

T.C.
MALATYA TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAZI KAYISI ÇEŞİTLERİNİN KURAKLIK STRESİNE TEPKİLERİNİN VE
KURAKLIK STRESİ SONRASI İYİLEŞME KABİLİYETLERİNİN
BELİRLENMESİ

İBRAHİM KUTALMIŞ KUTSAL

DOKTORA TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2024

ONUR SÖZÜ

Doktora Tezi olarak sunduğum “**Bazı Kayısı Çeşitlerinin Kuraklık Stresine Tepkilerinin ve Kuraklık Stresi Sonrası İyileşme Kabiliyetlerinin Belirlenmesi**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

İbrahim Kutalmış KUTSAL

ÖZET

Doktora Tezi

BAZI KAYISI ÇEŞİTLERİNİN KURAKLIK STRESİNE TEPKİLERİNİN VE KURAKLIK STRESİ SONRASI İYİLEŞME KABİLİYETLERİNİN BELİRLENMESİ

İbrahim Kutalmış KUTSAL

Malatya Turgut Özal Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

126 + xiii sayfa

2024

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin KARLIDAĞ

Kontrolsüz sera koşullarında yürütülen bu çalışma ile Türkiye'de yetiştiriciliği yapılan önemli kayısı çeşitlerinin (Alkaya, Çataloğlu, Çöloğlu, Hacıhaliloğlu, Hasanbey, Kabaası, Kadioğlu, Soğancı, Şalak, Şekerpare ve Tokaloğlu) ve kayısı çöğürünün kuraklık stresine tepkileri ve stres sonrası yeniden sulama ile iyileşme durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve bazı antioksidan enzim özellikleri incelenmiş ve bu özellikler kuraklık stresi altında ve yeniden sulama sonrasında olmak üzere iki farklı dönemde değerlendirilmiştir. Belirlenen morfolojik özelliklerde hasar indeksi hesaplanmış, fizyolojik, biyokimyasal ve antioksidan enzim özelliklerinde ise puanlama yapılarak çeşitlerin kuraklık stresine tolerans durumları ve stres sonrası iyileşme yetenekleri puanlanmıştır. Bu amaçla, aşılama ile elde edilen fidanlar ve aşısız kayısı çöğürleri saksılara alınmış ve yeterli sürgün gelişimi sağlandıktan sonra 2021 yılının Mayıs ayında bitkilerde ilk kuraklık belirtileri görülünceye dek sulama kesilerek kuraklık stresine maruz bırakılmış ve sonrasında iyileşme uygulaması için bir hafta boyunca tekrar sulanmıştır. Sonuçlar kuraklık stresinin sürgün uzunluğunu, yaprak alanını, özgül yaprak ağırlığını ve bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarını önemli derecede azalttığını göstermiştir. Morfolojik özelliklere ilişkin hasar indeksine göre kuraklığa toleransı en yüksek çeşitler Kabaası (29.70), Çöğür (28.07) ve Hasanbey (20.26) olurken, en duyarlı çeşitler ise Alkaya (48.20), Çöloğlu (54.18) Hacıhaliloğlu (51.26) olarak belirlenmiştir. Yeniden sulama uygulaması ile birlikte bitkilerin morfolojik özelliklerinde iyileşmeler gözlenirse de, belirlenen süre bitkilerin tam olarak iyileşmesi için yeterli olmamıştır. Kuraklık stresi tüm çeşitlerde fizyolojik özelliklerden stoma iletkenliği ve yaprak nispi su içeriğini azaltmış, membran geçirgenliğini artırmıştır. Yeniden sulama ile genel olarak tüm fizyolojik özelliklerde iyileşme gözlenmiştir. Stres sonrası dönemde fizyolojik özellikler kapsamında yapılan puanlamaya göre ise Çataloğlu (44), Kabaası (42) ve Hasanbey (33) çeşitleri ön plana çıkarken, Hacıhaliloğlu (5) Çöloğlu (17) ve Kadioğlu (20) çeşitleri en duyarlı çeşitler olarak belirlenmiştir. Kuraklık stresi, biyokimyasal parametrelerden yaprakların toplam karbonhidrat, MDA, H₂O₂, prolin ve flavanoid içeriklerini artırırken, protein, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karetenoid içeriklerini ise azaltmıştır. Biyokimyasal özellikler kapsamında puanlamaya göre tolerant çeşitler Çöğür (98), Şekerpare (85) ve Çataloğlu (77) duyarlı çeşitler ise Hacıhaliloğlu (37), Kadioğlu (39) ve Alkaya (44) olmuştur. Ölçülen tüm antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, POD, APX GR, ALR) kuraklık stresine bir cevap olarak artış göstermiş ve bu kapsamda toleransı yüksek çeşitler Hasanbey (50), Çöğür (49) ve Çataloğlu (44) olarak bulunmuştur. Tüm parametreleri

kapsayan puanlar göz önüne alındığında en fazla puanı toplayan çeşitler Kabaası (202), Hasanbey (201) ve Çögür (199) olurken, Hacıhaliloğlu (67), Kadioğlu (116) ve Alkaya (117) en düşük puanlara sahip çeşitler olarak bulunmuştur. Bilgiler ışığında, çeşitlerin kuraklık stresine toleranttan duyarlıya doğru sıralanışının Kabaası, Hasanbey, Çögür, Çataloğlu, Şekerpare, Soğancı, Tokaloğlu, Çöloğlu, Şalak, Alkaya, Kadioğlu ve Hacıhaliloğlu şeklinde olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Kayısı (*Prunus armeniaca* L.), kuraklık, iyileşme, morfolojik özellikler, fizyolojik özellikler, biyokimyasal özellikler, antioksidan enzim aktivite özellikleri, hasar indeksi.



ABSTRACT

Ph. D. Thesis

DETERMINATION OF RESPONSES TO DROUGHT STRESS AND RECOVERY ABILITIES OF SOME APRICOT CULTIVARS

İbrahim Kutalmış KUTSAL

Malatya Turgut Özal University
Institute of Graduate Studies
Department of Horticulture

126 + xiii pages

2024

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin KARLIDAĞ

This study aimed to determine the responses of important apricot cultivars grown in Türkiye (Alkaya, Çataloğlu, Çöloğlu, Hacıhaliloğlu, Hasanbey, Kabaaşı, Kadioğlu, Soğancı, Şalak, Şekerpare, and Tokaloğlu) to drought stress and their recovery status after re-irrigation under uncontrolled greenhouse conditions. Morphological, physiological, biochemical, and some antioxidant enzyme properties were determined, and these characteristics were evaluated at two different periods: during drought stress and after re-irrigation. Damage indices were calculated for the determined morphological characteristics, and scoring was performed for physiological, biochemical, and antioxidant enzyme properties to assess the tolerance of cultivars to drought stress and their recovery abilities. For this purpose, seedlings obtained by grafting and ungrafted apricot seedlings (çöğür) were potted, and after sufficient shoot development, irrigation was cut off until the first signs of drought were observed in May 2021, and then re-irrigation was applied for one week for recovery. The results showed that drought stress significantly reduced shoot length, leaf area, specific leaf weight, and the fresh and dry weights of plants. According to the damage index for morphological characteristics, the most drought-tolerant cultivars were Kabaaşı (29.70), Çöğür (28.07), and Hasanbey (20.26), while the most sensitive cultivars were determined as Alkaya (48.20), Çöloğlu (54.18), and Hacıhaliloğlu (51.26). Although improvements in morphological characteristics of plants were observed with re-irrigation, the determined period was not sufficient for complete recovery of plants. Drought stress reduced physiological characteristics such as stomatal conductance and leaf relative water content in all cultivars while increasing membrane permeability. Generally, recovery was observed in all physiological characteristics after re-irrigation. Based on the scoring conducted for physiological characteristics in the post-stress period, Çataloğlu (44), Kabaaşı (42), and Hasanbey (33) stood out, while Hacıhaliloğlu (5), Çöloğlu (17), and Kadioğlu (20) were identified as the most sensitive cultivars. Drought stress increased the levels of total carbohydrates, MDA, H₂O₂, proline, and flavonoid contents in leaves, while decreasing protein, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, and carotenoid contents. Based on the scoring for biochemical characteristics, tolerant cultivars were Çöğür (98),

Şekerpare (85), and Çataloğlu (77), while sensitive cultivars were Hacıhaliloğlu (37), Kadioğlu (39), and Alkaya (44). All measured antioxidant enzyme activities (SOD, POD, APX, GR, ALR) increased in response to drought stress, and in this context, the cultivars with high tolerance were identified as Hasanbey (50), Çöğür (49), and Çataloğlu (44). Taking into account all parameters, the cultivars that scored the highest were Kabaası (202), Hasanbey (201), and Çöğür (199), while Hacıhaliloğlu (67), Kadioğlu (116), and Alkaya (117) had the lowest scores. In conclusion, based on the information, the order of cultivars from tolerant to sensitive to drought stress was determined as Kabaası, Hasanbey, Çöğür, Çataloğlu, Şekerpare, Soğancı, Tokaloğlu, Çöloğlu, Şalak, Alkaya, Kadioğlu, and Hacıhaliloğlu.

KEYWORDS: Apricot (*Prunus armeniaca* L.), drought, recovery, morphological characteristics, physiological characteristics, biochemical characteristics, antioxidant enzyme activity properties, damage index.



TEŞEKKÜR

Yıllardır bana yol gösteren, neyi nasıl ve ne için yapmam gerektiğini öğreten, uzmanlığı ve saygınlığı ile toplumun her kesiminde takdir edilen bir insan olarak gördüğüm, kimi zaman duygusallıktan uzak, kimi zaman da samimi tavırlarıyla her adımda yanımda olan ve akademik gelişimimi destekleyen çok kıymetli hocam Prof. Dr. Hüseyin KARLIDAĞ'a saygılarımı ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmam boyunca akademik ve kişisel yönden bana katkılar sunan Doç. Dr. Tuncay KAN'a içten teşekkürlerimi sunarım.

2015 yılından beri görev yaptığım, duygusal ve profesyonel olarak yüksek seviyede aidiyet hissettiğim Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümüne ve bölümde görev yapan tüm öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Çalışmamı 120O669 kodlu proje ile destekleyen TÜBİTAK'a, araştırmama sağladıkları maddi katkılardan ötürü derin teşekkürlerimi sunarım.

Doğduğum andan itibaren her zaman yanımda olan, sevgileri ve destekleriyle bana güç veren çok kıymetli aileme en derin teşekkürlerimi sunarım. Bu başarıyı sizinle paylaşmak benim için en büyük mutluluktur.

