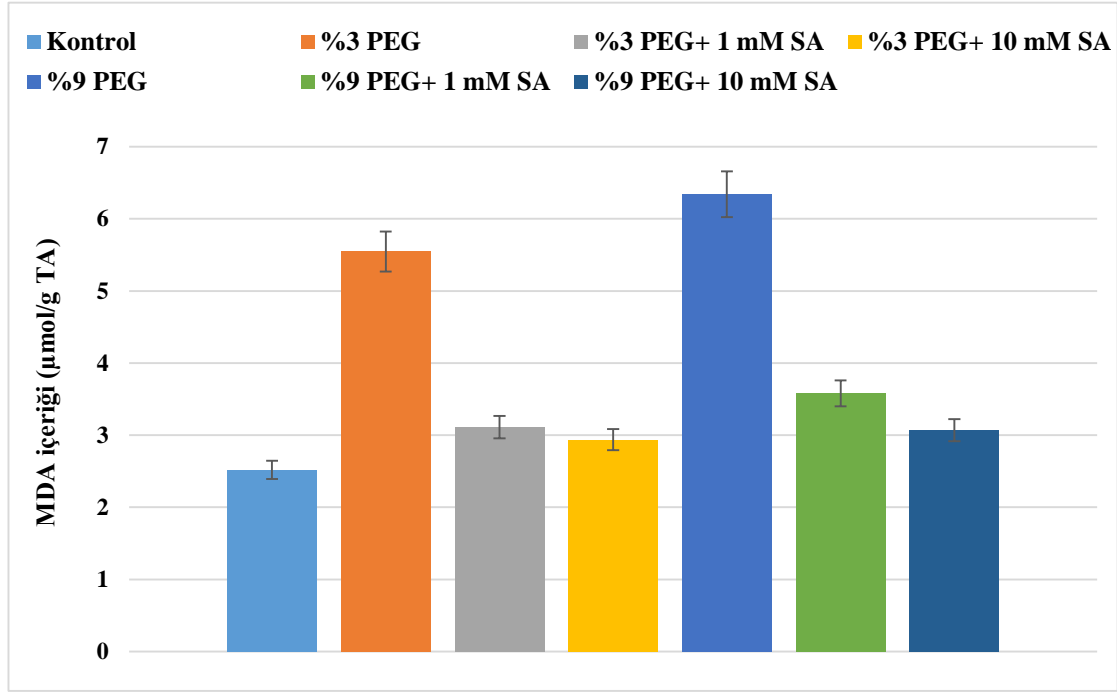
Çizelge 4.2. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitki ekstraktlarında MDA içeriğine etkileri*

Ekstreler	MDA içeriği (µmol/g TA)
Kontrol	2,520±0,158 ^c
%3 PEG	5,548±0,075 ^{ba}
%3 PEG + 1 mM SA	3,111±0,016 ^{cb}
%3 PEG + 10 mM SA	2,939±0,083 ^{cb}
%9 PEG	6,339±0,333 ^a
%9 PEG + 1 mM SA	3,580±0,325 ^{cba}
%9 PEG + 10 mM SA	3,070±0,075 ^{cb}

* Her bir sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $p \leq 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir.

%3 PEG uygulamasında MDA içeriği kontrol grubuna kıyasla (2,520 µmol/g TA) yaklaşık 2 kat artarak 5,548 µmol/g TA'ya, %9 PEG'de ise yaklaşık 3 kat artarak 6,339 µmol/g TA değerine kadar yükselmiştir. PEG konsantrasyonu arttıkça buna paralel olarak MDA miktarı da artış göstermiştir. Kontrole göre PEG uygulamalarında meydana gelen bu artışlar istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Tüm deney grupları kontrolden yüksek MDA içeriğinin oluşmasına yol açmıştır. Kontrol grubuna oranla en yüksek MDA miktarı değerini ve dolayısıyla da membranlarda meydana gelen en yüksek hasarı en fazla arttıran grup yüksek konsantrasyondaki PEG (%9) uygulaması olmuştur (Çizelge 4.2).

PEG uygulamalarında meydana gelebilecek membran hasarını bertaraf etmek için ortama eklenen SA'lar MDA içeriklerinde yaklaşık yarı yarıya azalmalara yol açmıştır. %3 PEG uygulamasında 5,548 $\mu\text{mol/g}$ TA olan MDA içeriği SA uygulaması ile 2,939 $\mu\text{mol/g}$ TA (%3 PEG + 10 mM SA)'ya ve %9 PEG uygulamasında 6,339 $\mu\text{mol/g}$ TA olan değer %9 PEG + 10 mM SA eklenen grupta 3,070 $\mu\text{mol/g}$ TA'ya kadar düşüş göstermiştir. Bu sonuçlar SA'nın MDA'yı azaltıp strese karşı direncini göstermektedir



Şekil 4.2. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın MDA içeriğine etkileri

4. 3. Toplam Fenolik ve Flavonoid Madde İçeriklerinin Belirlenmesi

Bitkiler biyolojik aktivite gösteren ve biyoaktif bileşikler olarak adlandırılan fitokimyasallar içerir. Bu bileşikler arasında önemli bir yere sahip olan fenolikler ve flavonoidler, bitkilerde çok sayıda biyolojik süreçte ve çevresel faktörlere verilen yanıtta önemli rol oynamaktadır (Williamson ve ark., 2018). Yer fıstığında PEG stresine karşı uygulanan SA'nın yer fıstığı bitkilerinde fitokimyasallar üzerinde gösterdiği değişimler toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları bakımından incelenmiş ve bu değişimler Çizelge 4.3. ve Şekil 4.3. ile Çizelge 4.4. ve Şekil 4.4.'te verilmiştir.

PEG stresine maruz kalan yer fıstığı bitkilerinin yapraklarındaki toplam fenolik madde içerikleri incelendiğinde PEG'in iki konsantrasyonunda da (%3 ve %9 PEG) kontrol grubuna göre bir artış olmuş ve bu artış düşük PEG (%3) oranında daha yüksek olmuştur (Çizelge 4.3.).

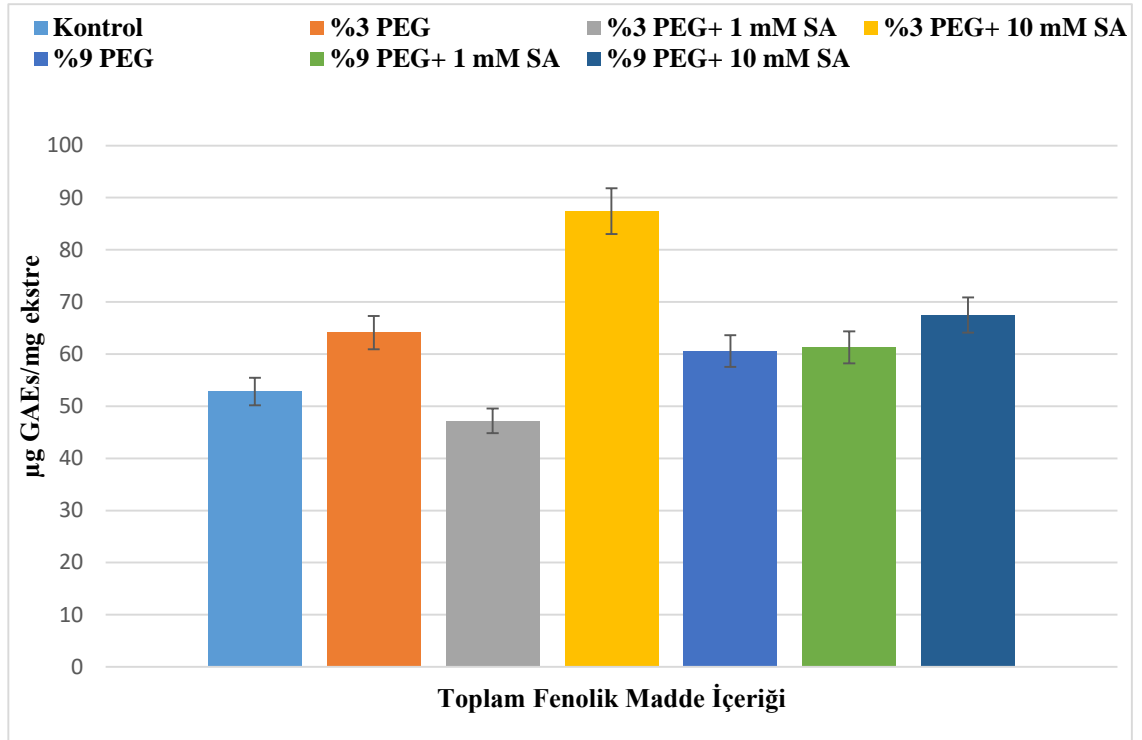
Çizelge 4.3. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitki ekstralarında toplam fenolik madde içeriğine etkileri*

Ekstreler	Toplam Fenolik Madde İçeriği (µg GAEs/mg ekstre)
Kontrol	52,821±1,056 ^b
%3 PEG	64,121±1,128 ^{ba}
%3 PEG + 1 mM SA	47,178±0,943 ^b
%3 PEG + 10 mM SA	87,429±1,740 ^a
%9 PEG	60,591±1,211 ^{ba}
%9 PEG + 1 mM SA	61,299±1,225 ^{ba}
%9 PEG + 10 mM SA	67,480±1,485 ^{ba}

*Her bir sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $p \leq 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir.

%3 PEG uygulanan bitkilere 1mM SA eklenmesi ile toplam fenolik madde içeriğinde düşüş olmuş, SA konsantrasyonunun artışı (10 mM SA) 87,429 µg GAEs/mg ekstre değeri ile hem kendi grubunda hem de tüm uygulama gruplarında en yüksek fenolik madde içeriği değerinin oluşmasını sağlamıştır.

%9 PEG uygulanan yer fıstığı bitkilerinde ortama eklenen SA'lar toplam fenolik madde içeriğinde artışa yol açmış, bu içerik artışı SA konsantrasyonunun artışına paralel olarak yükseliş göstermiştir. %9 PEG uygulanan grupta 60,591µg GAEs/mg ekstre olan toplam fenolik madde içeriği 1mM SA eklenmesi ile 61,299 µg GAEs/mg ekstre, 10 mM SA eklenmesi ile 67,480 µg GAEs/mg ekstre değerine yükselmiştir (Şekil 4.3.). %3 PEG + 1 mM SA dışındaki gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 4.3. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın toplam fenolik madde içeriğine etkileri

PEG stresine maruz bırakılan yerfıstığı bitkilerinin yapraklarındaki toplam flavonoid madde içeriği bakımından sonuçları incelendiğinde kontrol grubunda (0 PEG) 11,620 µg QEs/mg ekstre olan değer %3 PEG uygulaması ile 47,279 µg QEs/mg ekstre değeri ve %9 PEG eklenmesi ile de 21,111 µg QEs/mg ekstre değeri olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla düşük PEG oranındaki toplam flavonoid madde içeriği daha yüksek olmuş ve meydana gelen bu değişimler istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitki ekstralarında toplam flavonoid madde içeriğine etkileri*

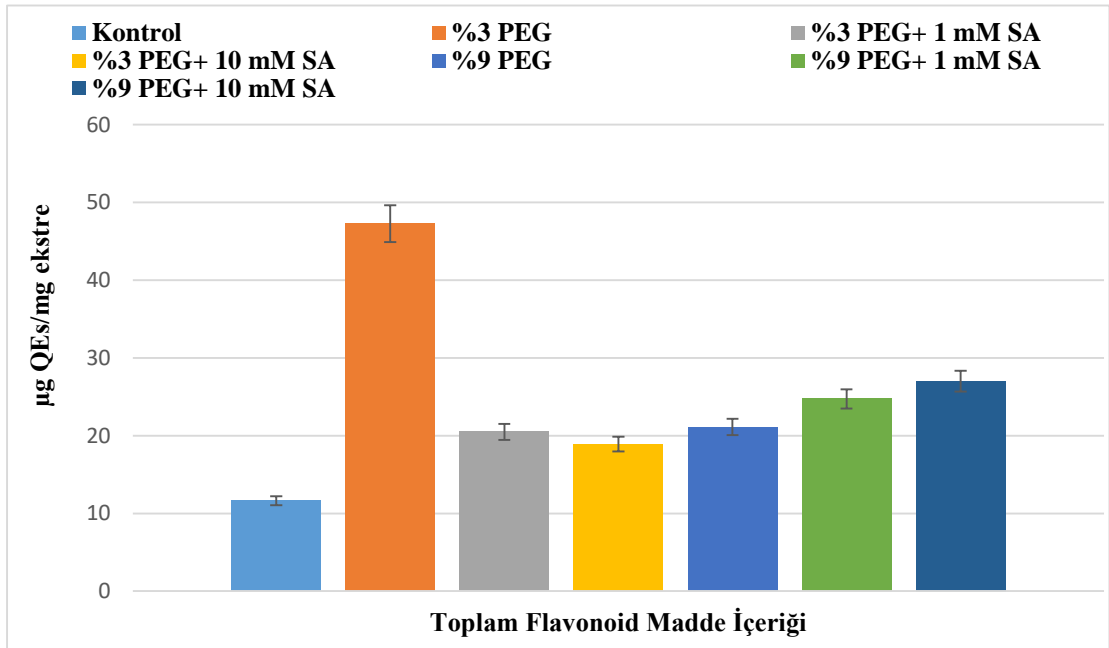
Ekstreler	Toplam Flavonoid Madde İçeriği (µg QEs/mg ekstre)
Kontrol	11,620±1,311 ^d
%3 PEG	47,279±1,029 ^a
%3 PEG + 1 mM SA	20,490±1,039 ^c
%3 PEG + 10 mM SA	18,930±1,019 ^c
%9 PEG	21,111±1,196 ^c
%9 PEG + 1 mM SA	24,720±1,032 ^b
%9 PEG + 10 mM SA	27,018±1,042 ^b

* Her bir sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar p≤0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir.

%3 oranında PEG uygulanan yer fıstığı bitkilerinde 47,279 µg QEs/mg ile en yüksek ekstre içeriği görülmüştür. PEG stres faktörünün yarattığı etkilerin incelenmesi amacıyla eklenen SA oranları toplam flavonoid madde içeriğini azaltmıştır. Bu azalma 18,930 µg QEs/mg ekstre değeri ile 10 mM SA eklenen gruptaki bitkilerde daha fazla olmuştur.