Son olarak, anlayışı ve desteğiyle bu süreci daha kolay hale getiren kıymetli eşim Sibel'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
2.1 Kuraklık Stresinin Bitkiler Üzerindeki Etkileri.....	7
2.1.1 Kuraklığın Bitkiler Üzerindeki Mekanik Etkileri.....	7
2.1.2 Kuraklığın Bitkiler Üzerindeki Metabolik Etkileri.....	8
2.1.3 Kuraklığın Bitkiler Üzerindeki Oksidatif Etkileri	8
2.2. Bitkilerde Kuraklıkla Meydana Gelen Değişimler	10
2.2.1. Morfolojik Değişimler	10
2.2.2 Mekanik Değişimler	10
2.2.3 Metabolik Değişimler	11
2.2.3.1 Fotosentetik Aktivite Üzerine Etkileri	11
2.2.3.2 Solunum Metabolizması Üzerine Etkileri.....	12
2.2.4. Oksidatif Değişimler.....	13
2.3 Kuraklığın Kayısı Üzerindeki Etkileri	17
2.4 Önceki Çalışmalar	18
3. MATERYAL VE METOD.....	39
3.1 Materyal.....	39
3.2 Yöntem	40
3.2.1 Morfolojik Ölçümler.....	42
3.2.1.1 Sürgün Uzunluğu Stres Tolerans İndeksi (SUSTİ).....	42
3.2.1.2 Yaprak alanı	43
3.2.1.3 Yaş ve kuru ağırlık ölçümleri.....	43
3.2.1.4 Morfolojik Ölçümlere İlişkin Hasar İndeksi	43
3.2.2 Fizyolojik Ölçümler.....	43
3.2.2.1 Membran Geçirgenliği	43
3.2.2.2 Stoma iletkenliği	44

3.2.2.3 Yaprak nispi su içeriği	44
3.2.3 Biyokimyasal Analizler	44
3.2.3.1 Toplam karbonhidrat içeriği.....	44
3.2.3.2 Prolin Miktarının Belirlenmesi	45
3.2.3.3 Protein İçeriğinin Belirlenmesi	46
3.2.3.4 Malondialdehit Miktarının Belirlenmesi.....	47
3.2.3.5 Hidrojen Peroksit Miktarının Belirlenmesi	47
3.2.3.6 Yaprakların Klorofil ve Karotenoid İçeriklerinin Belirlenmesi.....	48
3.2.3.7 Yapraklardaki Flavonoid Miktarının Belirlenmesi	48
3.2.4. Antioksidan Enzim Aktivitesi Analizleri.....	49
3.2.4.1 Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesinin Belirlenmesi	49
3.2.4.2 Peroksidaz (POD) Aktivitesinin Belirlenmesi	50
3.2.4.3 Askorbat Peroksidaz (APX) Aktivitesinin Belirlenmesi	50
3.2.4.4 Glutasyon Redüktaz (GR) Aktivitesinin Belirlenmesi	50
3.2.4.5 Aldoz Redüktaz (ALR) aktivitesinin belirlenmesi.....	51
3.2.5 Verilerin Değerlendirilmesi ve Puanlama.....	51
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	53
4.1 Morfolojik Özelliklere İlişkin Sonuçlar	53
4.1.1 Kuraklık ve iyileşme uygulamaların kayısı çeşitlerinin SUSTI (Sürgün Uzunluğu Stres Tolerans İndeksi) değerleri üzerine etkisi (%).....	53
4.1.2 Kuraklık ve iyileşme uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaş ağırlık stres tolerans indeksi (YASTİ) ve kuru ağırlık stres tolerans indeksi (KASTİ) üzerine etkileri (%).....	53
4.1.3 Kuraklık ve iyileşme uygulamaların kayısı çeşitlerinin özgül yaprak ağırlığı üzerine etkileri (mg/cm ²)	56
4.1.4 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının kayısı çeşitlerinin yaprak alanı üzerine etkileri (cm ²)	57
4.1.5 Morfolojik Özelliklere İlişkin Hasar İndeksi.....	61
4.2 Fizyolojik Ölçümlere İlişkin Sonuçlar	64
4.2.1 Kuraklık ve iyileşme uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaprak su potansiyeli değerleri üzerine etkisi (bar).....	64
4.2.2 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının kayısı çeşitlerinin stoma iletkenliği değerleri üzerine etkisi (mmol m ⁻² s ⁻¹)	65
4.2.3 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının kayısı çeşitlerinin yaprak nispi su içeriği (YNSİ) değerleri üzerine etkisi (%).....	66
4.2.4 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının kayısı çeşitlerinin membran geçirgenliği üzerine etkileri (%)	67

4.2.5 Fizyolojik Ölçümlere İlişkin Puanlama	72
4.3 Biyokimyasal Analizlere İlişkin Sonuçlar.....	73
4.3.1 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların toplam karbonhidrat içeriğine etkisi (%TA)	73
4.3.2 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların Malondialdehit (MDA) içeriğine etkisi ($\mu\text{mol/g TA}$)	74
4.3.3 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların hidrojen peroksit (H_2O_2) içeriğine etkisi ($\text{nmol.ml}^{-1} \text{ TA}$)	75
4.3.4 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların prolin içeriğine etkisi ($\mu\text{g.g}^{-1} \text{ TA}$).....	76
4.3.5 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların protein içeriğine etkisi ($\mu\text{g.g}^{-1} \text{ TA}$).....	77
4.3.6 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların klorofil a miktarına etkisi (mg g^{-1})	78
4.3.7 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların klorofil b miktarına etkisi (mg g^{-1})	79
4.3.8 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların toplam klorofil miktarına etkisi (mg g^{-1}).....	80
4.3.9 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların karetenoid miktarına etkisi (mg g^{-1}).....	81
4.3.10 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların flavanoid miktarına etkisi (quercetin $\mu\text{g.ml}^{-1}$)	82
4.3.11 Biyokimyasal Analizlere İlişkin Puanlama.....	89
4.4 Antioksidan Enzim Aktivitelerine İlişkin Sonuçlar	91
4.4.1 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların süperoksitdismutaz (SOD) enzim aktivitesine etkisi [$\text{U mg}^{-1} (\text{prot})$].....	91
4.4.2 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların peroksidaz (POD) enzim aktivitesine etkisi [$\mu\text{mol min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ FW}$]	92
4.4.3 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesine etkisi [$\text{nmol min}^{-1} (\text{prot}) \text{ mg}^{-1}$]	93
4.4.4 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların glutatyon redüktaz (GR) enzim aktivitesine etkisi [$\text{nmol min}^{-1} (\text{prot}) \text{ mg}^{-1}$].....	94
4.4.5 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların aldoz redüktaz (ALR) enzim aktivitesine etkisi ($\mu\text{mol NADPH dak}^{-1} \text{ mg protein}^{-1}$)	95
4.4.6 Antioksidan Enzim Aktivitelerine İlişkin Puanlama	99
4.5 Tüm Parametre Gruplarına İlişkin Puanlama ve Sıcaklık Haritaları.....	101
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	103
6. KAYNAKLAR	107

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
μ	Mikro
°C	Santigrad derece
ΨW	Su potansiyeli
ABA	Absisik Asit
APX	Askorbat Peroksidaz
AsA	Askorbik Asit
BAP	Benzil Amino Pürin
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
DHA	Dehidroaskorbat
DHAR	Dehidroaskorbat Redüktaz
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
EC	Elektriksel İletkenlik
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
g	Gram
GA ₃	Giberellik Asit
GPX	Glutasyon Peroksidaz
GR	Glutasyon Redüktaz
GSH	Glutasyon
GSSG	Okside Glutasyon
H ₂ O	Su
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
ha	Hektar
IAA	İndol Asetik Asit
IBA	İndol Bütirik Asit
K	Potasyum
KAT	Katalaz
kg	Kilogram
l	Litre

M	Molar
MDA	Malondialdehit
MDHA	Mono Dehidro Askorbat
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
Mn	Mangan
MPa	Mega Paskal
N	Normalite
NADP	Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat
NH ₃	Amonyak
nm	Nanometre
NSİ	Nispi Su İçeriği
O ₂	Serbest Oksijen
O ₂ ⁻	Süperoksit
OH ⁻	Hidroksil Radikalleri
PBZ	Paklobutrazol
PEG	Polietilen Glikol
POD	Peroksidaz
RNA	Ribo Nükleik Asit
ROT	Reaktif Oksijen Türleri
rpm	Dakikada devir
RWC	Oransal Su İçeriği
SNP	Sodyum Nitroprusid
SOD	Süperoksit Dismutaz
TCA	Trikloroasetik asit
U	Ünite
YNSİ	Yaprak Nispi Su İçeriği
Zn	Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çeşitli dönemlerde deneme alanından görüntüler	42
Şekil 3.2. Glikoz standart grafiği.	45
Şekil 3.3. Prolin standart grafiği.	46
Şekil 3.4. Protein standart grafiği.....	47
Şekil 3.5. H ₂ O ₂ standart grafiği.....	48
Şekil 3.6. Quarcetin standart grafiği	49
Şekil 4.1. Tüm parametrelere ilişkin sıcaklık haritası.....	103



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. 2022 yılı Dünya’da Kayısı Üretimi.....	1
Çizelge 1.2. Ülkelere göre kayısı üretim miktarları.....	2
Çizelge 3.1 Kullanılan harca ilişkin analiz sonuçları.....	41
Çizelge 4.1. Uygulamaların kayısı çeşitlerinin SUSTI (Sürgün Uzunluğu Stres Tolerans İndeksi) değerleri üzerine etkisi (%).....	53
Çizelge 4.2. Uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaş ağırlık stres tolerans indeksi (YASTİ) ve kuru ağırlık stres tolerans indeksi (KASTİ) üzerine etkileri (%).....	55
Çizelge 4.3. Uygulamaların kayısı çeşitlerinin özgül yaprak ağırlığı üzerine etkileri (mg cm^{-2}).....	57
Çizelge 4.4. Uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaprak alanı üzerine etkileri (cm^2).....	58
Çizelge 4.5. Kuraklık stresi sonrası ölçülen morfolojik parametre değerleriyle hesaplanan hasar indeksi.....	62
Çizelge 4.6. Kuraklık stresi ve iyileşme uygulaması sonrası ölçülen morfolojik parametrelere değerleriyle elde edilen puanlama.....	63
Çizelge 4.7 Uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaprak su potansiyeli üzerine etkileri (bar)....	64
Çizelge 4.8 Uygulamaların kayısı çeşitlerinin stoma iletkenliği değerleri üzerine etkisi ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).....	66
Çizelge 4.9 Uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaprak nispi su içeriği (YNSİ) üzerine etkisi (%).....	67
Çizelge 4.10. Uygulamaların kayısı çeşitlerinin membran geçirgenliği üzerine etkileri (%).....	68
Çizelge 4.11. Kuraklık stresi ve iyileşme uygulaması sonrası ölçülen fizyolojik parametre değerleriyle elde edilen puanlama.....	72
Çizelge 4.12. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların toplam karbonhidrat (%TA) içeriğine etkisi.....	74
Çizelge 4.13. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların Malondialdehit (MDA) içeriğine etkisi.....	75
Çizelge 4.14. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların hidrojen peroksit (H_2O_2) içeriğine etkisi.....	76
Çizelge 4.15. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların prolin içeriğine etkisi.....	77
Çizelge 4.16. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların protein içeriğine etkisi.....	78
Çizelge 4.17. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların klorofil a miktarına etkisi.....	79
Çizelge 4.18. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların klorofil b miktarına etkisi.....	80
Çizelge 4.19. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların toplam klorofil miktarına etkisi.....	81
Çizelge 4.20. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının karetenoid miktarına etkisi.....	82
Çizelge 4.21 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının flavanoid miktarına etkisi.....	83
Çizelge 4.22 Biyokimyasal analizlere ilişkin puanlama	90
Çizelge 4.23 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının süperoksitdismutaz (SOD) enzim aktivitesine etkisi	91
Çizelge 4.24 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının peroksidaz (POD) enzim aktivitesine etkisi.....	92
Çizelge 4.25 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının askorbatperoksidaz (APX) enzim aktivitesine etkisi.	93
Çizelge 4.26 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının glutatyon redüktaz (GR) enzim aktivitesine etkisi.	94
Çizelge 4.27 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının aldozredüktaz (ALR) enzim aktivitesine etkisi.....	95
Çizelge 4.28 Antioksidan Enzim Aktivitelerine İlişkin Puanlama	100
Çizelge 4.29 Tüm Parametre Gruplarına İlişkin Puanlama	101

1. GİRİŞ

Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) sistematik sınıflandırmada Rosales takımının, Rosaceae (Gülgiller) familyasına, Prunoidea alt familyasına ve Prunus cinsine dahil edilmektedir. Bazı sistematikçiler Prunus cinsinin birbirine benzemeyen çok sayıda tür içermesi nedeniyle kayısıyı *Armeniaca* cinsine dahil ederek *Armeniaca vulgaris* Lam. olarak da isimlendirmektedirler (Bailey ve Hough 1979).

Kayısının anavatanı, Orta Asya'dan Batı Çin'e kadar uzanan geniş bir coğrafik alanı kapsamaktadır. Bu alan, özellikle Afganistan, Pakistan, Tacikistan, Kırgızistan, Özbekistan ve Batı Çin'i içermektedir (Zohary ve Hopf, 2000; FAO, 2020). Orta Asya'daki bu bölgeler, kayısının yabani türlerinin genetik çeşitliliğinin en yüksek olduğu yerlerdir ve bu nedenle kayısının orijinal gen merkezi olarak kabul edilmektedir (Badenes ve Byrne, 2012). Anadolu ise kayısının anavatanı olmamasına rağmen, yüzyıllar boyunca süren yetiştirme ve seleksiyon çalışmaları sonucu önemli bir ikincil gen merkezi haline gelmiştir (Asma, 2000; Aksoy, 2013).

Dünyada kayısı üretimi 2022 yılında 3.578.412 ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemiz 817.522 tonluk kayısı üretimiyle dünya kayısı üretiminde lider ülke konumunda yer almış ve toplam dünya kayısı üretiminin yaklaşık %22'sini karşılamıştır (Çizelge 1.1; FAO, 2022).

Çizelge 1.1. 2022 yılı Dünya'da Kayısı Üretimi

Ülkeler	Üretim Miktarı (ton)
Türkiye	817.522
Özbekistan	424.734
İran	323.019
Cezayir	189.724
İtalya	189.570
Pakistan	145.391
Dünya Toplamı	3.578.412

Aynı yıl dünya kuru kayısı üretimi 169.450 ton olarak gerçekleşirken, ülkemiz 103.250 ton ile dünya kuru kayısı üretiminin %60.9'unu tek başına gerçekleştirmiş ve bunun 79.171 tonu ihraç edilmiştir (Çizelge 1.2; INC, 2023).

Çizelge 1.2. Ülkelere göre kuru kayısı üretim miktarları

Ülkeler	Üretim Miktarı (ton)
Türkiye	103.250
İran	15.000
Özbekistan	9.000
Çin	6.000
Afganistan	3.500
Diğer Ülkeler	32.700
Dünya Toplamı	169.450

Ülkemizde üretilen kayısıların çok önemli bir miktarı kurutmalık olarak değerlendirilmekte ve kuru kayısı ihracatı ülkemiz ekonomisine önemli katkılar sunmaktadır. Nitekim, 2022 yılında üretilen 103.250 ton kuru kayısının 75.567 tonu ihraç edilmiş ve 325.672.143 \$ gelir elde edilmiştir (Anonim, 2022)

Ülkemizde kayısı üretimi yapılan bölgeler arasında toplam üretimin yarısını tek başına sağlayan Malatya ili ön plana çıkmaktadır. Malatya’da 2022 yılında kayısı üretimi 389.396 ton olarak gerçekleşmiştir. İlin toplam meyve veren kayısı ağacı sayısı 10 milyon civarındadır. Üretim miktarı bakımından, Malatya’yı, Mersin, Elazığ, Erzincan, Sivas ve Iğdır illeri takip etmektedir (TUIK, 2022).

Malatya’daki kayısı bahçelerinin çok büyük bir bölümü kurutmalık kayısı çeşitleriyle tesis edilmiştir. Yetiştirilen kayısı çeşitlerinin neredeyse tamamını Hacıhaliloğlu, Kabaası, Çataloğlu, Hasanbey ve Soğancı oluşturmaktadır. Malatya’nın iklim özellikleri, bilhassa kurutmalık kayısı çeşitlerin yetiştiriciliği için oldukça elverişli olmasına rağmen, son yıllarda çevresel faktörlerde meydana gelen bazı değişiklikler nedeniyle bölgenin hemen her yöresinde yetiştiricilikte çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Çevresel faktörler bir bitkiyi birçok yolla etkileyebilmekte ve bitkiler için her zaman optimum düzeyde olmayabilmektedir. Çevre faktörlerinin uygunsuz olduğu durumlar bitkilerde morfolojik ve fizyolojik bazı etkileri beraberinde getirmektedir. Bitkilerde meydana gelen bu istenmeyen etki ve durumlar stres olarak isimlendirilmektedir (Schulze vd., 2005).

Stres faktörleri, biyotik ve abiyotik stres faktörleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Kuraklık, su fazlalığı, tuzluluk, soğuk, sıcak, radyasyon, bazı kimyasallar ve toprakta besin yetersizliği gibi çevresel etmenler abiyotik stres faktörlerinin içerisine dahil edilmektedir. Biyotik stres faktörleri ise bakteriler, virüsler, funguslar, böcekler, herbivorlar ve diğer patojenleri içermektedir (Mahajan ve Tuteja, 2005).

Abiyotik stres faktörleri, yetiştiricilik açısından çok önemli tehditler barındırmakta olup, bitkilerde bazı olumsuz değişimler ortaya çıkararak, bütün dünyada verim kayıplarının %50'den daha fazlasına neden olmaktadır (Wang vd., 2003). Abiyotik stres etmenleri içinde tarımsal üretimi sekteye uğratan en önemli faktörlerden biri kuraklıktır. Dünya genelinde tarımsal üretimi önemli ölçüde sınırlandıran kuraklık stresinin 2050'li yıllarda tarıma elverişli alanlar için daha ciddi sorunlar oluşturabileceği ve bu durumun tarımsal üretimi ciddi bir şekilde etkileyeceği düşünülmektedir (Wu ve Wang, 2000; Kijne, 2006).

Türkiye, iklim değişikliğinin muhtemel etkileri açısından risk altındaki ülkeler arasında yer almaktadır. Özellikle Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinin iklim değişikliğinden daha fazla etkileneceği tahmin edilmektedir. Türkiye, coğrafi konumu ve yapısı nedeniyle birçok farklı iklim bölgesine ve mikroklimatik alanlara sahiptir. İklim faktörleri, özellikle de yağış miktarı, üretim üzerinde büyük etkiye sahip olup zaman ve mekân özelinde büyük değişkenlik gösterir. Türkiye genelinde yıllık yağış ortalaması yaklaşık 640 mm'dir, ancak yağış dağılımının düzensizliği nedeniyle birçok bölgede su sıkıntısı ve kuraklık yaşanmaktadır (Kaplukan, 2013). Türkiye'de kuraklık, atmosferik şartlar, fiziksel coğrafya etmenleri ve iklim koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bitkilerin normal büyümesi ve yaşam döngüsünü tamamlaması için gereken suyun eksikliğinden kaynaklanan kuraklık stresi, özellikle yağışların düzensiz olduğu ve sulamanın yetersiz olduğu bölgelerde yaygın olarak görülmektedir (Şircelj vd., 2007).

Yağışa dayalı iklim sınıflandırmalarında, genellikle kabul edilen esaslara göre yıllık ortalama yağış miktarı 250 mm'den az olan yerler "kurak" olarak tanımlanırken, 250-500 mm arasında olan yerler ise "yarı kurak" iklime sahip olarak sınıflandırılmıştır. Bu bağlamda, Türkiye'de İç Anadolu'nun tamamı, Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu ve Malatya İlinin de içerisinde bulunduğu Doğu Anadolu

Bölgesi'nin bazı bölgeleri kurak ve yarı kurak özellik göstermekte ve bazı yerlerde çöl ve çok kurak özellikler de bulunmaktadır (Kaplukan, 2013).

Küresel ortalama sıcaklıklardaki artışın, sanayi devrimi öncesi döneme göre 1 °C eşiğini aştığı, Türkiye'de ise ortalama sıcaklık artışının 1,4 °C'yi geçtiği bildirilmektedir (IPCC, 2023). Malatya ili özelinde, 1975 yılından bu yana ortalama sıcaklığın 0,9 °C arttığı tespit edilmiş ve 2040 yılına kadar ise artış trendinin devam ederek ortalama sıcaklığın 15.9 °C olacağı öngörülmüştür. Maksimum sıcaklık ortalamaları için oluşturulan regresyon modeline göre 1975-2017 döneminde 1.112 °C civarında artış gerçekleşmiştir. Maksimum sıcaklık ortalamasının gelecekte de artış eğilimini sürdüreceği ve 2017'de 26.51 °C olan maksimum sıcaklık ortalamasının 0.96 °C'lik artış ile 2040 yılında 27.47 °C'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Benzer şekilde, 1975-2017 döneminde yıllık toplam yağışlar kuvvetli azalış eğilimindedir. Regresyon modeline göre 1975 yılından bu yana, yıllık toplam yağışlarda 81.2 mm azalış gözlenmiştir. Bununla beraber, yıllık toplam yağışın 2040 yılında 266.49 mm'ye düşeceği öngörülmektedir (Avcı ve Esen, 2019). Bu durum Malatya'da yoğun olarak yapılan kayısı yetiştiriciliği üzerinde ciddi bir tehdit oluşturabilir.