%9 PEG uygulanan bitkilere (21,111 µg QEs/mg ekstre) SA eklenmesi toplam flavonoid madde içeriğini arttırarak 1 mM SA'da 24,720 µg QEs/mg ekstre değerine, 10 mM SA uygulamasında ise 27,018 µg QEs/mg ekstre değerine yükseltmiştir. SA eklenmesi ile elde edilen bu artışlar PEG uygulamasına göre $p \leq 0.05$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Sonuç olarak, SA uygulanan gruplar arasında toplam fenolik/flavonoid madde içerikleri değerlendirildiğinde yüksek oranlar, 10 mM SA eklenmesi sonucu elde edilen ekstrelerden sağlanmıştır. Toplam fenolik madde içeriği için en yüksek değer 87,429 µg GAEs/mg ekstre ile %3 PEG + 10 mM SA uygulamasından, toplam flavonoid madde içeriği için en yüksek değer 27,018 µg QEs/mg ekstre ile %9 PEG + 10 mM SA eklenen uygulama grubundan elde edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın toplam flavonoid madde içeriğine etkileri

4.4. Prolin İçeriğinin Belirlenmesi

Prolin, hem biyotik hem de abiyotik stres tepkilerinde ve bitki gelişim süreçlerinde büyük bir etkiye sahip olan, stres koşullarında bitkiye dayanıklılık sağlayan, dokularda genellikle farklı miktarlarda artan, suda çözünen bir aminoasittir. Bu nedenle bitki dokularında prolin birikimi, söz konusu bitkinin stresten etkilendiğini gösteren bir parametre olarak kabul edilir.

Bu nedenle bu tez çalışmasında PEG kaynaklı kuraklık stresine maruz bırakılan Halisbey yer fıstığı bitkilerinde, uygulanan farklı konsantrasyonlardaki SA'ların varlığında gösterilen değişimler prolin içeriği bakımından incelenmiş ve bu değişimler Çizelge 4.5. ve Şekil 4.5.'te verilmiştir. PEG stresine maruz kalan yer fıstığı bitkilerinin yapraklarındaki toplam prolin miktarları PEG'in iki konsantrasyonunda da (%3 PEG ve %9 PEG) kontrol grubuna göre artış göstermiş ancak bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.5.).

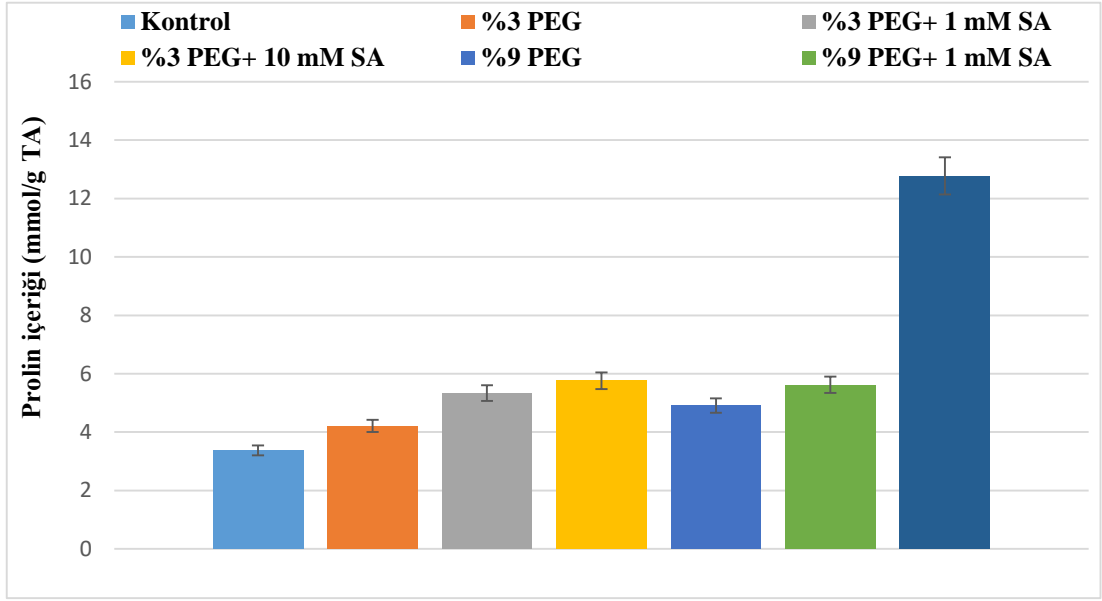
Çizelge 4.5. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitki ekstrelerinde prolin içeriğine etkileri*

Ekstreler	Prolin içeriği (mmol/g TA)
Kontrol	3,369±0,014 ^b
%3 PEG	4,210±0,561 ^b
%3 PEG + 1 mM SA	5,338±0,140 ^b
%3 PEG + 10 mM SA	5,758±0,564 ^b
%9 PEG	4,911±0,164 ^b
%9 PEG + 1 mM SA	5,618±0,702 ^b
%9 PEG + 10 mM SA	12,779±1,028 ^a

* Her bir sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $p \leq 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir.

%3 PEG uygulamasında ortama eklenen farklı oranlardaki SA'lar prolin içeriğinde istatistiksel olarak önemli olmayan ($p \leq 0.05$ seviyesinde) bir artışa yol açmıştır. %3 PEG'de 3,369 mmol/g TA olan değer 1 mM SA eklenmesi ile 4,210 mmol/g TA'ya 10 mM SA eklenmesi ile de 5,338 mmol/g TA'ya yükselmiştir.

%9 PEG uygulama gruplarında eklenen 1 mM ve 10 mM SA dozları, prolin içeriğini arttırmıştır. Tüm uygulama gruplarında, prolin içeriği bakımından en yüksek değere kontrole göre 4 kat ve %9 PEG uygulamasına göre 3 kat artış ile %9 PEG + 10 mM SA (12,779 mmol/g TA) uygulaması sahip olmuştur (Şekil 4.4.).Bu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.



Şekil 4.5. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın prolin içeriğine etkileri

4.5.Yağ asidi İçeriğinin Belirlenmesi

Halisbey yer fıstığı bitkilerinden hazırlanmış olan hekzan ekstreleri kullanılarak GC-MS yöntemi ile gerçekleştirilmiş olan yağ asidi tayini sonucunda elde edilen bulgular, Çizelge 4.6.'de verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubuna kıyasla %3 PEG uygulamasında Heptadekan, Oleik asit metil ester, α - Linolenik asit metil ester ve Skualen yağ asitleri, % 9 PEG'e maruz bırakılan ekstrelerde Oleik asit metil ester ve α - Linolenik asit metil ester yağ asitleri oranında azalma olmuştur.

Bu gruplarda artış oranı gösteren yağ asitleri %3 PEG uygulamasında Palmitik asit, Linoleik asit metil ester, Fitol ve Heptakosan olurken, % 9 PEG'de Heptadekan, Palmitik asit, Linoleik asit metil ester, Fitol, Heptakosan ve Skualen yağ asitleri olmuştur.

%3 PEG uygulanan bitkilerde SA eklenmesi sonucu her iki konsantrasyon için Linoleik asit metil ester, α - Linolenik asit metil ester ve Skualen yağ asitlerinde SA eklenmesi ile artış gözlenmiştir. Çizelge 4.6.'da belirtilen diğer yağ asitleri içeriğinde, yağ asidinin türüne ve SA konsantrasyonuna bağlı olarak değişen şekillerde artma ve azalmalar gözlenmiştir. Bu gruplardaki en yüksek artış yaklaşık 2 kat ile %3 PEG + 1 mM SA uygulamasında Skualen yağ asidinde olmuştur.

%9 PEG uygulanan bitkilere eklenen SA oranları bitkileri farklı şekillerde etkilemiştir. Hem 1 mM hem 10 mM SA uygulaması için ortak değerlendirme

yapıldığında oranı artan yağ asitleri Heptadekan, α - Linolenik asit metil ester ve Fitol olurken oranı azalan yağ asitleri Palmitik asit ve Linoleik asit metil ester olmuştur.

Elde edilmiş olan sonuçlara göre tüm uygulama grupları için majör yağ asitleri sırasıyla Palmitik asit, Oleik asit metil ester, Linoleik asit metil ester olarak tespit edilmiştir. Minör yağ asitleri ise sırasıyla Heptokosan ve Skualen olmuştur.

Çizelge 4.6. Kuraklık stresi koşullarında SA'nın Halisbey yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitki ekstrelerinde yağ asidi içeriğine etkileri*

Molekülün Adı	Alan (%)*						
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
Heptadekan	6.15±0,57 ^{ba}	5.86±0,35 ^{ba}	7.08±0,73 ^a	6.69±0,18 ^a	3.76±0,28 ^b	7.18±1,00 ^a	7.32±1,44 ^a
Palmitik asit	23.53±1,32 ^{ba}	24.68±1,19 ^a	23.81±1,95 ^{ba}	23.76±1,78 ^{ba}	23.83±1,08 ^{ba}	21.57±0,98 ^b	22.42±1,10 ^{ba}
Oleik asit metil ester	20.54±1,69 ^a	17.66±1,33 ^b	17.41±0,93 ^b	16.77±0,87 ^b	16.78±0,56 ^b	16.58±0,75 ^b	17.70±1,01 ^b
Linoleik asit metil ester	13.29±0,71 ^b	13.30±1,03 ^b	15.74±0,69 ^{ba}	16.26±0,39 ^a	15.51±1,09 ^{ba}	14.16±1,16 ^{ba}	14.52±0,26 ^{ba}
α- Linolenik asit metil ester	8.70±0,39 ^a	7.76±0,44 ^a	7.52±0,55 ^a	8.32±0,74 ^a	8.97±0,13 ^a	8.07±0,09 ^a	8.45±0,41 ^a
Fitol	6.04±0,47 ^b	9.67±0,53 ^a	9.58±0,81 ^a	7.74±0,70 ^{ba}	10.93±0,82 ^a	9.94±0,64 ^a	9.83±0,32 ^a
Heptakosan	1.91±0,07 ^a	2.40±0,05 ^a	2.00±0,08 ^a	1.94±0,02 ^a	1.90±0,05 ^a	1.71±0,06 ^a	2.11±0,04 ^a
Skualen	2.93±0,41 ^{ba}	2.44±0,89 ^b	3.59±0,51 ^{ba}	5.32±0,33 ^a	4.40±0,14 ^{ba}	4.06±0,08 ^{ba}	3.27±0,49 ^{ba}
<p>** Her bir satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar p≤0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir. Y1- Kontrol; Y2-%3 PEG; Y3- %9 PEG; Y4- %3 PEG + 1 SA; Y5- %3 PEG + 10 SA; Y6- %9 PEG + 1 SA; Y7-%9 PEG + 10 SA.</p>							

Olumsuz çevre koşulları nedeniyle bitkiler büyümelerini, metabolizmalarını ve verimlerini etkileyen çeşitli abiyotik ve biyotik streslere maruz kalmaktadır (Kaur ve Gupta, 2005). Abiyotik stresler (ısı, tuzluluk, UV radyasyonu, kuraklık ve ağır metal gibi) tarım sektörüne yönelik en zorlu tehditler arasındadır (Tomonori ve ark., 2013). En önemlilerinden biri olan kuraklık, dünya çapında ürünlerde büyümeyi sınırlayarak bitki verimliliğini azaltmaktadır (Singh ve ark., 2014). Bu çalışmada kuraklık stres faktörünü oluşturmak için polietilen glikol (PEG 6000) kullanılmıştır. PEG yüksek molekül ağırlığına sahiptir, çözelti halinde kuraklık stresini taklit etmektedir (Rohit ve ark., 2020). PEG'in bitkilerde önemli miktarda su stresi oluşturduğu ve herhangi bir toksik etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Emmerich ve Hardegee, 1990). Son yıllarda, kuraklığın bitki büyümesi, fizyolojisi ve verimi üzerindeki zararlı etkilerini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirmek için bazı araçlar kullanılmıştır. Bu amaçla, jasmonik asit (Bandurska ve ark., 2003) ve SA (Shaki ve ark., 2018; Osama vd., 2019; Brito ve ark., 2019) gibi fitohormonların ekzojen uygulanması bazı türler üzerinde test edilmiş ve bu fitohormonlar mahsul bitkilerinde abiyotik streslerin olumsuz etkilerini iyileştirmek için güçlü bir araç olarak kabul edilmiştir. Özellikle, SA'nın önemi, ozmolit metabolizması, su dengeleri ve antioksidan savunma sistemleri gibi ilişkili metabolik süreçler yoluyla bitki stres toleransını iyileştirmede giderek daha fazla kabul görmektedir (Pokotylo ve ark., 2019). Tüm bu nedenlerden dolayı bu tez çalışmasında PEG kaynaklı kuraklık stres faktörüne maruz bırakılan Halisbey yer fıstığı bitkilerine, ilk kez, SA uygulamaları yapılmış ve SA'nın strese karşı yanıtlarının değerlendirilmesi amacıyla fotosentetik pigment içeriği, MDA, prolin, toplam fenolik ve flavonoid madde içeriği ile yağ asidi içeriği üzerindeki etkileri karşılaştırmalı bir şekilde incelenmiştir.