Meyve ağaçlarının su ihtiyacı, türler arasında ve tür içinde ve büyüme mevsimi boyunca değişkenlik gösterir. Literatürde, meyve ağaçlarının su ihtiyacının türler arasında farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Ayva, armut, erik, şeftali, elma, kiraz, vişne ve kayısı gibi meyve ağaçlarının su ihtiyacı, Faust (1989) tarafından yapılan çalışmada, sırasıyla azalan bir düzende sıralanmıştır. Bununla birlikte, meyve ağaçlarının kuraklığa tolerans durumları, su ihtiyaçlarından farklılık gösterir. Flore (1994) tarafından yapılan çalışma, kuraklığa tolerans sıralamasını armut, kurutmalık erik, elma, ceviz, erik, badem, şeftali, kiraz, vişne ve kayısı şeklinde ortaya koymuştur. Bu bilgiler ışığında, kayısının az su ile idare edebilen bir tür olduğu ancak kuraklık koşullarına sert tepkiler verebildiği anlaşılmaktadır.

Kuraklığın bitki gelişiminde diğer stres faktörlerine göre daha büyük etkilere neden olduğu ve bu etkilerin bitkinin genotipi ve gelişim evresi ile kuraklığın şiddeti ve süresine bağlı olduğu bildirilmiştir (Da Silva vd., 2012). Kuraklığın; bitki büyüme ve gelişmesini (Ashraf and Iram, 2005; Kashiwagi vd., 2006; Hu vd., 2010; Ji vd., 2012; Orange and Ebadi, 2012) ve fotosentetik aktiviteyi (Ekmekçi vd., 2005; Liu vd., 2005; Praxedes vd., 2006; Galmés vd., 2007; Kalefetoğlu Macar and Ekmekçi, 2008; Hozain vd., 2012; Da Silva vd., 2012), olumsuz yönde etkilediğini bildiren pek çok

Çalışma bulunmaktadır. Kuraklık stresi altında bitkilerde ortaya çıkan en önemli cevaplardan biri stoma kapanmasına bağlı olarak fotosentez aktivitesinin azalmasıdır (Mahajan and Tuteja, 2005). Fotosentez aktivitesinin azalmasında stoma kapanması ile birlikte fotosentetik enzim aktivitesinin azalması gibi birçok mekanizma birlikte rol oynamaktadır (Aranjuelo vd., 2010). CO₂ alımının sınırlanması sonucu ışıkın yakalanması ile bu enerjinin kullanımı arasındaki dengenin bozulmasına bağlı olarak, fotosistem II (PSII) aşırı uyarılmakta ve bu durum hem fotosentez oranının azalmasına hem de absorbe edilen enerjinin fluoresans, ısı veya başka bir moleküle aktarılması şeklinde yayılmasına neden olmaktadır (Faraloni vd., 2011).

Kuraklık stresinin fotosentetik aktiviteyi olumsuz etkilemesinin bir diğer nedeni ise osmotik stresin tetiklenmesidir. Stres koşullarına bağlı olarak fotosistemlerin, özellikle de PSII'nin aşırı uyarılması fotosentetik fonksiyonların bozulmasına ve reaktif oksijen türlerinin (ROT) oluşmasına neden olmaktadır (Sperdouli and Moustakas, 2012). Moleküler O₂'nin H₂O oluşturmak için enerji veya elektron transferinin gerçekleştirdiği indirgenme reaksiyonlarının ara ürünleri olan ve stres koşullarında sentezlenme miktarı artan ROT'lar [singlet oksijen (1O₂), süperoksit molekülü (O²⁻), hidrojen peroksit (H₂O₂) ve hidroksil radikali (OH⁻), perhidroksil radikali (HO₂.)]; (Breusegem vd., 2001; Apel and Hirt, 2004) yapraklarda membran hasarına yol açarak lipid peroksidasyona neden olurlar (Bai vd., 2006). Lipid peroksidasyonun yanı sıra; proteinlerde bozulma, enzim inhibisyonu, klorofil parçalanması, DNA ile RNA'da hasarlar ve hücre ölümü gibi olumsuz etkilere sebep olan ROT'ları (Mittler, 2002) ortamdaki uzaklaştırmak için bitkiler; süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR), katalaz (CAT), peroksidaz (POD) gibi enzimatik ve askorbik asit (AsA), glutatyon (GSH), antosiyanin ve karotenoid gibi düşük moleküler ağırlıklı enzimatik olmayan antioksidanlardan oluşan savunma sistemleri geliştirerek (Johnson vd. 2003; Marok vd., 2013); hücrelerini oksidatif hasara karşı koruyabilmektedirler. Çeşitli bitkilerde, kuraklığa karşı dayanıklılığın kazanılmasında antioksidan savunma sistemlerinin devreye girmesinin önemli role sahip olduğu pek çok çalışma ile ortaya konulmuştur (Pinheiro vd., 2004; Türkan vd., 2005; Khanna-Chopra and Selote, 2007; Ozkur vd., 2009; Pompelli vd., 2010; Terzi vd., 2010; Hojati vd., 2011; Marok vd., 2013).

Tüm bitkiler, belirli bir düzeyde strese karşı koyma ve canlı kalabilme potansiyeline sahiptir. Strese dayanıklılığın iki tipi bulunmaktadır: sakınma ve tolerans. Bunlar, farklı tip reaksiyon mekanizmalarını tarif eden terimlerdir.

Sakınma, dış çevrede stres oluşturabilecek koşullar olmasına rağmen, bitkinin hücrelerini strese sokmayan iç ortam sağlamasıdır. Örneğin; bir kaktüs, iç su seviyesini iyi bir koruma mekanizması ile kuraklıktan korur ve içsel su eksikliği ortaya çıkmaz. Stres sakınması, sadece fizyolojik mekanizmalarla değil, aynı zamanda bitkilerin aşırı çevresel etkilerden kaçınması için, mekanik ve morfolojik mekanizmalarla da sağlanmaya çalışılır.

Tolerans, bitkinin aşırı dış stres şartlarında olduğu kadar, içsel stres altında da, bir noktaya kadar fonksiyonlarını, canlılığını sürdürebilme yani, strese dayanma kapasitesini tarif eder. Strese dayanıklılık, bitkinin büyüme ve gelişme dönemine göre de değişebilmektedir. Bitki, gelişiminin ilk safhasında strese karşı duyarlı, diğer dönemlerde dayanıklı olabilir.

Dünya genelinde tarımsal üretimin %40'nın su kaynaklarının yetersizliği ve yağışların az olmasından kaynaklı kuraklığın tehdit ettiği coğrafyalarda yapıldığı düşünüldüğünde, kuraklığın gelecekteki olası daha ciddi tehditlerine karşı önlemler geliştirmek, hükümetlerin politikası haline gelmiştir. (Maggio vd., 2005). Bu kapsamda bitkilerin çeşitli yöntemlerle su kullanım etkinliğinin artırılması, kuraklığa toleranslı çeşit ve genotiplerin belirlenmesi ve ıslah edilmesi gibi konular ön plana çıkmaktadır. Su stresinin olumsuz etkileri, kayısı yetiştiriciliğinin yoğun olduğu Malatya'yı tehdit altına almakta ve bu tehdide alternatif çözüm yollarının aranması gerekmektedir. Bu çözüm yollarının en pratik, kısa vadeli ve uygulanabilir olanı suyun daha ekonomik ve bilinçli bir şekilde kullanımıdır. Bu kapsamda, bölgede yetiştiriciliği yapılan çeşitlerin su stresine tepkilerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu tez çalışmasının amacı, Türkiye'de yetiştiriciliği yapılan bazı önemli kayısı çeşitlerinin su stresine tepkileri ile su stresinden sonra yeniden sulanarak iyileşme kabiliyetlerinin ortaya konulmasıdır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Genel olarak, bitkiler yaşamları boyunca çeşitli stres faktörleriyle karşılaşır ve bu faktörler normal büyümelerini ve gelişimlerini olumsuz yönde etkiler. Bu koşullarda meydana gelen değişiklikler stres olarak adlandırılır. Stres faktörleri genellikle bitkiler üzerinde eş zamanlı ve kombine bir şekilde etki gösterirler (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Abiyotik stresler arasında, dünya üzerindeki tarım alanlarını en fazla etkileyen faktörlerden biri kuraklıktır. Kuraklık, bitki büyümesini sınırlayan en önemli stres faktörü olarak kabul edilir. Kuraklık stresi, bitkilerde çeşitli morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklere neden olur (Blum, 1986). Morfolojik değişiklikler arasında yaprak alanının azalması ve yaprakların kıvrılması gibi belirtiler görülebilir. Fizyolojik olarak, kuraklık stresi transpirasyonun azalması, su kullanım verimliliğinin düşmesi, stomaların kapanması ve ozmotik düzenlemenin etkilenmesi gibi etkilerle kendini gösterir. Ayrıca, biyokimyasal düzeyde kuraklık stresi, bitkilerde prolin, poliamin ve trehaloz gibi moleküllerin birikimine neden olabilir (Özer vd., 1997; Mitra, 2001). Bu nedenle, kuraklık stresi bitki büyümesini olumsuz yönde etkileyen karmaşık bir olgudur. Araştırmalar, kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi ve tarım uygulamalarının kuraklığa karşı daha dirençli hale getirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu şekilde, tarımsal üretimde verimliliğin artırılması ve gıda güvenliğinin sağlanması için önemli adımlar atılabilir.

2.1 Kuraklık Stresinin Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Kuraklık, dünyada etkili olan doğal afetler arasında en önde gelenlerden biridir. Kuraklık stresi, bitkilerin su içeriğinde, turgor basıncında ve toplam su potansiyelinde azalma, yaprak solgunluğu, stomaların kapanması ve hücre büyümesinde ve gelişmesinde azalma gibi belirtilerle kendini gösterir. Özellikle şiddetli kuraklık durumunda, fotosentez duraklar, metabolizma bozulur ve sonuç olarak bitkiler ölebilirler (Bohnert ve Jensen, 1996). Kuraklık stresi, bitkilerde mekanik, metabolik ve oksidatif etkilere neden olur.