Kuraklık bitkinin su potansiyelini azaltır, elektron transferini engeller ve kloroplast ile tilakoid membran yapılarını tahrip eder (Yousefi ve ark., 2020; Mahdavi ve ark., 2020; Biareh ve ark.,2022). Kuraklık stresinin, pigmentlerin oksidasyonu ve bozulmuş biyosentezi nedeniyle çeşitli bitkilerde klorofil ve karotenoidler başta olmak üzere fotosentetik pigmentlerin seviyelerini düşürdüğü bilinmektedir (Abbaspour ve ark.,2011; Pandey ve ark.,2012). Yapılan çalışmalarda da kuraklık stresi altında klorofil içeriğindeki azalmanın, fotosentez sürecini kısıtlayabilecek önemli temel faktörlerden biri olduğu vurgulanmıştır (Miri ve Armin, 2013; Abdel-Motagally ve El-Zohri, 2018; Naeem ve ark., 2018; Moharramnejad ve ark., 2019). Klorofil ve karotenoid içeriğinin azalması, kloroplast membranındaki lipitleri, proteinleri ve bitki fotosentetik

pigmentlerini hedef alan oksidatif hasarın bir işareti olabilir (Koobaz ve ark.,2020). Soya fasulyesi (Mohamed ve ark., 2017) ve pirinçte (Hosain ve ark., 2022) yapılan çalışmalarda kuraklığın başta pigmentler olmak üzere ürünlerde bozulmalara neden olduğu kaydedilmiştir. Moharramnejad ve ark. (2019) kuraklık stresinin klorofil-a ve toplam klorofil içeriğini normal koşullara kıyasla önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. Mevcut tez çalışmasında da, %3 ve %9 PEG stresi klorofil pigmentleri (klorofil-a ve klorofil-b) ile toplam karotenoid içeriklerini kontrol gruplarına göre azaltarak hasarın etkilerini göstermiştir. Elisitörlerin etkisinin araştırıldığı çeşitli çalışmalarda ekzojen olarak uygulanan SA'nın kuraklık stresi koşullarında kloroplast ve tilakoid yapıların bütünlüğünü koruduğunu göstermiştir (Khalvandi ve ark., 2021; Khaleghnezhad ve ark., 2021). Agarwal ve ark. (2005) buğday ve Belkhadi ve ark.(2010) mısır bitkisi ile ilgili çalışmalarında SA'nın ekzojen uygulamasının klorofil içeriğinde artışa yol açtığını bildirmişlerdir. SA'nın kuraklık koşullarında fotosentetik aktiviteyi oksidatif stresten koruduğu (Tang ve ark., 2017), stoma kapanmasını ve kloroplastların yapısını etkileyerek fotosentetik olayları düzenlediği böylece ribuloz-1,5-bisfosfat karboksilaz/oksijenaz (RuBisCo) ve karbonik anhidraz yoluyla karboksilasyonun verimliliğini etkilediği de bildirilmiştir (Janda ve ark. 2014). Singh ve ark. (2003) SA'nın Rubisco enzim aktivitesi ve klorofil içeriğini arttırarak toplam fotosentez miktarını arttırdığını belirtmişlerdir. Mevcut çalışmada, kuraklık stresi altındaki yer fıstığı bitkilerinde klorofil içerikleri önemli ölçüde etkilenmiştir. SA'nın farklı konsantrasyonlarda uygulanması klorofil-a, klorofil-b ve karotenoid miktarını arttırmıştır. En fazla artışın 10 mM SA'da olduğu görülmüştür. Rahmani ve ark. (2019), klorofil içeriğinin kuraklık altında azaldığını, ancak Zn'nin yaprak uygulamasının, aspir bitkilerinde su eksikliği koşullarında klorofil içeriğini arttırarak kuraklığa dayanıklılığı iyileştirdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde Yavas ve Unay (2016) kuraklık stresinin klorofil içeriğini önemli ölçüde azalttığını, Zn ve SA'nın yapraktan uygulamalarının klorofil içeriği üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ve kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki zararlı etkilerini hafiflettiğini belirtmişlerdir. SA, Zn ve GB ekzojen uygulamalarının klorofil-a, klorofil- b ve toplam klorofil içeriğini arttırdığını bildiren birçok çalışma (Raza ve ark., 2012; Habibi, 2012; Ullaha ve ark., 2019; Sedaghat ve ark., 2017) ile uyumlu olarak bu tez çalışmasında da SA'nın PEG stresli bitkilere uygulanması fotosentetik pigment miktarlarını arttırmıştır. Fakat bu artış hem stresin hem de SA'nın konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik göstermiştir.

Hücre zarı bozulmasının ve sızıntı yeteneğinin araştırılması, bitkilerin kuraklık gibi çevresel streslere karşı tepkisini incelemek için önemli kriterlerden biridir (Kumar ve ark., 2020). Bitkilerde stres (biyotik ve abiyotik) faktörlerinin etkisiyle artan MDA lipid peroksidasyonuna yol açarak zar hasarına ve elektrolit sızıntısına neden olur (Ma ve ark., 2008). Mittler (2002) MDA içeriğinin hücre zarlarındaki lipid peroksidasyonunun yeterli bir göstergesi olarak kabul edildiğini belirtmiştir. Kuraklık stresinin, ROT'u baskılayan enzim sistemlerini bozduğu, membran lipidlerinin peroksidasyonunun artmasına ve sonuç olarak hücre membran stabilitesine ve pigment bozulmasına zarar verdiği iyi bilinmektedir (Yousefi ve ark., 2020; Mahdavi ve ark., 2020; Kumar ve ark., 2020). Farklı bileşiklerin yapraktan uygulamasının bitkilerde antioksidan enzimleri arttırdığı ve MDA içeriğini azalttığı rapor edilmiştir (Nasrin ve ark., 2017; Bathula ve ark., 2019; Sohag ve ark., 2020; Shemi ve ark., 2021) Sonuçlar, ROT birikimlerinin kuraklık stresi altında önemli ölçüde arttığını ancak SA, Zn ve GB uygulamalarıyla, azaldığını göstermiştir. Yousefvand ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada farklı kuraklık koşullarına maruz bırakılan arpacık soğanında MDA içeriği kuraklık stresi altında artmıştır. SA uygulaması, MDA içeriğini azaltarak kuraklığın olumsuz etkisini azaltmıştır. SA'nın biyolojik membranı koruyup, lipid peroksidasyonunu düşürerek kuraklık stresine karşı toleransı artırdığı sonucuna varılmıştır. Bu tez çalışmasında %3 ve %9 PEG stres faktörüne yanıt olarak yerfıstığında MDA miktarı ortalama 2,5 kat kadar artmış bu da bu durumun bitkide önemli ölçüde strese yol açtığını göstermektedir. Ancak SA uygulamasına bağlı olarak bu hasar derecesinin azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde Asma ve ark. (2023) iki pirinç genotipinde (HTT-39 ve HTT-138), kuraklığın ROT oluşumunu artırarak ciddi toksisiteye neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada kuraklık stresinin toksik etkileri, aynı zamanda antioksidan kapasiteyi artıran MDA ve H₂O₂'nin neden olduğu oksidatif hasarı azaltan SA uygulamasıyla ortadan kaldırılmıştır. Ma ve ark. (2017), buğday yapraklarında orta ve şiddetli kuraklık koşullarında Zn uygulamasıyla MDA içeriğinin önemli ölçüde azaldığını ifade etmişlerdir. Shemi ve ark. (2021) mısır yapraklarındaki kuraklık stresinin MDA içeriğini, H₂O₂ ve O₂ içeriklerini yükselttiğini SA, Zn veya GB'nin ekzojen uygulamalarının bu içerikleri azalttığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar yaprak uygulamalarının bitkilere oksidatif stresle başa çıkma konusunda yüksek bir yetenek kazandırdığını ve kuraklığa dayanıklılığı artırabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacıların belirttiği gibi bu tez çalışmasında da SA ekzojen uygulamaları, kuraklık stresi koşullarında yer fıstığı bitkilerindeki enzimatik antioksidanları değiştirerek MDA içeriklerinde gözle görülür bir azalma ile ROT'u etkili

bir şekilde temizlemiş olabilir. Dolayısıyla, bu çalışmada sadece kuraklığın uygulandığı uygulama ekstresinde MDA miktarının diğer gruplara göre daha yüksek çıkması ve SA'nın ayrı ayrı uygulandığı ekstrelerde ise daha düşük çıkması; çalışmada kullanılan elisitörün yerfıstığı bitkisinde kuraklık stresine karşı iyileşme sağladığı sonucunu işaret etmektedir. Nitekim bu tez çalışmasına ait sonuçlar, yaprak SA, Zn ve GB uygulamalarının bitkilerde ROT birikimlerini azalttığını ortaya koyan birçok önceki çalışmayla tutarlıdır (Sofy, 2015; Datir ve Inamdar, 2019; Parveen ve ark., 2019).

Bitkiler, ROT'u temizlemek için antioksidan savunma sistemleri geliştirmiştir (Faize ve ark.,2011). Antioksidan enzimlerin savunma sistemine ek olarak, ozmotik stresin ayarlanması (ozmoregülasyon) kuraklığın iyileştirilmesinde güçlü bir şekilde rol oynar. Çözünür şeker bileşikleri (prolin, glisin betain, vb.), kuraklık stresi altındaki bitkilerde ozmoregülasyon süreci için çok önemlidir. Bitki dokularında prolin birikimi, özellikle kuraklık stresi altındaki bitkilerde, çevresel streslerin açık belirteçlerinden biridir (Liang ve ark.,2013). Mevcut çalışmada kuraklık stresi altında prolin miktarında artış gözlenmiştir. PEG'in neden olduğu stres altındaki yer fıstığında artan prolinin amacı stres koşullarının üstesinden gelmek için bir adaptasyon olabilir. Dolayısıyla artan prolin birikimi, prolinin bitkilerde ozmotik düzenleyici bir çözünen madde olarak önemli bir rol oynadığının düşünüldüğünü göstermektedir. SA, bitki savunma sürecinde fizyolojik ve biyokimyasal işlevleri düzenleyerek rol oynayan güçlü bir sinyal molekülüdür (Gunes ve ark., 2007; Nazar ve ark., 2011). Önceki çalışmalar, SA uygulamasının bitkilerin tuzluluk (Khan ve ark., 2014;Nazar ve ark., 2015) ve kuraklık stresine (Hussein ve ark., 2007;Yazdanpanah ve ark., 2011) karşı direncini arttırdığını göstermiştir. Ayrıca, SA ile muamele edilen bitkiler, kontrol bitkilerine göre kuraklık stresine karşı daha dirençli görünmüştür (Al-Hakimi ve Hamada, 2001). Brito ve ark. (2019), uygun SA konsantrasyonlarının, tekrarlayan kuraklık dönemlerine maruz kalan bitkilerin hücresel homeostazını ve büyümesini iyileştirmek için etkili bir araç olduğunu önermiştir. SA uygulaması ayrıca ABA ve stres proteinlerinin sentezini teşvik ederek prolin üretimine neden olabilir (Pál ve ark., 2018). Upadhyaya ve ark. (2013), Zn uygulamasının, kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında kuraklık stresi altında yaprak prolin içeriğini önemli ölçüde artırdığını belgelemiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar kuraklık stresi altında prolin içeriğinin arttığını, SA'nın ise prolin miktarını daha da arttırdığını göstermektedir En yüksek artış %9 PEG + 10 mM SA uygulanan gruptan sağlanmıştır. Bu sonuçlar, SA uygulamasının prolin içeriğini artırarak stresin zararlı etkilerini azalttığını bildiren Li ve ark. (2014), Aldesuquy ve ark. (2018), Ghafiyehsanj ve ark.

(2013) ile El-Tayeb ve Ahmed (2010) bulgularını doğrulamaktadır. SA ayrıca prolinin dinamik taşıma sürecine neden olur ve prolinin bitkilerdeki koruyucu rolü için hayati öneme sahiptir. SA uygulamasının kuraklık stres koşulları altında *Thymus kotschyanus* ve *Thymus vulgaris*'te önemli bir ozmolit (toplam karbonhidratlar ve prolin) artışına neden olduğu bulunmuştur (Mohammadi ve ark., 2019; Karimmojeni ve ark., 2022; Ashrafi ve ark., 2022). Bu sonuçlar, mevcut çalışmamızla uyumludur çünkü SA uygulanan grupta prolin daha fazla artmıştır. Sonuç olarak bitkiler tarafından yüksek düzeyde prolin sentezi, ısı stresi (Iqbal ve ark., 2019), ağır metal stresi (Kaur ve Goyal, 2022) ve tuz stresi (Ahmed ve ark., 2021) dahil olmak üzere geniş bir yelpazedeki abiyotik streslere karşı yaygın bir enzimatik olmayan antioksidan tepkidir. Ekzojen SA uygulamasının antioksidan enzimlerin ve enzimatik olmayan bileşenlerin aktivitelerini iyileştirdiği ve lipit peroksidasyonunu azalttığı, bunun sonucunda da abiyotik stres toleransını arttırdığı rapor edilmiştir (El-Esawi ve ark., 2017). Nitekim farklı çevresel stres koşullarında arpa (Fayez ve ark., 2014), *Brassica napus* (La ve ark., 2019) ve *Calendula officinalis* (Abbas ve ark., 2019) bitkilerinde SA kullanıldığında ozmolitlerin arttığı bildirilmiştir. Tüm bu literatür verilerine dayanarak, bu çalışmada SA uygulamalarının faydalı etkileri, muhtemelen antioksidan enzimlerin aktivitesini artırarak ve ozmolit birikimini geliştirerek H_2O_2 ve MDA içeriklerinin birikimini azaltmaya atfedilebilir.

Kuraklık stresıyla başa çıkmak için bitkiler ikincil metabolitleri (fenolik, flavonoid, tanen, poliamin, vb.) arttırmak gibi çeşitli mekanizmalar kullanır (Estaji ve Niknam, 2020). Bu bileşikler antioksidan aktiviteyi ve membran stabilitesini artırarak bitkinin stresten en az hasarla çıkmasına yardımcı olur (Estaji ve Niknam, 2020). Bunun yanında, bu bileşikler, oldukça reaktif olan ROT'u temizleyen ve oksidatif strese karşı koymak için önemli moleküller olup, kuraklık stresine adaptif bir yanıt olarak kabul edilir (Evans ve ark., 1997; Boudet, 2007; Takahashi ve ark., 2020). Yani, bitki sekonder metabolitleri stresli koşullara adaptasyonda ve bitki toleransını artırmada önemli rol oynar (Ghorbani ve ark., 2018). Bunlardan fenolik bileşikler (fenolik asitler ve flavonoidler) özellikle kuraklık stresi koşulları altında yeni bir biyostimülan sınıfı olarak kabul edilmiştir (Patel ve ark., 2022). Kapsamlı çalışma raporları, SA'nın bitkilerde güçlü ikincil metabolit sentezinin indüklenmesinde doğrudan ve dolaylı katılımını ortaya koymaktadır (Ali ve ark., 2007; Idrees ve ark., 2013). SA'nın flavonoid birikimini artırmak için, ilgili genlerin ürünlerinin ekspresyonunu tetiklediği ve/veya aktivitesini artırdığı bildirilmiştir (Yu ve ark. 2006; Xu ve ark. 2008). UV-B'ye maruz kalan *Triticum*

aestivum'da ekzojen olarak uygulanan SA, antosiyanin, tokoferol birikimini arttırmıştır (Horváth ve ark., 2007). SA ile takviye edilen *Capsicum chinense*'de vanilin üretiminde artış bildirilmiştir (Rodas-Junco ve ark., 2013). SA uygulaması, kumarinler, steroller, ksantoproteinler, kardiyak glikozitler ve saponinler gibi sekonder metabolitlerin seviyesini arttırmış ve *Simarouba glauca*'daki su stresini iyileştirmiştir (Awate ve Gaikwad, 2014). *Vitis vinifera*'da iyileştirilmiş termo-tolerans SA aracılı önemli fenolik birikimi ile sağlanmıştır (Wen ve ark., 2008). Yapılan çalışmalar SA'nın fenilalanin amonyak liyaz (PAL) gibi fenolik sentezleyen enzimlerin ifadesini artırarak bitkideki fenolik bileşiklerin birikimini artırdığını göstermiştir (Gondor vd. 2016). Mevcut çalışmada kuraklık stresi altında fenolik ve flavonoid madde içeriği önemli miktarda artmış SA ile muamele edilen fideler, muamele edilmeyenlere kıyasla özellikle fenolik bileşik açısından daha fazla artış (%3 PEG + 1 mM SA hariç) göstermiştir. Toplam flavonoid madde içeriğinde %9 PEG ile beraber uygulanan SA, uygulama yapılmayan gruba göre içeriği daha da arttırmıştır. Benzer şekilde kuraklık stresine maruz bırakılan salatalık (Preciado-Rangel ve ark., 2019), kolza tohumu (Rezayian ve ark., 2018) ve buğdayda (Gondor ve ark., 2016) SA uygulamaları fenolik bileşiklerin birikiminde artışa yol açmıştır. Saheri ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada SA uygulaması (0, 0,5 ve 1 mM) kuraklık stresi altındaki semizotu fidelerinin fotosentetik pigment, uyumlu çözünen maddeleri ve ikincil metabolitleri iyileştirerek semizotu büyümesini ve biyokütle üretimini arttırmış ve kuraklıktan kaynaklı oksidatif hasarı azaltmıştır. Fenolik bileşikler antioksidan görevi gördüğünden (Kaur ve ark., 2022), mevcut çalışmada SA'nın fenolik bileşiklerde meydana getirdiği artış yer fıstığı bitkilerini kuraklık kaynaklı oksidatif strese karşı korumuş olabilir.

Yer fıstığı yenilebilir yağın önemli bir kaynağıdır (Smith, 2002). Yer fıstığı yağının içeriği ve bileşimi farklı genotipler arasında farklılık göstermektedir (O'Brien, 1998; Carrin ve Carelli, 2010). Fıstık yağının başlıca bileşenleri oleik (%25,1–35,2), linoleik (%8,70–13,03), palmitik (%3,77–4,53), stearik asit (%1,53–1,93), araşidik ve behenik asitlerdir (%2,40–3,47) (Ozcan ve Seven, 2003). Bu tez çalışmasında, yer fıstığı bitkilerindeki yağ asitlerinin içeriği GC-MS ile analiz edilmiştir. Palmitik asit, Oleik asit metil ester, Linoleik asit metil ester tüm uygulama gruplarında majör yağ asitleri olarak bulunmuş ve toplam oranının yaklaşık %70'inden fazlasını teşkil etmiştir. Çalışma sonuçları bu yağ asitlerinin toplam oranın %90'ından fazlasını oluşturduğunu belirten Wang ve ark. (2009) ile uyumlu bulunmuştur. Bitki büyümesinin kritik aşamalarındaki su eksikliği, yalnızca bitki büyümesini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda tohum verimini

ve kalitesini de azaltır (Petropoulos ve ark., 2008). Genel olarak, linoleik asit, linolenik asit doymamış yağ asitleridir ve oleik asit, tekli doymamış bir yağ asididir, palmitik asit doymuş yağ asitleridir. Süt devedikeni bitkisinde kuraklık stresi ve salisilik asid (SA) etkileşimi, linoleik asit, linolenik asit ve toplam doymamış yağ asitlerinin miktarlarını önemli ölçüde etkilemiş, ancak palmitik asit, oleik asit, tekli doymamış yağ asitleri ve doymuş yağ asitlerinin miktarlarını önemli ölçüde etkilenmemiştir. (Estaji ve Niknam, 2020). Yağın kalitesi yağ asitlerinin bileşimine, özellikle doymamış yağ asitlerinin (çoğunlukla oleik ve linoleik asitler) doymuş yağ asitlerine oranına bağlıdır (Somerville ve Browse, 1991). Fıstık yağındaki doymamış yağ asitleri antioksidan özelliklere sahiptir ve kolesterolü düşürerek kalp hastalığı riskini azaltmaya yardımcı olur (Griffiths ve Lunce, 2001; Mzimiri ve ark., 2014). Oleik asit/linoleik asit oranı, fıstık yağı kalitesinin belirleyici faktörüdür ve fıstık raf ömrünü ve yağ stabilitesini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Bishi ve ark., 2015; Nawade ve ark., 2018). Yüksek oleik asit içeren yer fıstığı çeşitlerinin depolama sırasında daha iyi bir tat kalitesi sağladığı ve tohum kalitesinin stabilitesini uzun vadeli koruyabildiği rapor edilmiştir (Martín ve ark., 2018; Wen ve ark., 2018; Liu ve ark., 2019). Flagella ve ark. (2002) kuraklık stresinin ayçiçeği bitkisinin toplam yağ içeriğinde azalmaya neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca, su stresi altında oleik/linoleik asit oranında önemli bir artış kaydetmişlerdir. Ozkan ve Kulak (2013) tarafından susam üzerinde yapılan çalışmalar, kuraklık stresi altında oleik asidin önemli ölçüde arttığını, linoleik asidin ise azaldığını göstermektedir. Su stresinin soya fasulyesi (Dornbos ve Mullen, 1992), kanola (Zarei ve ark., 2010) ve ayçiçeği (Mobasser ve Tavassoli, 2013) üzerindeki yağ bileşimini değiştirdiği bildirilmiştir. Kuraklık stresi, yağ içeriğini ve yağ asidi bileşimini önemli ölçüde değiştirmiştir. Saheri ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada kuraklık stresi, semizotu yapraklarındaki palmitik ve araşidonik asit içeriğini artırmış ve doymamış yağ asitlerini (oleik, linoleik ve linolenik asit), stearik ve behenik asidi azaltmıştır. Bu tez çalışmasında da oleik asit tüm uygulama gruplarında 2. majör yağ asidi olarak belirlenmiştir. Ancak kontrol grubu ile kıyaslandığında tüm uygulamalar (PEG, SA, PEG+SA) oleik asit miktarında azalmaya yol açmıştır. Linoleik asit metil ester yağ asidi çalışmada 3. majör yağ asidi olarak belirlenmiş, kontrol grubuna kıyasla diğer tüm uygulamalarda miktarı artmıştır. En yüksek miktar %3 PEG + 1 mM SA ile desteklenmiş ortamdaki bitkilerden elde edilmiştir. Bu durum, oleik ve linoleik yağ asitlerinin yer fıstığı tohumlarının toplam yağ asidi içeriğinin yaklaşık %80'ini oluşturduğunu ve farklı ortamlarda nispeten sabit kaldığını bildiren diğer araştırmacıların (Moore ve Knauff, 1989; Yv ve Isleib, 2000;

Vassiliou ve ark., 2009) çalışma sonuçlarını doğrulamaktadır. Aksine kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, oleik asit içeriğinin kademeli olarak artarken linoleik asit aşağı yönlü bir eğilim gösterdiğini bildiren çalışmalar da mevcuttur (Bishi ve ark., 2013; Abbas ve ark., 2019; Zeng ve ark. 2023; Zeng ve ark. 2024). Bu durum diğer yağlı bitkilerde olduğu gibi, yer fıstığının da yağ asidi bileşenlerinin yetiştirme bölgesinin çevresel koşullarından da etkilenebildiğine (Dai ve ark., 2016) atfedilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

Bu tez çalışmasında Halisbey yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) bitkisi farklı oranlarda PEG (0, %3 ve %9) kaynaklı kuraklık stresine maruz bırakılmış. PEG'in oluşturduğu bu hasarın hangi düzeylerde bertaraf edildiğinin değerlendirilmesi amacıyla farklı konsantrasyonlarda salisilik asit (1mM ve 10 mM SA) uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara ait veriler şu şekilde sıralanabilir:

- ❖ Bu tez çalışmasında kuraklık (PEG) stresinin Halisbey yer fıstığı bitkilerinde fotosentetik pigment içerikleri üzerinde meydana getirdiği değişimlerin belirlenmesi amacıyla klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoid içeriği üzerindeki etkiler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.
 - Klorofil-a içeriği için sonuçlar incelendiğinde; PEG uygulamaları ile kontrole göre meydana gelen azalmalar SA eklenmesi sonucu artış göstermiştir. Bu uygulamalarda meydana gelen en yüksek artış 1,442 µg/g TA ve takiben 1,408 µg/g TA ile sırasıyla %3 PEG+10 mM SA ve %9 PEG+10 mM SA gruplarındaki bitkilerden elde edilmiştir.
 - Hem %3 PEG hem de %9 PEG uygulamalarına eklenen SA, klorofil-b içeriğinde artışa yol açmıştır. 10 mM SA eklenmesi ile klorofil-b içeriğinde meydana gelen artışlar 1 mM SA eklenen deney gruplarına göre daha fazla olmuştur. En yüksek artış 0,583 µg/g TA değeri ile 3% PEG+10 mM SA uygulamasından elde edilmiştir.
 - Klorofil-a ve klorofil-b içeriğindeki bulgulara benzer şekilde %3 ve %9 PEG stresine maruz bırakılan bitkilerde toplam karotenoid miktarları kontrole göre azalma göstermiştir. SA'nın ayrı ayrı uygulanması hem %3 hem de %9 PEG için toplam karotenoid içeriğinde artışa neden olmuştur. En fazla artış %9 PEG +10 mM (4,241 µg/g TA) deney grubunda görülmüş bunu 4,061 µg/g TA ile %3 PEG +10 mM uygulaması takip etmiştir.

- ❖ PEG kaynaklı kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerde SA uygulaması yapılmış ve membranlarda meydana gelen hasarın etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla MDA içerikleri incelenmiştir. %3 PEG uygulamasında MDA içeriği kontrol grubuna kıyasla yaklaşık 2 kat, %9 PEG’de ise yaklaşık 3 kat artmıştır. PEG uygulamalarında meydana gelebilecek membran hasarını bertaraf etmek için ortama eklenen SA’lar MDA içeriklerinde yaklaşık yarı yarıya azalmalara yol açmıştır. %3 PEG uygulamasında 5,548 µmol/g TA olan MDA içeriği SA uygulaması ile 2,939 µmol/g TA (%3 PEG + 10 mM SA)’ya ve %9 PEG uygulamasında 6,339 µmol/g TA olan değer %9 PEG + 10 mM SA eklenen grupta 3,070 µmol/g TA’ya kadar düşüş göstermiştir.
- ❖ Yer fıstığında PEG stresine karşı uygulanan SA’nın yer fıstığı bitkilerinde fitokimyasallar üzerinde gösterdiği değişimler toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları bakımından incelenmiştir.
 - PEG stresine maruz kalan yer fıstığı bitkilerinin yapraklarındaki toplam fenolik madde içerikleri incelendiğinde %3 PEG uygulanan bitkilere 1mM SA eklenmesi ile toplam fenolik madde içeriğinde düşüş olmuş, SA konsantrasyonunun artışı (10 mM SA) 87,429 µg GAEs/mg ekstre değeri ile hem kendi grubunda hem de tüm uygulama gruplarında en yüksek fenolik madde içeriği değerinin oluşmasını sağlamıştır. %9 PEG uygulanan yer fıstığı bitkilerinde ortama eklenen SA’lar toplam fenolik madde içeriğinde artışa yol açmış, bu içerik artışı SA konsantrasyonunun artışına paralel olarak yükseliş göstermiştir.
 - Toplam flavonoid madde içeriği bakımından sonuçları incelendiğinde %3 PEG oranında eklenen SA oranları toplam flavonoid madde içeriğini azaltmıştır. Bu azalma 18,930 µg QEs/mg ekstre değeri ile 10 mM SA eklenen gruptaki bitkilerde daha fazla olmuştur. %9 PEG uygulanan bitkilere (21,111 µg QEs/mg ekstre) SA eklenmesi toplam flavonoid madde içeriğini arttırarak 1 mM SA’da 24,720 µg QEs/mg ekstre değerine, 10 mM SA uygulamasında ise 27,018 µg QEs/mg ekstre değerine yükseltmiştir.
- ❖ PEG stresine maruz kalan yer fıstığı bitkilerinin yapraklarındaki toplam prolin miktarları PEG’in iki konsantrasyonunda da (%3 PEG ve %9 PEG) kontrol grubuna göre artış göstermiştir. Tüm uygulama gruplarında, prolin içeriği bakımından en yüksek değere kontrole göre 4 kat ve %9 PEG uygulamasına göre

3 kat artış ile %9 PEG + 10 mM SA (12,779 mmol/g TA) uygulaması sahip olmuştur.

- ❖ Halisbey yer fıstığı bitkilerinden hazırlanmış olan hekzan ekstreleri kullanılarak GC-MS yöntemi ile gerçekleştirilmiş olan yağ asidi tayini ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubuna kıyasla artış oranı gösteren yağ asitleri %3 PEG uygulamasında Palmitik asit, Linoleik asit metil ester, Fitol ve Heptakosan olurken, % 9 PEG’de Heptadekan, Palmitik asit, Linoleik asit metil ester, Fitol, Heptakosan ve Skualen yağ asitleri olmuştur. Elde edilmiş olan sonuçlara göre tüm uygulama grupları için majör yağ asitleri sırasıyla Palmitik asit, Oleik asit metil ester, Linoleik asit metil ester olarak tespit edilmiştir. Minör yağ asitleri ise sırasıyla Heptokosan ve Skualen olmuştur.