2.1.1 Kuraklığın Bitkiler Üzerindeki Mekanik Etkileri

Kuraklık, bitki hücrelerinde önemli miktarda su kaybı olduğunda ortaya çıkan ve turgor kaybıyla belirginleşen birincil bir stres faktörüdür (Levitt, 1986). Bu su kaybı sonucunda hücre hacmi azalır ve plazma membranı hücre duvarından ayrılarak plazmodezmalar aracılığıyla bağlantısını sürdürür (plazmoliz). Hücre özsuyu

konsantrasyonu artar ve protoplazmada dehidrasyon meydana gelir. Ozmotik su kaybı nedeniyle hücre içindeki protoplast, hücre çeperinden ayrılır. Bu süreçte, gerilim altındaki plazma membranı ve tonoplastta çökme olabilir (McKersie vd., 1994), bu da zarların yırtılmasına yol açabilir ve zarlar üzerinde bulunan hidrolitik enzimlerin serbest kalmasına neden olabilir, bu durumda sitoplazmanın otolizine (kendi kendini sindirme) yol açabilir (Salisbury ve Ross, 1992). Bu zararlar genellikle normal hücrel metabolizmayı kalıcı olarak etkiler. Su eksikliği durumunda, bitkilerin büyümesi ve özellikle de uzaması yavaşlar ve turgorlarında azalmalar meydana gelir (Özcan vd., 2004; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

2.1.2 Kuraklığın Bitkiler Üzerindeki Metabolik Etkileri

Metabolik etki, hücrede aşırı su kaybının neden olduğu hücrel metabolizmanın bozulmasıyla ortaya çıkan ikincil bir stres durumudur. Su kaybına bağlı olarak artan iyon birikimi, membran bütünlüğünün ve proteinlerin yapısının bozulmasına neden olabilir, bu da hücreye zarar verebilir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Kuraklık stresi altında, bitkilerin protein metabolizmasında proteinlerin parçalanması ve protein sentezinin azalması gibi bozulmalar meydana gelir. Bu durum, proteinlerin yapısında bulunan hidrofobik ve hidrofilik aminoasitlerin su ile etkileşimlerinin bozulmasına yol açar. Sonuç olarak, protein denatürasyonları ve enzimlerin aktivitelerinde yavaşlama meydana gelir (Bray, 1997). Proteinlerin parçalanmasıyla, dokularda aminoasit birikimi oluşur, enzim kayıpları meydana gelir, ABA (absisik acid) seviyeleri artar ve en önemlisi NH_3 gibi toksik bir bileşik ortaya çıkar. NH_3 , bitkide metabolik dengenin bozulmasına neden olabilir (Çırak ve Esendal, 2006).

2.1.3 Kuraklığın Bitkiler Üzerindeki Oksidatif Etkileri

Suyun sınırlı olduğu dönemlerde, bitki dokularında oksidatif stresin en yaygın nedeni kloroplastlarda gerçekleşen ışık-klorofil etkileşimleridir (Kutlu, 2010). Kuraklık kaynaklı oksidatif etki, oksijenin reaktif oksijen türleri oluşturarak, metabolizmada bulunan makromoleküllerde geri dönüşümsüz hasarlara neden olur. Bu durum oksijene bağlı reaktif radikaller, proteinler, lipitler, karbonhidratlar ve nükleik asitler gibi hücrelerde bulunan makromoleküllerle etkileşime girerek hasara yol açar (Smirnoff, 1993; Wise, 1995; Bartosz, 1997).

Kuraklık stresi sırasında, bitkilerde fotosentetik elektron taşınmasının değişmesi, süperoksit radikalının oluşmasına neden olabilir. Fotosentetik elektron

taşınması, kuraklık stresine tolerans sağlayan bir mekanizma olmasına rağmen, bitkilerin yaklaşık %20-30'u bu işlevi yerine getiremez. Kuraklık, belirgin bir şekilde pigment kaybına neden olmaz, ancak tilakoid membranların organizasyonunu bozabilir (Ledjal vd., 2000).

Serbest radikaller, atomik veya moleküler yapıda eşlenmemiş elektron taşıyan moleküllerdir ve oldukça reaktiftirler (McKersie ve Leshem, 1994). Özellikle aktif oksijen türlerini (süperoksit molekülü ($O_2^{\cdot-}$), singlet oksijen (1O_2), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikalleri ($OH^{\cdot}$) içerirler. Bu reaktif oksijen türleri (ROT), oksijenin elektron alarak indirgenmesi sonucu oluşur ve en az bir çift eşleşmemiş elektrona sahip oldukları için kararsızdırlar. ROT'lar, DNA, pigmentler, proteinler, lipitler ve diğer hücrel moleküllerle ve metabolitlerle etkileşime girerek doğada oldukça reaktif hale gelirler (McCord, 2000; Mittler, 2002). Bu nedenle metabolizmaya zarar verebilirler, ancak aynı zamanda sinyal iletiminde ikincil mesajcı olarak da işlev görebilirler (Ashraf, 2009). Normal koşullarda ROT'lar metabolik olaylar sırasında üretilirler, ancak düşük konsantrasyonlarda bitkilerin faaliyetlerini etkilemezler.

Su kısıtlı hale geldiğinde, bitkiler genellikle stomalarını kapatır, böylece daha fazla su kaybetmeyi önlerler. Ancak, bu durum fotosentez için gerekli olan CO_2 alımının kısıtlanmasına neden olur. Bu durumda, fotosentetik reaksiyon merkezlerindeki enerjinin birikmesine yol açar (Stuhlfauth vd., 1990). Sonuç olarak, $NADP^+$ gibi fotosentezdeki elektron alıcıları kısıtlanır ve ferredoksin, $NADP^+$ yerine oksijeni redükler. Böylece, fotosistem I (PSI)'deki elektronlar O_2 'ye transfer edilir ve reaktif $O_2^{\cdot-}$ radikali üretilir (Tambussi vd., 2000). Su stresi altında artan $O_2^{\cdot-}$ oluşumu birçok türde lipid peroksidasyonuna, yağ asidi doymunluğuna ve sonuç olarak zarar gören membranlara neden olur (Sgherry vd., 1996). Süperoksitin kendisi çok reaktif olmasa da daha sonra H_2O_2 ve daha sonra $OH^{\cdot}$ gibi daha reaktif bileşikler oluşturarak etkili olur (Halliwell ve Gutteridge, 1989). Hidrojen peroksit, Calvin döngüsündeki birçok enzimin inaktivasyonuna yol açabilir (Charles ve Halliwell, 1980; Kaiser, 1979). Ayrıca, süperoksit ve hidrojen peroksitin $OH^{\cdot}$ radikalini oluşturmak üzere tepkimesi sırasında, artan demir veya bakır gibi diğer geçiş metalleri, bu reaksiyonları hızlandırarak oksidatif hasarı artırabilir (Smirnoff, 1993; Asada, 1999). Bununla birlikte, fotosistem II (PS II) suyu parçalayan bölgede de serbest radikaller oluşabilir.

2.2. Bitkilerde Kuraklıkla Meydana Gelen Değişimler

2.2.1. Morfolojik Değişimler

Kuraklık, çok boyutlu bir stres faktörüdür ve bitki büyüme sürecini genel olarak olumsuz etkiler. Kuraklık, bitkilerde yaprak genişlemesi ve sayısının azalması gibi morfolojik cevaplarla kendini gösterir; bu da transpirasyonun azalması ve erken yaprak dökülmesinin bir sonucudur (Tuteja vd., 2011). Kuraklık koşullarında, genellikle bitkilerde kök uzunluğu ve su alımında azalma gözlenirken, bazı bitkiler derin toprak tabakalarındaki suya ulaşabilmek için kök sistemlerini geliştirerek bu koşullara uyum sağlarlar (Tuteja vd., 2011). Ayrıca, kuraklıkta bitkilerde meydana gelen diğer morfolojik ve anatomik değişiklikler arasında yaprak kıvrılması, epidermal (stomatal ve kutiküler) iletkenliğin azalması, stoma boyutu ve yoğunluğunda azalma, kutikula kalınlaşması ve yaprak tüylerinin artması yer alır (Pirasteh-Anosheh vd., 2016). Kuraklık ayrıca, kök ve gövde taze ve kuru kütlelerinde azalmaya neden olur (Zhao vd., 2006; Janiak vd., 2015).

2.2.2 Mekanik Değişimler

Bitkilerde, su taze ağırlığın büyük kısmını oluşturur ve metabolik reaksiyonlar, iyon ve çözünmüş madde taşınımı ile birlikte besin metabolizması ve hücresel gelişim için kritik önem taşır (Kögler ve Söffker, 2017). Kuraklık şartlarında, bitkilerin kök hidrolik iletkenliği, yaprak su potansiyeli, nispi su içeriği ve transpirasyon oranı önemli ölçüde azalır (Siddique vd., 2000; Kusaka vd., 2005; Shao vd., 2008). Su eksikliği durumunda, bitkilerde akuaporin seviyelerinde artış, su taşınımını kolaylaştırır ve normal fizyolojik süreçlerin sürdürülmesine yardımcı olur (Sarwat ve Tuteja, 2017). Ayrıca, suyun buharlaşmasını azaltarak hücrede turgor basıncının korunması osmolitlerin birikimiyle sağlanır (Yancey vd., 1982; Sarwat ve Tuteja, 2017). Kuraklık stresine bitkilerin başka bir tepkisi ise absisik asit seviyelerindeki artıştır; bu, stomaların kapanmasına ve su kaybının azalmasına neden olur (Sarwat ve Tuteja, 2017). Kökten besin maddelerinin alımının ve taşınımının azalması da su eksikliğin önemli bir sonucudur (Siddique vd., 2000). Kuraklık koşullarında, bitki dokularında bazı minerallerin alımının azaldığı ve bazılarının içeriğinin düştüğü gözlemlenir (Kusaka vd., 2005; Shao vd., 2008). Bu nedenle, düşük K^+ konsantrasyonlarının bitkinin kuraklık stresine direncini azalttığı ancak Ca^{2+} gibi

önemli bir sinyal molekülünün sitosolde hızla artış göstererek hücrede dehidrasyon direncini artırdığı belirtilmektedir (Shao vd., 2008; Sarwat ve Tuteja, 2017).