5.2. Öneriler

Abiyotik stresler (ısı stresi, tuzluluk, UV radyasyonu, kuraklık ve ağır metal,vb.) tarım sektörüne yönelik en zorlu tehditler arasındadır ve bitkilerin ekonomik verimi ile üretimini ciddi bir şekilde etkilemektedir (Tomonori ve ark., 2013). Fitohormonlar (salisilik asit, absisik asit, vb.) bitkilerde abiyotik streslerin olumsuz etkilerini iyileştirmek için güçlü bir araç olarak kabul edilmiştir. Özellikle, salisilik asidin (SA) önemi, ozmolit metabolizması, su dengeleri ve antioksidan savunma sistemleri gibi ilişkili metabolik süreçler yoluyla bitki stres toleransını iyileştirmede giderek daha fazla kabul görmektedir (Pokotylo ve ark., 2019). SA'nın ekzojen uygulamasının yüksek fotosentez oranına yol açarak, prolin sentezini arttırarak oksidatif stresi azalttığını ve kuraklıktan kaynaklanan etkileri hafiflettiği bildirilmiştir (Nazar ve ark., 2015; Abbaspour ve Ehsanpour, 2020). Nitekim bu tez çalışmasında da bir fitohormon olan SA'nın eksojen uygulanması ile klorofil-a, klorofil-b, toplam karotenoid miktarları ile prolin miktarı artmış, MDA miktarı azalmış ve böylece Halisbey yer fıstığı bitkisinde PEG kaynaklı kuraklık stres faktörünün yarattığı hasarın azaltıldığı görülmüştür. Bu durumun özellikle yüksek SA (10 mM) konsantrasyonunda 1 mM SA oranına kıyasla daha etkin olduğu görülmüş ve dolayısıyla 10 mM SA konsantrasyonunun Halisbey yer fıstığı bitkisinde kuraklık stresine karşı toleransı arttırmış olabileceği sonucuna varılmasına yol açmıştır.

Özetle, SA'nın bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal bazı süreçleri iyileştirerek, bu süreçlerde anahtar rol oynayan çeşitli metabolitlerin sentezini tetikleyerek temel metabolik süreçleri değiştiren ve çeşitli abiyotik stresler altında savunmayla ilgili çok

yönlü bir hormon olduğunu göstermiştir. Fitohormonların bitki tolerans tepkilerindeki rolünün, stres faktörüne ve bitki türü gibi faktörlere bağlı olarak değişebileceğini unutmamak gerekir. Çalışma sonuçları Halisbey yer fıstığı bitkisinde kuraklık stresinden kaynaklı hasarın hafifletilmesi için bir potansiyel olabilir. Fakat SA'nın biyosentezini çözmek için SA aracılı stres tepkilerinde yer alan kesin mekanizmalar hala araştırılmakta ve karmaşıklıklarını tam olarak anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu, SA ile ilişkili genleri ve proteinleri kesin olarak belirleyebilmek ve stres tepkisini düzenlediği mekanizmaları daha da açıklayabilmek için gereklidir.

KAYNAKLAR

- Abbas, S. M., Ahmad, R., Waraich, E. A., & Qasim, M. (2019). Exogenous application of salicylic acid at different plant growth stages improves physiological processes in marigold (*Tagetes erecta* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, *56*, 541-548.
- Abbaspour, H., Saeidi-Sar, S., & Afshari, H. (2011). Improving drought tolerance of *Pistacia vera* L. seedlings by arbuscular mycorrhiza under greenhouse conditions. *Journal of Medicinal Plants Research*, *5*, 7065-7072.
- Abdel-Motagally, F. M. F., & El-Zohri, M. (2018). Improvement of wheat yield grown under drought stress by boron foliar application at different growth stages. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *17*, 178-185.
- Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, *11*, 100-105.
- Adnan, M., Fahad, S., Saleem, M. H., Ali, B., Mussart, M., Ullah, R., Jr, A., Arif, M., Ahmad, M., Şah, W. A., Romman, M., Wahid, F., Wang, D., Şuud, Ş., Liu, K., Tom, H., Matthew, Wu, Ç., Danca, S., ... Marc, R. A. (2022). Comparative efficacy of phosphorous supplements with phosphate solubilizing bacteria for optimizing wheat yield in calcareous soils. *Scientific Reports*, *12*, 1-17.
- Afridi, M. S., Javed, M. A., Ali, S., De Medeiros, F. H. V., Ali, B., Salam, A., Sumaira, Marc, R. A., Alkhalifah, D. H. M., Selim, S., & Santoyo, G. (2022). New opportunities in plant microbiome engineering for increasing agricultural sustainability under stressful conditions. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 899464.
- Agarwal, S., Sairam, R. K., Srivastava, G. C., & Meena, R. C. (2005). Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum*, *49*, 541-550.
- Ahlem, A., Lobna, M., & Mohamed, C. (2021). Ecophysiological responses of different ploidy levels (tetraploid and hexaploid) of *Cenchrus ciliaris* to water deficiency conditions. *Pakistan Journal of Botany*, *53*, 1997-2002.
- Ahmad, M., Ishaq, M., Shah, W. A., Adnan, M., Fahad, S., Saleem, M. H., Khan, F. U., Mussarat, M., Khan, S., Ali, B., Mostafa, Y. S., Alamri, S., & Hashem, M. (2022). Managing phosphorus availability from organic and inorganic sources for optimum wheat production in calcareous soils. *Sustainability*, *14*(7669).

- Ahmad, R., Hussain, S., Anjum, M. A., Khalid, M. F., Saqib, M., Khalid, M. F., Zakir, I., Hassan, S. F., & Ahmad, S. (2019). Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms in plants under salt stress. In Hasanuzzaman, M., Hakeem, K., Nahar, K., & Alharby, H. (Eds.), *Plant Abiotic Stress Tolerance*. Springer.
- Ahmed, K. B. M., Singh, S., Sadiq, Y., Khan, M. M. A., Uddin, M., Naeem, M., & Aftab, T. (2021). *Photosynthetic and cellular responses in plants under saline conditions*. In *Frontiers in Plant-Soil Interaction* (pp. 293-365). Academic Press.
- Akram, N. A., Iqbal, M., Muhammad, A., Ashraf, M., Al-Qurainy, F., & Şefik, S. (2018). Aminolevulinic acid and nitric oxide regulate oxidative defense and secondary metabolisms in canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. *Protoplasma*, 255, 163-174.
- Aldesuquy, H. S., Ibraheem, F. L., & Ghanem, H. E. (2018). Comparative effects of salicylic acid and/or trehalose on osmotic adjustment and solutes allocation of two droughted wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Advances in Agricultural Technology and Plant Sciences*, 1, 180001.
- Al-Hakimi, A., & Hamada, A. (2001). Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin, or sodium salicylate. *Biologia Plantarum*, 44, 253-261.
- Ali, B., Wang, X., Saleem, M. H., Azeem, M. A., Afridi, M. S., Nadeem, M., Ghazal, M., Batool, T., Qayyum, A., Alatawi, A., & Ali, S. (2022). *Bacillus mycoides* PM35 reinforces photosynthetic efficiency, antioxidant defense, expression of stress-responsive genes, and ameliorates the effects of salinity stress in maize. *Life*, 12(2), 219. <http://dx.doi.org/10.3390/life12020219>
- Ali, M. B., Hahn, E. J., & Paek, K. Y. (2007). Methyl jasmonate and salicylic acid induced oxidative stress and accumulation of phenolics in *Panax ginseng* bioreactor root suspension cultures. *Molecules*, 12, 607-621.
- Arnoğlu, H., Bakal, H., & Onat, F. B. Z. (2020). Yerfıstığı tarımında ekim zamanının önemli tarımsal ve kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 159, 165.
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
- Asma, Hussain, I., Ashraf, M. Y., Saleem, M. H., Ashraf, M. A., Ali, B., Shereen, A., Farid, G., Ali, M., Shirazi, M. U., Saleem, A., Mostafa, Y. S., Hashem, M., & Yasin, G. (2023). Alleviating effects of salicylic acid spray on stage-based growth and antioxidative defense system in two drought-stressed rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 47(1), Article 9.
- Awadalla, R. A., Sallam, A., Börner, A., Elşami, M. M., & Heikal, Y. M. (2024). The role of salicylic acid in modulating phenotyping in spring wheat varieties for mitigating drought stress. *BMC Plant Biology*, 24 (948).

- Awate, P. D., & Gaikwad, D. K. (2014). Influence of growth regulators on secondary metabolites of medicinally important oil yielding plant *Simarouba glauca* DC. under water stress conditions. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, *10*(1), 222-229.
- Aziz, A., Akram, N. A., & Ashraf, M. (2018). Influence of natural and synthetic vitamin C (ascorbic acid) on primary and secondary metabolites and associated metabolism in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants under water deficit regimes. *Plant Physiology and Biochemistry*, *123*, 192-203.
- Bai, T. H., Li, C. Y., Ma, F. W., Shu, H. R., & Han, M. Y. (2009). Exogenous salicylic acid alleviates growth inhibition and oxidative stress induced by hypoxia stress in *Malus robusta* red. *Journal of Plant Growth Regulation*, *28*, 358-366.
- Bandurska, H., Stroiński, A., & Kubiś, J. (2003). The effect of jasmonic acid on the accumulation of ABA, proline, and spermidine and its influence on membrane injury under water deficit in two barley genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*, *25*(3), 279-285.
- Bangar, P., Chaudhury, A., Tiwari, B., Kumar, S., Kumari, R., & Bhat, K. V. (2019). Morphophysiological and biochemical response of mungbean (*Vigna radiata* L.) varieties at different developmental stages under drought stress. *Turkish Journal of Biology*, *43*, 58-69.
- Bastam, N., Baninasab, B., & Ghobadi, C. (2013). Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of pistachio. *Plant Growth Regulation*, *69*, 275-284.
- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, *39*(1), 205-207.
- Bathula, S., Jayalalitha, K., Ashoka, R. Y., Sree, R. M., & Ali, M. A. (2019). Zinc induced osmoregulation and antioxidant defence system in mungbean (*Vigna radiata* L.) under drought stress. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *8*, 1511-1514.
- Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaïbi, W., & Djebali, W. (2010). Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *73*, 1004-1011.
- Biareh, V., Shekari, F., Sayfzadeh, S., Zakerin, H., Hadidi, E., Beltrao, J. G. T., & Mastinu, A. (2022). Physiological and qualitative response of *Cucurbita pepo* L. to salicylic acid under controlled water stress conditions. *Horticulturae*, *8*(79).
- Bibi, S., Ullah, S., Hafeez, A., Khan, M. N., Javed, M. A., Ali, B., & Din, I. U. (2022). Exogenous Ca/Mg quotient reduces the inhibitory effects of PEG induced osmotic stress on *Avena sativa* L. *Brazilian Journal of Biology*, *84*

- Bibi, S., Ullah, S., Hafeez, A., Khan, M. N., Javed, M. A., Ali, B., Din, I. U., Bangash, S. A. K., Wahab, S., Wahid, N., Zaman, F., Alhagg, S. K., Abd. El-Rahimi, I. H. A., Ahmed, A. E., & Selim, S. (2024). Exogenous Ca/Mg quotient reduces the inhibitory effects of PEG induced osmotic stress on *Avena sativa* L. *Brazilian Journal of Biology*, *84*, e264642.
- Bishi, M., Ghaffari, M., Rahimi, M., Rafiee, S., & Khosravi, M. (2013). Characterization of sugar profile and oil quality in different genotypes of peanut (*Arachis hypogaea*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(3), 500–506.
- Bishi, S. K., Lokesh, K., Mahatma, M. K., Khatediya, N., Chauhan, S. M., & Misra, J. B. (2015). Quality traits of Indian peanut cultivars and their utility as nutritional and functional food. *Food Chemistry*, *167*, 107-114.
- Brito, C., Dinis, L. T., Ferreira, H., Coutinho, J., Moutinho-Pereira, J., & Correia, C. M. (2019). Salicylic acid increases drought adaptability of young olive trees by changes on redox status and ionome. *Plant Physiology and Biochemistry*, *141*, 315-324.
- Cai, Y. F., Wang, J. H., Zhang, L., Song, J., Peng, L. C., & Zhang, S. B. (2019). Physiological and transcriptomic analysis highlight key metabolic pathways in relation to drought tolerance in *Rhododendron delavayi*. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *25*, 991-1008.
- Carrin, M. E., & Carelli, A. A. (2010). Peanut oil: Compositional data. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *112*(7), 679-707.
- Chao, Y. Y., Chen, C. Y., Huang, W. D., & Kao, C. H. (2010). Salicylic acid mediated hydrogen peroxide accumulation and protection against Cd toxicity in rice leaves. *Plant and Soil*, *329*, 327-337.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, *30*, 239-264.
- Chen, X., Zhu, W., Azam, S., Li, H., Zhu, F., Li, H., Hong, Y., Liu, H., Zhang, E., Wu, H., Yu, S., Zhou, G., Li, S., Zhong, N., Wen, S., Li, X., Knapp, S. J., Ozias-Akins, P., Varshney, R. K., & Liang, X. (2013). Deep sequencing analysis of the transcriptomes of peanut aerial and subterranean young pods identifies candidate genes related to early embryo abortion. *Plant Biotechnology Journal*, *11*(2), 115-127. <https://doi.org/10.1111/pbi.12018>.
- Chowdhury, J., Karim, M., Khaliq, Q., Ahmed, A., & Mondol, A. M. (2018). Effect of drought stress on water relation traits of four soybean genotypes. *SAARC Journal of Agriculture*, *15*(2), 163-175.
- Cuartero, J., Bolarin, M. C., Asins, M. J., & Moreno, V. (2006). Increasing salt tolerance in the tomato. *Journal of Experimental Botany*, *57*(5), 1045-1058.