2.2.3 Metabolik Değişimler

2.2.3.1 Fotosentetik Aktivite Üzerine Etkileri

Abiyotik stres faktörleri arasında yer alan kuraklık stresi, fotosentetik aktiviteyi doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilir. Kuraklıkla birlikte fotosentez hızında meydana gelen azalmaların nedeni hem stomaların kapatılması hem de metabolik bozukluklardan kaynaklanabilir. Stomatal düzenleme, bitkilerdeki fotosentetik kapasitenin korunmasında önemli bir rol oynar (Farooq vd., 2009). Kuraklık koşullarında, foto-inhibisyon hasarı meydana gelir. Bu, kloroplastlardaki enerji dağılımının bozulması sonucu azalan elektron akışını içerir. Bu durum hem stomatal etkilerle hem de stomatal olmayan etkilerle gerçekleşir ve fotosentetik aktivitede azalmalara yol açar (Flexas vd., 2004).

Stomatal engelleme terimi, kuraklık stresine yanıt olarak stomaların kapanmasıyla fotosentezde meydana gelen azalışı ifade etmektedir (Flexas vd., 2004). Stomaların kapanmasıyla gerçekleşen bu fotosentetik inhibisyon, bitki metabolizması üzerindeki en belirgin etkilerden biridir. Yapılan çalışmalar, stomaların kısa süreli düzenlenmesinde yaprak su içeriği, toprağın nem düzeyi, atmosferik nem ve hidrolik iletkenlik gibi faktörlerin etkili olduğunu göstermektedir (Munns ve Tester, 2000). Kuraklık koşullarında, stomaların kapanması köklerden üretilen ve ksilem aracılığıyla taşınan absisik asit gibi kimyasal sinyallere cevap olarak gerçekleşir (Tardieu ve Simonneau, 1998). ABA kaynaklı stoma kapanma yanıtı, su noksanlığına maruz kalan bitkilerde net CO₂ alımını baskılayarak ve karbon dengesini değiştirerek fotosentezin azalmasına neden olur (Leung ve Giraudat, 1998).

Kuraklık koşullarında bitkilerde meydana gelen stomatal olmayan engellemeler, elektron taşıma kapasitesinde, maksimum karboksilasyon oranında ve mezofil iletkenliğinde azalma gibi metabolik kısıtlamalarla birlikte gerçekleşir (Flexas vd., 2004). Kuraklık şiddeti arttıkça, stomatal olmayan engellemelerin fotosentez üzerindeki etkisi, stomatal engellemeye göre daha baskın hale gelir (Tardieu ve Simonneau, 1998). Normal koşullarda, ışık, kloroplastların tilakoid zarlarında bulunan ışık toplama kompleksine (LHC) bağlı klorofil ve karotenoid pigmentleri tarafından absorbe edilir (Cinque vd., 2000). Kuraklık stresi altında klorofil içeriğinin azalması,

kuraklık süresine ve şiddetine bağlı olarak değişir ve bu durum fotosentez hızının azalmasında önemli bir rol oynar (Crafts-Brandner ve Salvucci, 2000). Stres koşullarında, LHCII pigmentleri tarafından fotonların aşırı absorpsiyonu potansiyel olarak LHC'lerde uyarılma enerjisinin birikmesine ve fotoinhibisyona neden olabilir (Niyogi vd., 1997). Kuraklık koşullarında daha az duyarlı olan karotenoidler, PSI ile PSII'nin ışık toplayıcı komplekslerinde bulunan diğer önemli fotosentetik pigment grubunu oluşturur (Demmig-Adams ve Adams, 1992). Bu pigment grubu, aşırı enerjinin ısı olarak dağılmasını sağlayan ksantofil döngüsünü aktive ederek rol oynar (Havaux, 1993). Karotenoidler ayrıca abiyotik stres sırasında üçlü klorofil moleküllerini söndürüp, kloroplastta oluşan tekli oksijen (1O_2) ve diğer toksik reaktif oksijen türlerini detoksifiye ederek fotokoruyucu olarak rol oynar (Frank vd., 1997). Ayrıca, fotosentetik elektron taşıma kapasitesindeki değişiklikler ve fotosistem aktivitesindeki değişikliklerle birlikte, kuraklıkta CO_2 asimilasyonunun engellenmesi, kloroplastta Mehler reaksiyonu yoluyla aktif oksijen türlerinin artan üretimine neden olur (Cornic ve Fresneau, 2002). Klorosolunum, kloroplastların tilakoid zarında bulunan ve plastokinon havuzu aracılığıyla elektronları NADPH'den O_2 'ye aktaran solunum elektron taşıma zincirini ifade eder ve kuraklığa toleransa önemli bir rol oynar (Noctor ve Foyer, 1998). Hem fotokimyasal olmayan indirgemeyi hem de oksijen tüketimi ile plastokinon oksidasyonunu içeren fotosentetik elektron taşınımı ile etkileşir (Asada, 1999).

2.2.3.2 Solunum Metabolizması Üzerine Etkileri

Stres koşullarında bitki verimliliği, büyük ölçüde fotosentez ile solunum arasındaki dengeye bağlıdır ve özellikle su stresi koşullarında fotosentezin bastırılmasıyla solunum, bitki verimliliğini kontrol eden önemli bir faktör olarak devreye girer (Flexas ve Medrano, 2002). Kuraklık stresinde fotosentetik aktivitenin azalmasıyla birlikte, köklere ve yapraklara iletilen karbon bileşiklerinin azalması kök ve gövde solunumunun da azalmasına neden olur (Adams vd., 2017). Kuraklık esnasında mitokondrial elektron taşıma zinciri (ETC), enerji metabolizmasını desteklemek için çeşitli mekanizmalara sahiptir. Bu mekanizmalardan ikisi ayrışım proteinleri (UCP'ler) ve alternatif dehidrogenazlar tarafından temsil edilir (Rasmusson ve Møller, 1990). Ayrıca, mitokondriyal ETC'nin önemli bir özelliği, enerji tasarrufunu sağlamak ve enerji dengesizliklerine karşı tamponlama işlevi için iki terminal oksidaza (sitokrom oksidaz ve alternatif oksidaz AOX) sahip olmasıdır

(Vanlerberghe, 2013). Kuraklık koşulları altında hem sitokrom hem de AOX aktiviteleri etkilenir ve bu koşullarda AOX/sitokrom oranı artar ki bu aşırı enerjinin dağıtılması için gereklidir (Vanlerberghe ve McIntosh, 1997). Bu bağlamda, kuraklıkta solunum aracılı karbon akışının sürdürülebilmesi ve fotosentez metabolizmasının desteklenmesi için AOX solunumu son derece önemlidir.

2.2.4. Oksidatif Değişimler

Oksidatif stres, bitkilerde biyotik ve abiyotik stres faktörleri veya gelişimsel süreçler tarafından uyarılan ve reaktif oksijen türlerinin üretimi ile antioksidan savunma sistemleri arasındaki dengesizlik olduğu zaman ortaya çıkan önemli bir stres etmenidir (Mittler, 2002). Hücrelerdeki yüksek ROT konsantrasyonları, fotosentetik pigmentler, lipidler, proteinler ve nükleik asitler gibi biyomoleküllerde hasara ve ayrıca lipid peroksidasyonu yoluyla elektrolitlerin sızmasına yol açarak da hücre metabolizmasının bozulmasına neden olan oksidatif zararlara yol açar.

Reaktif oksijen türleri, hem normal hem de stres koşulları altında, hücrelerde kloroplast, mitokondri, endoplazmik retikulum, plazma zarları, peroksizomlar, apoplast ve hücre çeperinde üretilir.

Süperoksit radikali ($O_2^{\cdot-}$); bitki hücresinde oluşan ilk ROT türü olup kloroplastlarda ve diğer hücresel bölgelerde elektron transferi sırasında O_2 'nin kısmen indirgenmesi ile üretilir (Mittler, 2002), ve bu ROT türünden membran lipid peroksidasyonuna neden olabilecek $OH^{\cdot}$ (hidroksil radikali) ve 1O_2 (tekli oksijen) gibi daha reaktif ve toksik formlar sentezlenebilir. Ayrıca $O_2^{\cdot-}$, stabil bir molekül olmadığı için kendiliğinden veya SOD'un katalizlediği bir reaksiyon ile hidrojen peroksit (H_2O_2)'e dönüştürülür. Bitkide pek çok yerde üretilen H_2O_2 , NADPH oksidaz ve ksantin oksidaz (XOD) ile foto-oksidasyon reaksiyonları ile de üretebilir. H_2O_2 molekülü düşük konsantrasyonlarda; yaşlanma, fotorespirasyon, fotosentez, stoma hareketleri ile büyüme ve gelişme, hücre döngüsü, çeşitli streslere karşı tolerans sağlama gibi önemli fizyolojik süreçlerde düzenleyici bir sinyal molekülü olarak görev alır. Yüksek konsantrasyonlarda ise hem sistein (-SH) hem de metiyonin (-SCH₃) rezidülerini oksitleme, Calvin döngüsünde Cu/Zn SOD ve Fe-SOD enzimlerini inaktive etme potansiyeline sahip olup ayrıca programlanmış hücre ölümüne neden olabilir. H_2O_2 de $O_2^{\cdot-}$ gibi orta derecede reaktiftir ve zararı yalnızca daha reaktif ara ürünlere dönüştüğünde görülmektedir.

H_2O_2 ve O^{2-} 'e göre daha reaktif olan singlet oksijen (1O_2); kloroplastın anten sistemindeki triplet klorofilin (3Chl) O_2 ile reaksiyonu sonucu oluşan bir ROT'dur. 3Chl, fotosentez sırasında enerjinin yetersiz dağılımı nedeniyle oluşur ve dioksijen ($3O_2$) ile tepkimeye girerek son derece reaktif olan 1O_2 sentezlenir. 1O_2 oluşumu hem PSI hem de PSII üzerinde güçlü bir olumsuz etkiye sahip olup tüm fotosentetik mekanizmayı tehdit eder. 1O_2 'in, PSII aktivitesinin ışık kaynaklı kaybındaki temel ROT olduğu düşünülmektedir. En reaktif ROT olan hidroksil radikali (OH^-); H_2O_2 ve O^{2-} arasındaki Fenton reaksiyonu ile üretilir. Bu son derece toksik ROT'u süpürecek herhangi bir enzimatik sistem bulunmamaktadır; bu nedenle artan birikimi hücre ölümüne yol açmaktadır.