- Dai, X., Bai, Y., Jiang, J., Chen, X., Zhou, H., Yin, N., Chen, L., Ding, X., & Li, P. (2016). Cadmium in Chinese postharvest peanuts and dietary exposure assessment in associated population. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*(34), 7849-7855.
- Dang, P. M., Chen, C. Y., & Holbrook, C. C. (2013). Evaluation of five peanut (*Arachis hypogaea*) genotypes to identify drought responsive mechanisms utilising candidate-gene approach. *Functional Plant Biology*, *40*(12), 1323-1333.
- Das, D., Bisht, K., Chauhan, A., Gautam, S., Jaiswal, J. P., Salvi, P., & Lohani, P. (2023). Morpho-physiological and biochemical responses in wheat foliar sprayed with zinc-chitosan-salicylic acid nanoparticles during drought stress. *Plant Nano Biology*, *4*, 100034. <https://doi.org/10.1016/j.plana.2023.100034>
- Datir, S. S., & Inamdar, A. (2019). Biochemical responses of wheat cultivars to PEG-induced drought stress. *Russian Agricultural Sciences*, *45*, 5-12.
- Deikman, J., Petracek, M., & Heard, J. E. (2012). Drought tolerance through biotechnology: Improving translation from the laboratory to farmers' fields. *Current Opinion in Biotechnology*, *23*(2), 243-250.
- Dornbos, D. L., & Mullen, R. E. (1992). Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature. *Journal of the American Oil Chemists Society*, *69*, 228-231.
- Du, Y., Zhao, Q., Chen, L., Yao, X., Zhang, W., Zhang, B., & Xie, F. (2020). Effect of drought stress on sugar metabolism in leaves and roots of soybean seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, *146*, 1-12.
- Dumanoğlu, Z. (2022). Sustainable vertical agriculture concept. In M. F. Baran (Ed.), *Academic studies in biosystem engineering-I* (pp. 1-20).
- El-Esawi, M. A., Elansary, H. O., El-Shanhorey, N. A., Abdel-Hamid, A., Ali, H. M., & Elshikh, M. S. (2017). Salicylic acid-regulated antioxidant mechanisms and gene expression enhance rosemary performance under saline conditions. *Frontiers in Physiology*, *8*, 716.
- El-Tayeb, M. A., & Ahmed, M. K. (2007). Apoplastic protein pattern, hydrolases and peroxidase activity of *Vicia faba* cultivars as influenced by drought. *International Journal of Agricultural Biology*, *9*, 226-230.
- El-Tayeb, M. A., & Ahmed, N. L. (2010). Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, *3*(1), 1-7.
- Emmerich, W. E., & Hardegree, S. P. (1990). Polyethylene glycol solution contact effects on seed germination. *Agronomy Journal*, *82*(6), 1103-1107.

- Fahad, S., Bajwa, A. A., Nazir, U., Anjum, S. A., Farooq, A., & Zohaib, A. (2017). Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1147. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147>
- Faize, M., Burgos, L., Faize, L., Piqueras, A., Nicolas, E., Barba-Espin, G., Clemente-Moreno, M. J., Alcobendas, R., Artlip, T., & Hernandez, J. A. (2011). Involvement of cytosolic ascorbate peroxidase and Cu/Zn-superoxide dismutase for improved tolerance against drought stress. *Journal of Experimental Botany*, 62(8), 2599–2613.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In *Sustainable Agriculture* (pp. 153-188). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_12
- Faryal, S., Ullah, R., Khan, M. N., Ali, B., Hafeez, A., Ali, B., Jaremko, M., & Qureshi, K. A. (2022). Thiourea capped nanoapatites amplify osmotic stress tolerance in *Zea mays* L. by conserving photosynthetic pigments, osmolytes biosynthesis and antioxidant biosystems. *Molecules*, 27, 5744.
- Fayez, K. A., & Bazaid, S. A. (2014). Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13, 45–55.
- Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantino, E., Di Caterina, R., & De Caro, A. (2002). Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy*, 17(3), 221-230.
- Foti, C., Kalampokis, I. F., Aliferis, K. A., & Pavli, O. I. (2021). Effects of PEG-induced drought stress on germination and growth traits of lentil (*Lens culinaris*) genotypes. *Agronomy*, 11(6), 1190.
- Foyer, C. H., & Fletcher, J. M. (2001). Plant antioxidants: colour me healthy. *Biologist*, 48, 115-120.
- Ghafar, M. A., Akram, N. A., Saleem, M. H., Wang, J., Wijaya, L., & Alyemeni, M. N. (2021). Ecotypic morphological and physio-biochemical responses of two differentially adapted forage grasses, *Cenchrus ciliaris* L. and *Cyperus arenarius* Retz. to drought stress. *Sustainability (Switzerland)*, 13, 8069.
- Ghafiyehsanj, E., Dilmaghan, I. K., & HekmatShoar, H. (2013). The effects of salicylic acid on some biochemical characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Annals of Biological Research*, 4(6), 242–248.
- Ghorbani, A., Razavi, S. M., Ghasemi Omran, V. O., & Pirdashti, H. (2018). Piriformospora indica inoculation alleviates the adverse effect of NaCl stress on growth, gas exchange and chlorophyll fluorescence in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Plant Biology*, 20, 729–736

- Ghoulam, C., Foursy, A., & Fares, K. (2002). Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, *47*(1), 39–50.
- Griffiths, H. R., & Lunce, J. (2001). Ascorbic acid in the 21st century - more than a simple antioxidant. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, *10*, 173–182.
- Gulluoglu, L., Bakal, H., Onat, B., El Sabagh, A., & Arioglu, H. (2016). Characterization of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed oil and fatty acids composition under different growing season under Mediterranean environment. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, *4*(5S), 564-571.
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E. G., & Cicek, N. (2007). Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology*, *164*(7), 728-736..
- Habibi, G. (2012). Exogenous salicylic acid alleviates oxidative damage of barley plants under drought stress. *Acta Biologica Szegediensis*, *56*, 57-63.
- Halder, K. P., & Burrage, S. W. (2003). Drought stress effects on water relations of rice grown in nutrient film technique. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *6*(4), 441-444.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Bhuiyan, T. F., Anee, T. I., Inafuku, M., Oku, H., & Fujita, M. (2017). Salicylic acid: An all-rounder in regulating abiotic stress responses in plants. In M. El-Esawi (Ed.), *Phytohormones—Signaling Mechanisms and Crosstalk in Plant Development and Stress Responses* (pp. 31-75).
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Gill, S. S., & Fujita, M. (2014). Drought stress responses in plants, oxidative stress, and antioxidant defense. In N. Tuteja & S. S. Gill (Eds.), *Climate change and plant abiotic stress tolerance* (pp. 209-249). Wiley.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and Experimental Botany*, *68*, 14–25.
- Hong, Y., Ni, S. J., & Zhan, G. P. (2020). Transcriptome and metabolome analysis reveals regulatory networks and key genes controlling barley malting quality in response to drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, *152*, 1–11.
- Horváth, E., Pál, M., Szalai, G., Páldi, E., & Janda, T. (2007). Exogenous 4-hydroxybenzoic acid and salicylic acid modulate the effect of short-term drought and freezing stress on wheat plants. *Biologia Plantarum*, *51*, 480-487.
- Hosain, M. T., Rahman, M. S., Nuruzzaman, M., Munshi, M. H., & Bari, A. S. M. F. (2022). Morpho-physiological responses of rice to salicylic acid under drought stress. *Journal of Bangladesh Agricultural University*, *20*(1), 1–11.

- Hou, Z., Yin, J., Lu, Y., Song, J., Wang, S., & Wei, S. (2019). Transcriptomic analysis reveals the temporal and spatial changes in physiological process and gene expression in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grown under drought stress. *Agronomy*, *9*, 569.
- Hussain, H. A., Hussain, S., Khaliq, A., Ashraf, U., Anjum, S. A., Men, S., & Wang, L. (2018). Chilling and drought stresses in crop plants: Implications, cross talk, and potential management opportunities. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 393.
- Hussain, S. S., Rasheed, M., Hamzah, H., Saleem, M., Ahmed, Z. I., & Hafeez, A. (2023). Salt tolerance in maize with melatonin priming to achieve sustainability in yield on salt affected soils. *Pakistan Journal of Botany*, *55*.
- Hussein, M. M., Balbaa, L. K., & Gaballah, M. S. (2007). Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *3*, 321–328.
- Hussein, M. M., Mehanna, H., & Abou-Baker, N. H. (2012). Growth, photosynthetic pigments and mineral status of cotton plants as affected by salicylic acid and salt stress. *Journal of Applied Sciences Research*, *8*, 5476–5484.
- Idrees, M., Naeem, M., Aftab, T., & Khan, M. (2013). Salicylic acid restrains nickel toxicity, improves antioxidant defense system and enhances the production of anticancer alkaloids in *Catharanthus roseus* (L.). *Journal of Hazardous Materials*, *252*, 367-374.
- Ijaz, W., Kanwal, S., Hammad, N. T., & Razzaq, H. (2021). Gene action of yield related characters under normal and drought stress conditions in *Brassica napus* L. *Pakistan Journal of Botany*, *53*, 1979–1985.
- Iqbal, A., Shah, F., Hamayun, M., Ahmad, A., Hussain, A., Waqas, M., Kang, S. M., & Lee, I. J. (2016). Allergens of *Arachis hypogaea* and the effect of processing on their detection by ELISA. *Food & Nutrition Research*, *60*, 28945–28951.
- Iqbal, N., Fatma, M., Khan, N. A., & Umar, S. (2019). Regulatory role of proline in heat stress tolerance: modulation by salicylic acid. In *Plant Signaling Molecules* (pp. 437-448). Woodhead Publishing.
- Jahani, F., Tohidi-Moghadam, H. R., Larijani, H. R., Ghooshchi, F., & Oveysi, M. (2021). Influence of zinc and salicylic acid foliar application on total chlorophyll, phenolic components, yield and essential oil composition of peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress condition. *Arabian Journal of Geosciences*, *14*, 1–12.
- Janda, T., Gondor, O. K., & Yordanova, R. (2014). Salicylic acid and photosynthesis: signalling and effects. *Acta Physiologiae Plantarum*, *36*, 2537-2546.

- Jayalalitha, K., Rani, Y. A., Kumari, S. R., & Rani, P. P. (2015). Effect of water stress on morphological, physiological parameters and seed cotton yield of Bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) hybrids. *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, 5(3), 99-112.
- Jiang, Y., Wang, X., Xia, L., Zhou, H., Gao, C., Wu, J., Liu, F., & Liu, Z. (2021). Comparative transcriptome analysis of genes involved in the drought stress response of two peanut (*Arachis hypogaea* L.) varieties. *BMC Plant Biology*, 21(1), 64.
- Kaçar, B. (2015). Genel Bitki Fizyolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 1243, Ankara.
- Kadioglu, A., Saruhan, N., Saglam, A., Terzi, R., & Acet, T. (2011). Exogenous salicylic acid alleviates effects of long-term drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. *Plant Growth Regulation*, 64, 27–37.
- Kalefetoğlu, T., & Ekmekçi, Y. (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4), 723-740.
- Karimian, M. A., Dahmardeh, M., Bidarnamani, F., & Forouzandeh, M. (2015). Assessment of quantitative and qualitative factors of peanut (*Arachis hypogaea* L.) under drought stress and salicylic acid treatments. *Agricultural Research Institute, University of Zabol, Iran*.
- Karimmojeni, H., Rezaei, M., Tseng, T.-M., & Mastinu, A. (2022). Effects of Metribuzin herbicide on some morpho-physiological characteristics of two Echinacea species. *Horticulturae*, 8(169).
- Kaur, G., Tak, Y., & Asthir, B. (2022). Salicylic acid: a key signal molecule ameliorating plant stresses. *Cereal Research Communications*, 50(617-626).
- Kaur, H., & Goyal, N. (2022). Biochemical adaptations in plants under heavy metal stress: A revisit to antioxidant defense network. *In Metals Metalloids Soil Plant Water Systems* (pp. 51-90).
- Kaur, N., & Gupta, A. K. (2005). Signal transduction pathways under abiotic stresses in plants. *Current Science*, 88(11), 1771–1780.
- Kawano, T., Hirano, T., & Bouteau, F. (2013). *Signaling role of salicylic acid in abiotic stress responses in plants*. In Hayat, S., Aqil, A., & Nasir, A. M. (Eds.), *Salicylic acid* (pp. 249–276). Springer, Dordrecht.
- Kayahan, M. (2006). Yağlı tohumlardan ham yağ üretim teknolojisi. Ankara: TMMOB Gıda Mühendisleri Odası.
- Khajehpour, M. R. (2007). *Industrial Plants Production* (2nd ed., p. 350). Isfahan SID Technology Publishing. Jahad Daneshgahi Publishing Technology.

- Khaleghnezhad, V., Yousefi, A. R., Tavakoli, A., Farajmand, B., & Mastinu, A. (2021). Concentrations-dependent effect of exogenous abscisic acid on photosynthesis, growth and phenolic content of *Dracocephalum moldavica* L. under drought stress. *Planta*, 253, 127.
- Khalili, M., Hasanloo, T., Kazemi Tabar, S. K., & Rahnama, R. (2009). Influence of exogenous salicylic acid on flavonolignans and lipoxygenase activity in the hairy root cultures of *Silybum marianum*. *Cell Biology International*, 33, 988–994.
- Khalvandi, M., Siosemardeh, A., Roohi, E., & Keramati, S. (2021). Salicylic acid alleviated the effect of drought stress on photosynthetic characteristics and leaf protein pattern in winter wheat. *Heliyon*, 7, e05908.
- Kohli, S. K., Handa, N., Sharma, A., Kumar, V., Kaur, P., & Bhardwaj, R. (2017). Synergistic effect of 24-epibrassinolide and salicylic acid on photosynthetic efficiency and gene expression in *Brassica juncea* L. under Pb stress. *Turkish Journal of Biology*, 41(6), 943-953.
- Kong, H., Zhang, Z., Qin, J., & Akram, N. A. (2021). Interactive effects of abscisic acid (ABA) and drought stress on the physiological responses of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 53, 1545–155.
- Koobaz, P., Reza Ghaffari, M., Heidari, M., Mirzaei, M., Ghanati, F., Amirkhani, A., Mortazavi, S. E., Moradi, F., Hajirezaei, M. R., & Salekdeh, G. H. (2020). Proteomic and metabolomic analysis of desiccation tolerance in wheat young seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 146, 349–362.
- Koolachart, R., Jogloy, S., Vorasoot, N., Wongkaew, S., Holbrook, C. C., Jongrunklang, N., ... & Patanothai, A. (2013). Rooting traits of peanut genotypes with different yield responses to terminal drought. *Field Crops Research*, 149, 366-378.
- Köseoğlu, S. T. (2019). Tuz stresi altındaki mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde salisilik asit uygulamalarının fizyolojik ve biyokimyasal etkisinin araştırılması [Doktora Tezi]. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G., & Popova, L. (2008). Treatment with salicylic acid decreases the effects of cadmium on photosynthesis in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, 165, 920–931.
- Kumar, A., Memo, M., & Mastinu, A. (2020). Plant behaviour: An evolutionary response to the environment? *Plant Biology*, 22, 961–970.
- Kumar, R. R., Karajol, K., & Naik, G. R. (2011). Effect of polyethylene glycol induced water stress on physiological and biochemical responses in pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.). *Recent Research in Science and Technology*, 3(1), 148-152.
- Kunpratun, N., Phalawat, C., Thoradit, T., et al. (2024). Effect of salicylic acid on germination and seedling growth of KhaoRai Leum Pua Petchabun (*Oryza sativa* L.) under combined drought stress. *Plant Physiology Reports*, 29, 51–64.