Kuraklık stresi altında, stomaların kapanması ve CO_2 sınırlanmasıyla fotosentezin indirgenmesi sonucunda ROT üretiminde doğrudan ve dolaylı olarak artış olur. Stomaların kapanmasına bağlı olarak Calvin döngüsünde CO_2 fiksasyonunun sınırlanması, $NADP^+$ rejenerasyonunun azalmasına ve fotosentetik elektron taşıma zincirinde elektron transferi sisteminin aşırı indirgenmesine neden olur. Bu koşullarda Mehler reaksiyonu ile O_2 'ye doğru elektron sızıntısı daha yüksektir. Ayrıca, kuraklık koşullarında düşük CO_2 ve RuBisCO'nun yüksek oksijenaz aktivitesi özellikle fotorespirasyon düzeyinin artmasına neden olur. Fotorespirasyon yoluyla H_2O_2 üretiminin %70'ten fazlasının kuraklık stresi koşullarında gerçekleştiği bildirilmiştir. Kuraklık stresi altında ROT'un aşırı üretimi, kloroplastlar ve mitokondrideki elektron taşıma sistemindeki aksaklıklardan da kaynaklanmaktadır. PSII'nin absorbe ettiği ışık enerjisinin yeterli düzeyde fotokimyasal yola aktarılamaması ile elektronların üretimi ve kullanımı arasında bir orantısızlık meydana gelir ve bu kuantum veriminde değişikliğe neden olur. Kloroplastların fotokimyasındaki bu değişiklikler, PSII merkezinde ve anteninde aşırı eksitasyon enerjisinin dağılmasına ve dolayısıyla O^{2-} , H_2O_2 , OH^- ve 1O_2 ROT'ların oluşumuna neden olur.

ROT'ların neden olduğu oksidatif zarardan kaçınmak için yüksek bitkilerde içsel antioksidan savunma sisteminin işlevi artmaktadır. Çeşitli abiyotik (kuraklık, tuzluluk, UV radyasyonu, ağır metaller, yüksek sıcaklık, besin maddelerinin eksikliği) ve biyotik (patojenler, mikroorganizma enfeksiyonları gibi) stres faktörleri tarafından ROT üretimi ile detoksifikasyonu arasındaki denge bozulmaktadır. Detoksifikasyonda rol alan antioksidan savunma sisteminde ROT'lar enzimatik (süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), guaiacol peroksidaz (GPX), glutatyon-S-

transferaz (GST), katalaz (CAT), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR), dehidroaskorbat redüktaz (DHAR)) ve enzimatik olmayan (askorbik asit (AA), indirgenmiş glutatyon (GSH), α -tokoferol, karotenoidler, fenolikler, prolin ve flavonoidler) metabolitler tarafından detoksifiye edilir.

Süperoksit Dismutaz (SOD), ROT'un neden olduğu hasarlara karşı birincil savunma hattını oluşturan önemli bir enzimdir (Gill ve Tuteja, 2010). SOD enzimi, ROT'un bir türü olan süperoksit radikali ($O_2^{\cdot-}$)'ni daha stabil bir molekül olan hidrojen peroksit (H_2O_2)'e dönüştürür (Das ve Roychoudhury, 2014). Hücre içindeki birçok bölgede bulunan SOD, aktif oksijen üreten ve ROT aracılı oksidatif strese karşı savunmasız bölgelerde özellikle bulunur (Sharma vd., 2012). Metal faktörlerin varlığına bağlı olarak, bitkilerde Mn-SOD, Fe-SOD ve Cu/Zn-SOD olmak üzere üç izoform bulunmaktadır (Gill ve Tuteja, 2010). Strese bağlı olarak SOD ifadesindeki artışlar, bitkinin hayatta kalmasında ve stres faktörlerine uyum sağlamasında önemli bir rol oynar (Mobin ve Khan, 2007).

Askorbat Peroksidaz (APX), yüksek bitkilerde sitozol ve kloroplastta üretilen H_2O_2 'yi ortadan kaldırarak ROT'un temizlenmesinde önemli bir role sahiptir (Gill ve Tuteja, 2010). APX enzimi, en az beş farklı izozimden oluşur ve stres koşullarında H_2O_2 'nin detoksifikasyonunda etkin bir rol oynar (Das ve Roychoudhury, 2014). Bu izozimler arasında mitokondriyal (mAPX), tilakoid (tAPX), glioksizom membran formu (gmAPX), kloroplast stromal formu (sAPX) ve sitozolik form (cAPX) bulunur.

Glutatyon redüktaz (GR), GSSG'yi GSH'ye indirgeyerek bitki hücrelerini oksidatif stresten koruyan bir enzimdir (Gill ve Tuteja, 2010). GR, yaprak dokularında kloroplastlarda yaygın olarak bulunur ve oksidatif stres sırasında kloroplastların korunmasında önemli bir rol oynar.

Enzimatik olmayan antioksidanlar, hücresel bileşenlerin hasardan korunması yanı sıra mitoz bölünme, hücre uzaması, yaşlanma ve hücre ölümü gibi temel süreçleri etkileyerek bitki büyümesinde ve gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır.

Askorbik Asit (AsA), düşük molekül ağırlıklı ve suda çözünebilen güçlü bir antioksidandır. Artan ROT düzeyleriyle ilişkilendirilen oksidatif stresle mücadelede önemli bir rol oynar ve bir dizi enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonda elektron verme özelliğiyle tanınır (Smirnoff, 2005). AsA, apoplastta ve sitozolde önemli miktarda bulunur ve bu özelliğiyle ROT'a karşı ilk savunma hattını oluşturur (Barnes

vd., 2002). Bitki dokularında yaygın olarak bulunan askorbik asit genellikle meristematik ve fotosentetik hücrelerde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunur ve bitki büyümesi, farklılaşma ve metabolizma gibi çeşitli fizyolojik süreçlerde önemli bir rol oynar (Zaefyzadeh vd., 2009). AsA, H₂O₂, OH⁻, ¹O₂ ve süperoksit gibi reaktif oksijen türleriyle tepkimeye girerken aynı zamanda tokoferoksil radikalının α -tokoferolüne dönüşerek zarları oksidatif hasardan korur ve metal iyonları içeren enzimlerin aktivitelerini destekler (Smirnoff, 1993). İndirgenmiş glutatyon (GSH), ROT ile indüklenen oksidatif hasara karşı hücre içi savunmada geniş bir dağılıma sahip olan düşük molekül ağırlıklı bir tiol tripeptittir ve tüm hücrel bölgelede etkilidir (Mullineaux ve Rausch, 2005).

Kuraklık stresi koşullarında meydana gelen su kaybı, bitki metabolizmasında değişikliklere yol açar ve bitkiler bu duruma karşı osmotik olarak aktif çözünen maddeleri biriktirir (Poonam vd., 2016). Bitkiler; kuraklık stresi ile başa çıkabilmek için prolin, glutamat, glisinbetain, karnitin, mannitol, sorbitol, fruktanlar, polioller, trehaloz, sakkaroz, oligosakkaritler ve K⁺ gibi inorganik iyonların sentez ya da birikimleri yolu ile hücrel osmotik potansiyeli azaltıp osmotik düzenlemeye ihtiyaç duyar (Tuteja vd., 2011)

Stres sırasında sitozol ve vakuolde biriken ve bir aminoasit olan prolin, ROT'ların neden olduğu hasarlara karşı bitki hücrelerini korumaktadır. Kuraklığa maruz kalan yabancı genotipten daha yüksek düzeyde prolin biriktirebilen transgenik buğdayların membranlarında daha az lipid peroksidasyonunun gerçekleşmesi, prolinin kuraklıkta ROT zararlarını azaltmada rolü olduğunu göstermektedir (Vendruscolo vd. 2007, Molinari vd. 2007).

Bitki metabolizmasında önemli bir role sahip olan çözünür şekerler, biyosentetik ve hidrolitik süreçlerde enerji substratı olarak görev alır. Kuraklık stresinde iki şekilde etki gösterirler: Dehidrasyon sırasında, şekerlerin hidroksil grupları ile suyun yer değiştirmesi sonucu membranlardaki proteinlerle hidrofilik etkileşimlere girer. Ayrıca, şekerler zarlar ve proteinler ile hidrojen bağı kurarak, zarların ve proteinlerin denatürasyonunu engellerler (Poonam ve ark., 2016). Çözünür şeker miktarındaki değişim, bitki türüne ve kuraklık stresinin süresi ile derecesine de bağlıdır (Praxedes vd. 2006). Gelecekte yapılacak çalışmalar ile abiyotik stres faktörlerine karşı toleransın belirlenmesinde, osmoregülatör genlerin ifadesinin daha yaygın olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (Sperdouli ve Moustakas, 2018).

2.3 Kuraklığın Kayısı Üzerindeki Etkileri

Kuraklık, kayısı ağaçları üzerinde çeşitli olumsuz etkiler yaratmaktadır. Kayısı, diğer meyve türlerine kıyasla suya daha az ihtiyaç duyan bir tür olsa da kuraklık şartlarına karşı çok sert tepkiler verebilen bir tür olarak bilinmektedir. Bu durum, ağaçların fizyolojik ve biyokimyasal işlevlerini olumsuz yönde etkileyerek büyüme ve verim üzerinde ciddi sonuçlar doğurur (Wang et al., 2003).

Kuraklık stresi, kayısı ağaçlarında yaprak solgunluğu, erken yaprak dökümü ve fotosentezde azalma gibi belirtilerle kendini gösterir (Chaves ve ark., 2003). Su yetersizliği, stomaların kapanmasına ve dolayısıyla transpirasyon oranının azalmasına neden olur. Bu süreç, bitkide karbon asimilasyonunu engelleyerek büyüme ve gelişim üzerinde olumsuz etkiler yaratır (Flexas ve Medrano, 2002). Kayısı ağaçlarının meyve verimi ve kalitesi de kuraklık stresinden önemli ölçüde etkilenir. Su stresi, meyve büyüklüğünü küçültür, şeker ve asit içeriğini değiştirerek tat ve aroma üzerinde olumsuz etkiler yaratır (Behboudian ve Mills, 1997).

Kayısı, diğer meyve türlerine kıyasla su noksanlığına daha hassastır. Örneğin, zeytin (*Olea europaea*), incir (*Ficus carica*) ve badem (*Prunus dulcis*) gibi Akdeniz iklimine uyum sağlamış meyve türleri, kayısıdan daha yüksek kuraklık toleransına sahiptir (Martínez-Fuentes ve ark., 2012; Connor ve ark., 2014). Bu türler, derin kök sistemleri ve kuraklık stresine karşı gelişmiş fizyolojik adaptasyon mekanizmaları sayesinde su kıtlığına daha iyi dayanabilirler (Fernández ve Moreno, 1999).