- Kurt, C., Bakal, H., Gulluoglu, L., & Arioglu, H. (2017). The effect of twin row planting pattern and plant population on yield and yield components of peanut (*Arachis hypogaea* L.) at main crop planting in Cukurova region of Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1), 24-31.
- Kurt, C., Bakal, H., Güllüoğlu, L., Onat, B., & Arioğlu, H. (2016). Çukurova Bölgesinde İkinci Ürün Koşullarında Bazı Yerfıstığı Çeşitlerinin Önemli Agronomik ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1), 112-119.
- La, V. H., Lee, B. R., Islam, M. T., Park, S. H., Jung, H. I., Bae, D. W., & Kim, T. H. (2019). Characterization of salicylic acid-mediated modulation of the drought stress responses: Reactive oxygen species, proline, and redox state in *Brassica napus*. *Environmental and Experimental Botany*, 157, 1–10.
- Li, W., Tailhades, J., O'Brien-Simpson, N. M., Separovic, F., Otvos Jr, L., Hossain, M. A., & Wade, J. D. (2014). Proline-rich antimicrobial peptides: potential therapeutics against antibiotic-resistant bacteria. *Amino Acids*, 46(10), 2287–2294.
- Liang, X. W., Zhang, L., Natarajan, S. K., & Becker, D. F. (2013). Proline mechanisms of stress survival. *Antioxidants & Redox Signaling*, 19(998–1011).
- Liu, N., Chen, H., Huai, D., Xia, F., Huang, L., Chen, W., Wu, B., Ren, X., Luo, H., Zhou, X., & Jiang, H. (2019). Four QTL clusters containing major and stable QTLs for saturated fatty acid contents in a dense genetic map of cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Molecular Breeding*, 39(2), 23
- Ma, D., Sun, D., Wang, C., Li, Y., Li, J., & Luo, W. (2017). Physiological responses and yield of wheat plants in zinc-mediated alleviation of drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 8, 860.
- Ma, Y. H., Ma, F. W., Zhang, J. K., Li, M. Y., Wang, Y. H., & Liang, D. (2008). Effects of high temperature on activities and gene expression of enzymes involved in ascorbate–glutathione cycle in apple leaves. *Plant Science*, 175, 761–766.
- Mahdavi, A., Moradi, P., & Mastinu, A. (2020). Variation in terpene profiles of *Thymus vulgaris* in water deficit stress response. *Molecules*, 25(1091).
- Mahdavian, K. (2023). Application of salicylic acid on chlorophyll, carotenoids, and proline in radish under salinity stress. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: *Biological Sciences*, 79.
- Martín, M. P., Grosso, A. L., Nepote, V., & Grosso, N. R. (2018). Sensory and chemical stabilities of high-oleic and normal-oleic peanuts in shell during long-term storage. *Journal of Food Science*, 83(9), 2362–2368.

- Mehmood, S., Khatoon, Z., Amna, Ahmad, I., Muneer, M. A., Kamran, M. A., Ali, J., Ali, B., Chaudhary, H. J., & Munis, M. F. H. (2021). *Bacillus sp.* PM31 harboring various plant growth promoting activities regulates Fusarium dry rot and wilt tolerance in potato. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 1-15.
- Miri, H. R., & Armin, M. (2013). The interaction effect of drought and exogenous application of glycine betaine on corn (*Zea mays* L.). *European Journal of Experimental Biology*, 3, 197–206.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7, 405–410.
- Mobasser, H. R., & Tavassoli, A. (2013). Effect of water stress on quantitative and qualitative characteristics of yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Novel Applied Sciences*, 2(9), 299-302.
- Mohamed, H. I., & Latif, H. H. (2017). Improvement of drought tolerance of soybean plants by using methyl jasmonate. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23, 545–556.
- Mohammadi, H., Amirikia, F., Ghorbanpour, M., Fatehi, F., & Hashempour, H. (2019). Salicylic acid induced changes in physiological traits and essential oil constituents in different ecotypes of *Thymus kotschyianus* and *Thymus vulgaris* under well-watered and water stress conditions. *Industrial Crops and Products*, 129, 561–574.
- Moharramnejad, S., Sofalian, O., Valizadeh, M., Asghari, A., Shiri, M. R., & Ashraf, M. (2019). Response of maize to field drought stress: oxidative defense system, osmolytes' accumulation and photosynthetic pigments. *Pakistan Journal of Botany*, 51(3), 799–807.
- Mohi-Ud-Din, M., Talukder, D., Rohman, M., Ahmed, J. U., Jagadish, S. V. K., Islam, T., & Hasanuzzaman, M. (2021). Exogenous application of methyl jasmonate and salicylic acid mitigates drought-induced oxidative damages in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plants*, 10, 2066.
- Moore, K. M., & Knauff, D. A. (1989). The inheritance of high oleic acid in peanut. *Journal of Heredity*, 80, 252–253.
- Moreno, M. I. N., Isla, M. I., Sampietro, A. R., & Vattuone, M. A. (2000). Comparison of the free radical-scavenging activity of Propolis from several regions of Argentina. *Journal of Ethnopharmacology*, 71, 109–114.
- Morgil, H. (2019). *Kuraklık stresi uygulanmış mercimek (Lens culinaris Medik.) bitkisinin RNA dizileme yöntemi ile transkripsiyonel analizi* [Doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, A. (1999). Kuraklığın kışlık buğdayın gelişmesi ve verimine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 531-540.

- Naz, R., Khan, M. S., Hafeez, A., Fazil, M., Khan, M. N., Ali, B., Javed, M. A., Imran, M., Shati, A. A., Alfaifi, M. Y., Elbehairi, S. E. I., & Ahmed, A. E. (2022). Assessment of phytoremediation potential of native plant species naturally growing in heavy metal-polluted industrial soils. *Brazilian Journal of Biology*, 84.
- Munsif, F., Shah, T., Arif, M., Jehangir, M., Afridi, M. Z., Ahmad, I., Jan, B. L., & Alansi, S. (2022). Combined effect of salicylic acid and potassium mitigates drought stress through the modulation of physio-biochemical attributes and key antioxidants in wheat. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29, 103294.
- Morgil, H., Tardu, M., Cevahir, G., & Kavakli, I. H. (2019). Comparative RNA-seq analysis of the drought-sensitive lentil (*Lens culinaris*) root and leaf under short- and long-term water deficits. *Functional & Integrative Genomics*, 19, 715–727.
- Mzimhiri, R., Shi, A. E., Liu, H., & Wang, Q. (2014). A review: Peanut fatty acids determination using hyper spectroscopy imager and its significance on food quality and safety. *Food Science and Quality Management*, 28, 90–97.
- Naeem, M., et al. (2018). Foliar calcium spray confers drought stress tolerance in maize via modulation of plant growth, water relations, proline content and hydrogen peroxide activity. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64, 116–131.
- Nasrin, R., Ali, E., Jahanfar, D., & Soodabeh, J. (2017). Salicylic acid induced changes on antioxidant capacity, pigments and grain yield of soybean genotypes in water deficit condition. *Journal of Plant Interactions*, 12, 457–464.
- Nawade, B., Mishra, G. P., Radhakrishnan, T., Dodia, S. M., Ahmad, S., Kumar, A., & Kundu, R. (2018). High oleic peanut breeding: Achievements, perspectives, and prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 107–119.
- Nawaz, M., Wang, X., Saleem, M. H., Khan, M. H. U., Afzal, J., Fiaz, S., Ali, S., Ishak, H., Han, A. H., Rehman, N., Shaukat, S., & Ali, S. (2021). Deciphering *Plantago ovata* Forsk leaf extract mediated distinct germination, growth and physio-biochemical improvements under water stress in maize (*Zea mays* L.) at early growth stage. *Agronomy*, 11, 1404.
- Nazar, R., Iqbal, N., Syeed, S., & Khan, N. A. (2011). Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. *Journal of Plant Physiology*, 168, 807–815.
- O'Brien, R. D. (1998). *Fats and oils: Formulating and processing for applications*. Technomic Publishing Co., Inc.
- Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, K. (1979). Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, 95(2), 351-358.
- Onat, B., Arıoğlu, H., Güllüoğlu, L., Kurt, C., & Bakal, H. (2017). Dünya ve Türkiye'de yağlı tohum ve ham yağ üretimine bir bakış. *Journal of Agriculture and Nature*, 20, 149–153.

- Osama, S., El Sherei, M., Al-Mahdy, D. A., Bishr, M., & Salama, O. (2019). Effect of salicylic acid foliar spraying on growth parameters, γ -pyrones, phenolic content and radical scavenging activity of drought-stressed *Ammi visnaga* L. plant. *Industrial Crops and Products*, *134*, 1–10.
- Osmolovskaya, N., Shumilina, J., Kim, A., Didio, A., Grishina, T., Bilova, T., Keltsieva, O. A., Zhukov, V., Tikhonovich, I., Tarakhovskaya, E., Frolov, A., & Wessjohann, L. A. (2018). Methodology of drought stress research: Experimental setup and physiological characterization. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(12).
- Ozcan, M., & Seven, S. (2003). Physical and chemical analysis and fatty acid composition of peanut, peanut oil, and peanut butter COM and NC-7 cultivars. *Grasas y Aceites*, *54*, 12–18.
- Ozkan, A., & Kulak, M. (2013). Effects of water stress on growth, oil yield, fatty acid composition and mineral content of *Sesamum indicum*. *Journal of Animal and Plant Sciences*, *23*, 1686–1690.
- Pál, M., Tajti, J., Szalai, G., Peeva, V., Végh, B., & Janda, T. (2018). Interaction of polyamines, abscisic acid and proline under osmotic stress in the leaves of wheat plants. *Scientific Reports*, *8*(1), 12839.
- Pan, H. Y., Zhou, R., Louie, G. V., Muhlemann, J. K., Bomati, E. K., & Bowman, M. E. (2014). Structural studies of cinnamoyl-CoA reductase and cinnamyl-alcohol dehydrogenase, key enzymes of monolignol biosynthesis. *Plant Cell*, *26*, 3709–3727.
- Pandey, H. C., Baig, M. J., & Bhatt, R. K. (2012). Effect of moisture stress on chlorophyll accumulation and nitrate reductase activity at vegetative and flowering stage in *Avena* species. *Agricultural Science Research Journal*, *2*, 111–118.
- Parveen, A., Liu, W., Hussain, S., Asghar, J., Perveen, S., & Xiong, Y. (2019). Silicon priming regulates morpho-physiological growth and oxidative metabolism in maize under drought stress. *Plants*, *8*(10), 431.
- Patel, J., Khandwal, D., Choudhary, B., Ardeshana, D., Jha, R. K., Tanna, B., & Siddique, K. H. (2022). Differential physio biochemical and metabolic responses of peanut (*Arachis hypogaea* L.) under multiple abiotic stress conditions. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(2), 660.
- Perveen, S., Iqbal, M., Saeed, M., Iqbal, N., Zafar, S., & Mumtaz, T. (2019). Cysteine induced alterations in physicochemical parameters of oat (*Avena sativa* L. var. Scott and F-411) under drought stress. *Biologia Futura*, *70*, 16–24.
- Petropoulos, S. A., Daferera, D., Polissiou, M. G., & Passam, H. C. (2008). The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae*, *115*(4), 393–397.

- Piwowarczyk, B., Kamińska, I., & Rybiński, W. (2014). Influence of PEG generated osmotic stress on shoot regeneration and some biochemical parameters in *Lathyrus* culture. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 50(2), 77-83.
- Pokotylo, I., Kravets, V., & Ruelland, E. (2019). Salicylic acid binding proteins (SABPs): The hidden forefront of salicylic acid signalling. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(18), 4377.
- Rahmani, F., Sayfzadeh, S., Jabbari, H., Valadabadi, S. A., & Masouleh, E. H. (2019). Alleviation of drought stress effects on safflower yield by foliar application of zinc. *International Journal of Plant Production*, 13, 297–308.
- Raza, M. A. S., Saleem, M. F., Ashraf, M. Y., Ali, A., & Asghar, H. N. (2012). Glycine betaine applied under drought improved the physiological efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) plant. *Soil and Environment*, 31, 67–71.
- Razmi, N., Ebadi, A., Daneshian, J., & Jahanbakhsh, S. (2017). Salicylic acid induced changes on antioxidant capacity, pigments and grain yield of soybean genotypes in water deficit condition. *Journal of Plant Interactions*, 12, 457–464.
- Rezayian, M., Niknam, V., & Ebrahimzadeh, H. (2018). The effects of drought stress on seedling growth, development, and metabolic activity in different canola varieties. *Soil Science and Plant Nutrition*, 64(3), 360–369.
- Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., Rizvi, H., Zia-ur-Rehman, M., Hannan, F., Qayyum, M. F., Hafeez, F., & Ok, Y. S. (2016). Cadmium stress in rice: toxic effects, tolerance mechanisms, and management: a critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 17859–17879.
- Rodas-Junco, B. A., Nic-Can, G. I., Muñoz-Sánchez, A., & Hernández-Sotomayor, S. M. T. (2020). Phospholipid signaling is a component of the salicylic acid response in plant cell suspension cultures. *International Journal of Molecular Sciences*, 21, 5285.
- Rohit, Arora, A., Panwar, R. K., & Verma, S. K. (2020). In vitro screening of chickpea genotypes for drought related traits using PEG 6000. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4), 3438-3443.
- Ros, E. (2010). Health benefits of nut consumption. *Nutrients*, 2(7), 652-682.
- Saheri, F., Barzin, G., Pişkar, L., Ekber Boojar, M. M., & Babaeekhou, L. (2020). Foliar spray of salicylic acid induces physiological and biochemical changes in purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress. *Biologia*, 75, 2189–2200. <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00571-2>
- Saini, A., Manuja, S., Kumar, S., Hafeez, A., Ali, B., Ali, B., & Poczai, P. (2022). Impact of cultivation practices and varieties on productivity, profitability, and nutrient uptake of rice (*Oryza sativa* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) cropping system in India. *Agriculture*, 12, 1678.

- Salehi-Eskandari, B., Ghaderian, S. M., & Schat, H. (2018). *Alyssum inflatum* ve *Fortuynia garcinii*'de Ca/Mg katsayısı ve PEG simülasyonlu kuraklığın diferansiyel etkileşimli etkileri. *Plant and Soil*, *428*, 213–222.
- Samea-Andabjadid, S., Ghassemi-Golezani, K., Nasrollahzadeh, S., & Najafi, N. (2018). Exogenous salicylic acid and cytokinin alter sugar accumulation, antioxidants and membrane stability of faba bean. *Acta Biologica Hungarica*, *69*(1), 86-96.
- Sánchez, F. J., Manzanares, M., de Andres, E. F., Tenorio, J. L., & Ayerb, L. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Research*, *59*, 225–235.
- Sedaghat, M., Sarvestani, Z. T., Emam, Y., & Bidgoli, A. M. (2017). Physiological and antioxidant responses of winter wheat cultivars to strigolactone and salicylic acid in drought. *Plant Physiology and Biochemistry*, *119*, 59–69.
- Sevimay, N. (2009). *Kuraklık stresi altındaki marul bitkilerinde salisilik asidin etkileri*. [Yüksek Lisans Tezi]. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Shabbir, R., Singhal, R. K., Mishra, U. N., Chauhan, J., Javed, T., Hussain, S., Kumar, S., Anuragi, H., Lal, D., & Chen, P. (2022). Combined abiotic stresses: challenges and potential for crop improvement. *Agronomy*, *12*(11), 2795.
- Shaki, F., Maboud, H. E., & Niknam, V. (2018). Growth enhancement and salt tolerance of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), by salicylic acid. *Current Plant Biology*, *13*, 16–22.
- Shan, L.,Y., Wu, D., Hu, J., Yu, T., Dang, C., Fang, Y., Zhang, X., Tian, Q., & Xue, D. (2024). Effects of salicylic acid on growth, physiology, and gene expression in rice seedlings under salt and drought stress. *Plant Stress*, *11*, 100413.
- Sharma, M., Gupta, S., Majumder, B., Maurya, V., Deeba, F., Alam, A., & Pandey, V. (2018). Proteomics unravel the regulating role of salicylic acid in soybean under yield limiting drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, *130*, 529–541.
- Shemi, R., Wang, R., Gheith, E. S. M. S., Hussain, H. A., Hussain, S., Irfan, M., Cholidah, L., Zhang, K., Zhang, S., & Wang, L. (2021). Effects of salicylic acid, zinc and glycine betaine on morpho-physiological growth and yield of maize under drought stress. *Scientific Reports*, *11*(3195).
- Shivakrishna, P., Reddy, K. A., & Rao, D. M. (2018). Effect of PEG-6000 imposed drought stress on RNA content, relative water content (RWC), and chlorophyll content in peanut leaves and roots. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *25*, 285–289.
- Shoba, D., Manivannan, N., Vindhiyavarman, P., & Nigam, S. N. (2012). SSR markers associated for late leaf spot disease resistance by bulked segregant analysis in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Euphytica*, *188*, 265–272.

- Silva, T. I., Ribeiro, J. E. S., Dias, M. G., Nóbrega, J. S., Gonçalves, A. C. M., Filho, J. S. M., Alves, A. C. L., Júnior, J. T. C., Dias, T. J., & Zanuncio, J. C. (2023). Ecophysiology and growth of basil (*Ocimum basilicum*) under saline stress and salicylic acid. *Acta Biologica Colombiana*, 28, 1-26.
- Singh, B., & Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*, 39, 137–141.
- Singh, N. P., Pal, P. K., & Vaishali, S. K. (2014). Morpho-physiological characterization of Indian wheat genotypes and their evaluation under drought condition. *African Journal of Biotechnology*, 13(20).
- Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total phenol analyses: Automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28, 49–55.
- Smirnoff, N. (1993). The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*, 125, 27-58.
- Smith, A. F. (2002). Peanuts: The Illustrious History of the Goober Pea. University of Illinois Press: *Chicago, IL, USA*, pp. 8–13.
- Sofy, M. R. (2015). Application of salicylic acid and zinc improves wheat yield through physiological processes under different levels of irrigation intervals. *International Journal of Plant Research*, 5, 136–156.
- Sohag, A. A. M., et al. (2020). Exogenous salicylic acid and hydrogen peroxide attenuates drought stress in rice. *Plant, Soil and Environment*, 66, 7–13.
- Somerville, C., & Browse, J. (1991). Plant lipids: Metabolism, mutants, and membranes. *Plant Lipids*, 252, 80–87.
- Syed, F., Arif, S., Ahmed, I., & Khalid, N. (2021). Groundnut (*Peanut*) (*Arachis hypogaea*). In Tanwar, B., & Goyal, A. (Eds.), *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications*. Springer, Singapore.
- Tang, Y. P., Sun, X., Wen, T., Liu, M. J., Yang, M. Y., & Chen, X. F. (2017). Implications of terminal oxidase function in regulation of salicylic acid on soybean seedling photosynthetic performance under water stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 112, 19–28.
- Tegeder, M., & Masclaux-Daubresse, C. (2018). Source and sink mechanisms of nitrogen transport and use. *New Phytologist*, 217, 35–53.
- TÜİK. (2024). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim Veri Tabanı.
- Ullaha, A., Romdhaneb, L., Rehman, A., & Farooq, M. (2019). Adequate zinc nutrition improves the tolerance against drought and heat stresses in chickpea. *Plant Physiology and Biochemistry*, 143, 11–18.

- Upadhyaya, H., Dutta, B. K., & Panda, S. K. (2013). Zinc modulates drought-induced biochemical damages in tea (*Camellia sinensis* L). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*, 6660–6670.
- Üçeçam, D., & Hayli, S. (2004). Osmaniye ilinde yerfıstığı tarımı ve önemi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *14*(2), 67-92.
- Vassiliou, E. K., Gonzalez, A., Garcia, C., Tadros, J. H., Chakraborty, G., & Toney, J. H. (2009). Oleic acid and peanut oil high in oleic acid reverse the inhibitory effect of insulin production of the inflammatory cytokine TNF- α both in vitro and in vivo systems. *Lipids in Health and Disease*, *8*, 1–10.
- Verslues, P. E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J., & Zhu, J. K. (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *Plant Journal*, *45*(4), 523–539.
- Wang, M. L., Chen, C. Y., Davis, J., Guo, B., Stalker, H. T., & Pittman, R. N. (2009). Assessment of oil content and fatty acid composition variability in different peanut subspecies and botanical varieties. *Plant Genetic Resources*, *8*, 71–73.
- Wang, M., He, X., Jiang, B., Liu, W., Lin, Y., Xie, D., Liang, Z., & Peng, Q. (2019). Transcriptome analysis in different chieh-qua cultivars provides new insights into drought-stress response. *Plant Biotechnology Reports*, *13*(6), 663-675.
- Wang, Q. H., Liang, X., Dong, Y. J., Xu, L. L., Zhang, X. W., Kong, J., & Liu, S. (2013). Effects of exogenous salicylic acid and nitric oxide on physiological characteristics of perennial ryegrass under cadmium stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, *32*, 721–731.
- Wei, W., Li, Q. T., Chu, Y. N., Reiter, R. J., Yu, X. M., Zhu, D. H., Zhang, W. K., Ma, B., Lin, Q., Zhang, J. S., & Chen, S. Y. (2015). Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants. *Journal of Experimental Botany*, *66*, 695–707. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru392>
- Wen, S., Liu, H., Li, X., Chen, X., Hong, Y., Li, H., Lu, Q., & Liang, X. (2018). TALEN-mediated targeted mutagenesis of fatty acid desaturase 2 (FAD2) in peanut (*Arachis hypogaea* L.) promotes the accumulation of oleic acid. *Plant Molecular Biology*, *97*(1–2), 177–185.
- Williamson, G., Kay, C. D., & Crozier, A. (2018). The bioavailability, transport, and bioactivity of dietary flavonoids: A review from a historical perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *17*, 1054-1112.
- Xu, F., Cheng, H., Cai, R., Li, L. L., Chang, J., Zhu, J., Zhang, F. X., Chen, L. J., Wang, Y., Cheng, S. H., & Cheng, S. Y. (2008). Molecular cloning and function analysis of an anthocyanidin synthase gene from *Ginkgo biloba*, and its expression in abiotic stress responses. *Molecules and Cells*, *26*, 536-547.

- Yadav, T., Kumar, A., Yadav, R. K., Yadav, G., Kumar, R., & Kushwaha, M. (2020). Salicylic acid and thiourea mitigate the salinity and drought stress on physiological traits governing yield in pearl millet-wheat. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27, 2010–2017.
- Yamada, M., Morishita, H., Urano, K., Shiozaki, N., Yamaguchi-Shinozaki, K., & Shinozaki, K. (2005). Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. *Journal of Experimental Botany*, 56, 1975–1981.
- Yamaguchi, M., Valliyodan, B., Zhang, J., Lenoble, M. E., Yu, O., Rogers, E. E., Nguyen, H. T., & Sharp, R. E. (2010). Regulation of growth response to water stress in the soybean primary root. I. Proteomic analysis reveals region-specific regulation of phenylpropanoid metabolism and control of free iron in the elongation zone. *Plant, Cell and Environment*, 33, 223–243.
- Yang, Y. Q., Li, X., Kong, X. X., Ma, L., Hu, X. Y., & Yang, Y. P. (2015). Transcriptome analysis reveals diversified adaptation of *Stipa purpurea* along a drought gradient on the Tibetan plateau. *Functional & Integrative Genomics*, 15(3), 295–307.
- Yavaş, I., & Ünay, A. (2016). Effects of zinc and salicylic acid on wheat under drought stress. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 26, 1012–1018.
- Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A., & Abbassi, F. (2011). The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. *African Journal of Agronomy*, 6, 798–807.
- Yin, L., Wang, S., Liu, P., Wang, W., Cao, D., Deng, X., & Zhang, S. (2014). Silicon-mediated changes in polyamine and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid are involved in silicon-induced drought resistance in *Sorghum bicolor* L. *Plant Physiology and Biochemistry*, 80, 268–277.
- Yousefi, A. R., Rashidi, S., Moradi, P., & Mastinu, A. (2020). Germination and seedling growth responses of *Zygophyllum fabago*, *Salsola kali* L., and *Atriplex canescens* to PEG-induced drought stress. *Environments*, 7(107).
- Yousefvand, P., Sohrabi, Y., Heidari, G., Weisany, W., & Mastinu, A. (2022). Salicylic acid stimulates defense systems in *Allium hirtifolium* grown under water deficit stress. *Molecules*, 27(3083).
- Yousfi, S., Marquez, A. J., Betti, M., Araus, J. L., & Serret, M. D. (2016). Gene expression and physiological responses to salinity and water stress of contrasting durum wheat genotypes. *Journal of Integrative Plant Biology*, 58, 48–66.
- Yu, Z. Z., Fu, C. X., Han, Y. S., Li, X. Y., & Zhao, D. X. (2006). Salicylic acid enhances jaceosidin and syringin production in cell cultures of *Saussurea medusa*. *Biotechnology Letters*, 28, 1027-1031.
- Yv, S. L., & Isleib, T. G. (2000). The inheritance of high oleic acid content in peanut of Virginia type in USA. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 22, 35–38.

- Zainab, N., Amna, Khan, A. A., Azeem, M. A., Ali, B., Wang, T., Shi, F., Alghanem, S. M., Munis, M. F. H., Hashem, M., Alamri, S., Latef, A. A. H. A., Ali, O. M., Soliman, M. H., & Chaudhary, H. J. (2021). PGPR-mediated plant growth attributes and metal extraction ability of *Sesbania sesban* L. in industrially contaminated soils. *Agronomy*, *11*(9), 1820.
- Zarei, G., Shamsi, H., & Dehghani, S. M. (2010). The effect of drought stress on yield, yield components and seed oil content of three autumnal rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Journal of Research in Agricultural Sciences*, *60*(1), 29-37.
- Zeng, R., Chen, T., Li, X., Cao, J., Li, J., Xu, X., Zhang, L., & Chen, Y. (2024). Integrated physiological, transcriptomic and metabolomic analyses reveal the mechanism of peanut kernel weight reduction under waterlogging stress. *Plant, Cell & Environment*, *47*(8), 3198-3214.
- Zeng, R., Chen, T., Zhang, H., Cao, J., Li, X., Wang, X., Wang, Y., Yao, S., Gao, Y., Chen, Y., & Zhang, L. (2023). Effect of waterlogging stress on grain nutritional quality and pod yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Agro Crop Science*, *209*, 286-299.
- Zhang, F. Q., Zhang, H. X., Xia, Y., Wang, G. P., Xu, L. L., & Shen, Z. G. (2011). Exogenous application of salicylic acid alleviates cadmium toxicity and reduces hydrogen peroxide accumulation in root apoplasts of *Phaseolus aureus* and *Vicia sativa*. *Plant Cell Reports*, *30*, 1475–1483.
- Zhang, F., Wan, X., Zheng, Y., Sun, L., Chen, Q., Zhu, X., et al. (2013). Effects of nitrogen on the activity of antioxidant enzymes and gene expression in leaves of *Populus* plants subjected to cadmium stress. *Journal of Plant Interactions*, *9*, 599–609.
- Zhang, Y., Gao, X., Li, J., Gong, X., Yang, P., Gao, J., Wang, P., & Feng, B. (2019). Comparative analysis of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) leaf transcriptomes for insight into drought tolerance mechanisms. *BMC Plant Biology*, *19*, 397.
- Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C., & Wang, P. (2021). Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(9), 4609.