Kuraklık stresine karşı dayanıklılığı artırmak için kayısı ağaçlarında çeşitli yönetim stratejileri uygulanmaktadır. Bu stratejiler arasında su kullanım verimliliğini artırmak amacıyla kısıntılı sulama teknikleri ve organik madde uygulamaları bulunmaktadır (Fereres ve Soriano, 2007). Kısıntılı sulama, bitkilere ihtiyaç duyduklarından daha az su vererek su tasarrufu sağlar ve aynı zamanda bitkilerin su kullanım verimliliğini artırır (Fereres ve Soriano, 2007). Ayrıca, toprak yapısını iyileştirmek ve su tutma kapasitesini artırmak için organik madde uygulamaları yapılmaktadır (Tejada ve Gonzalez, 2004).

Genetik araştırmalar, kuraklık stresine toleranslı kayısı çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik önemli adımlar atmaktadır. Moleküler markörler kullanılarak yapılan seleksiyon çalışmaları, kuraklık stresine toleranslı genotiplerin tanımlanmasını ve bu genotiplerin yetiştirme programlarına dahil edilmesini sağlamaktadır (Blum,

2011). Örneğin, kuraklık koşullarında artan absisik asit (ABA) seviyeleri, stomaların kapanmasını teşvik ederek su kaybını azaltmaya yardımcı olur (Zhang ve ark., 2006). Aynı zamanda, kuraklık stresine yanıt olarak antioksidan enzimlerin aktivitelerinde artış gözlenmiştir, bu da bitkilerin oksidatif strese karşı korunmasına katkıda bulunur (Gill ve Tuteja, 2010).

Genetik mühendislik yaklaşımları da bitkilerin kuraklık stresine karşı daha dirençli hale getirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle transgenik bitkilerde su stresine yanıt veren genlerin aşırı ekspresyonu, bitkilerin su kıtlığına karşı dayanıklılığını artırmada etkili olmuştur (Hu ve ark., 2006). Bu tür yaklaşımlar, kuraklık koşullarında kayısı ağaçlarının hayatta kalma ve verim potansiyelini artırarak tarımsal üretimi sürdürülebilir kılmada önemli bir rol oynamaktadır.

2.4 Önceki Çalışmalar

Gryazev vd. (1980), yapmış oldukları kuraklık stresi çalışmasında elma ve armut anaçları temmuz sonu ve ağustos başında su stresine ve yüksek sıcaklığa (en fazla 45°C) maruz bırakmışlardır. Her iki uygulamanın sonuçları birleştirilmiş ve anaçlar dayanıklı, kısmen dayanıklı ve dayanıksız olarak sınıflandırılmıştır. M10, C1 ve M9 en dayanıklı anaçlar olarak gözlemlenmiştir. İncelenen armut anaçlarından QuinceA ve Provence Quince'in hem kuraklığa hem de sıcaklığa çok dayanıklı olduğu görülmüştür.

Hand vd. (1982) yürüttükleri çalışmada, şeftali çöğürlerini su stresine maruz bırakarak -17, -26 ve -36 bar YSP düzeyine getirmişlerdir. Bu aşamadan sonra doyma noktasına kadar sulandıklarında, kalıcı bir zararlanma oluşmadan, sırasıyla 1, 3 ve 4 gün sonra çöğürlerin başlangıçtaki fotosentez aktivitelerine tekrar ulaştıklarını buna karşın, YSP'nin çok düşük olduğu (-52 bar) kuraklık koşulundan sonra, 32 gün gibi uzun bir süreye ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir.

Proebsting vd. (1989), saksılarda yetiştirilen 1 ve 2 yaşlı şeftali ağaçlarında yaptıkları bir çalışmada, su stresine maruz bırakılan bir yaşlı ağaçların YSP değerlerinin -13,5 bara kadar düştüğü, buna karşılık 2 yaşlı ağaçlarda en düşük YSP'nin ise -12 bar olduğunu bildirmişlerdir.

Kaynaş ve Kaynaş, (1995) bitkilerde sınırlı su kaynakları ve kuraklığa dayanıklılık yetenekleri, fizyolojik ve morfolojik değişimleri ile dayanıklılık sürelerini belirlemek amacıyla 1994 yılında, M9 ve MM106 anaçlarına aşılı Amasya

ve Granny Smith çeşitlerinde kuraklık çalışması yürütmüşlerdir. Tüm çeşit ve anaçların kuraklığa toleransları arasında önemli derecede farklılık tespit edilmiştir. Amasya çeşidi için M9 ve MM106 anaçlarının kuraklığa dayanıklılıkları arasında herhangi bir fark bulunmamıştır. MM106 daha hassas bir anaç olarak görülmüştür. Granny Smith çeşidinde kuraklığa en dayanıklı anaç M9 olurken, onu MM106 anacı izlemiştir.

Stankovic vd. (1997), 7 yaşlı yedi farklı kayısı çeşidinde gerçekleştirdikleri denemede, kayısıda YOSİ (Yaprak Oransal Su İçeriği) değerinin çeşitlere göre farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir. Deneme süresince yıllık yağış, 650 mm olarak gerçekleşmiş ve bunun 300-400 mm'si vejetasyon dönemine denk gelmiştir. Buna göre susuz koşullarda yetiştirilen kayısıların YOSİ değerleri %60.2 ile %70.8 arasında değişim göstermiştir. Aynı çalışmada, YNSİ değerlerinin hazirandan temmuza doğru hafif, ağustos ayında ise belirgin bir düşüş gösterdiği kaydedilmiştir. Temmuz ayında en yüksek YOSİ değerine sahip olan çeşitler, aynı zamanda kuraklığa en fazla tolerant çeşitler olarak bulunmuştur.

Fernandez vd. (1997), Üç farklı anaç üzerine aşılanmış genç elma ağaçlarının kuraklığa dayanıklılıklarının incelendiği çalışmada; elma ağaçları iki dönem kuraklık stresine maruz bırakıldığında; yaprak su potansiyeli kuraklık stresi boyunca düşmüş ve sulamayı takiben başlangıç değerlerine geri döndüğü bildirilmiştir. Kuraklık stresi uygulanan koşullarda, YSP değerlerinin düşük bulunmasını, topraktaki tansiyon değerlerinin yüksek olmasına bağlamışlardır. Toprak nem içeriğindeki düşüş ile yapraklara olan su akışının azaldığı ve dolayısıyla YSP değerinin düştüğü tespit edilmiştir.

Marsal ve Girona, (1997), Sudanell şeftali çeşidinde, gün ortası ve gün doğumu öncesi YSP, stoma iletkenliği ve net karbondioksit özümleme hızı gibi parametreleri, ağaçların farklı fenolojik evrelerinde su stresine maruz bırakarak incelemişlerdir. Gün ortasında yapılan ölçümlerin, stomaların kapanması sonucu artan turgur basıncı ile yakın ilişkili olduğu gerekçesiyle gün doğumu öncesinde yapılan ölçümlere göre daha etkili olduğu kaydedilmiştir.

Kaynaş ve Eriş, (1998) yaptıkları çalışmada Nemaguard anacı üzerine aşıllı Independence, Nectared-4 ve Nectared-8 nektarin çeşitlerinin farklı kurak koşullarda gösterdikleri bazı biyokimyasal değişimleri incelemişlerdir. Cam serada saksılar

içindeki bitkilere faydalı suyun %100, %75, %50 ve %25'i düzeyinde su verilmiştir. Bitkilere verilen suyun kısıtlanmasıyla yaprak klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil miktarında azalmalar görüldüğü bildirilmiştir. Deneme sonunda klorofil miktarında en fazla azalış Nectared-8 çeşidinde olmuştur. Bitkilere verilen su miktarı azaldıkça genel olarak yaprak toplam şeker miktarında artış ve toplam nişasta miktarında azalmalar tespit edilmiştir. Yaprak absisik asit (ABA) miktarı ile bitkilere verilen su miktarı arasında ters bir ilişki saptanmıştır.

Yakushiji vd. (1998), kuraklık stresi altındaki Satsuma mandarinin meyvesinde şeker birikim mekanizmasını incelemişlerdir. 3 yaşlı mandarin bitkileri sera şartlarında iyi sulanan (-0,35 MPa), orta kuraklık seviyesi (-0,60 MPa) ve şiddetli kuraklık seviyesi (-1,00 MPa) olmak üzere 3 sulama seviyesinde tutulmuştur. Fotosentez hızı ve stoma iletkenliği iyi sulanan koşullara göre orta ve şiddetli kuraklık stresinde önemli derecede azalış göstermiştir. Fakat meyvelerdeki toplam şeker içeriğinin tüm kuraklık seviyelerine göre orta seviye kuraklık stresinde daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Ameglio vd. (1999), Brezilya'da 3 yaşındaki ceviz ağaçlarını kullanarak yürüttükleri saksı denemesinde, YSP, toprak su potansiyeli ve evapotranspirasyon arasında çok yakın bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ruis-Sanches vd. (2000), tarafından yürütülen ve bir yaşlı kayısıların su stresine karşı tepkilerinin izlendiği çalışmada; T0 (kontrol), T1 (günlük damla sulama), T2 (T0'ın %50'si), T3 (T0'ın %25'i), T4 ve T5 (sırasıyla üç ve altı günde bir kullanılabilir nem düzeyinde sulama) gibi farklı sulama konuları uygulamışlardır ve başlangıçtan itibaren 30 gün sonra T0 harici tüm uygulamalarda sulama kesilmiştir. Su stresine bir yanıt olarak tüm konuları temsil eden bitkilerin stomalarında kapanmalar gözlenmiştir. T3 uygulamasında olduğu gibi, sulama miktarının oransal olarak azaltılması daha yüksek osmotik düzenleme (0,77 MPa) sayesinde bitkinin kurağa dayanımını artırmıştır. T2 uygulamasında ise %50'lik azaltılmış sulama uygulaması yaprak turgoru ve stoma iletkenliği değerlerini değiştirmemiştir.

Torecillas vd. (2000) 9 yaşındaki kayısı ağaçları üzerinde 4 yıl boyunca yaptıkları arazi çalışmasında, damla sulama sistemiyle yapılan programların stres fizyolojisi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada en yüksek YSP değerinin sulamanın yapıldığı kontrol grubunu temsil eden bitkilerden elde edildiğini, su

stresinin şiddetinin artmasıyla da YSP değerlerinin düştüğünü bildirmişlerdir. Sonuçlara göre kayısının suya karşı en hassas dönemlerinin meyve gelişimi ve hasat sonrası peryotlar olduğu ortaya konulmuştur.

Jung (2004), dört hafta süresince yetiştirilen *Arabidopsis* bitkilerinin genç ve yaşlı yapraklarında klorofil ve antioksidan enzim aktivitelerinde (CAT, POD, SOD, GR) meydana gelen değişimleri incelemiştir. Çalışmada kontrol bitkileri tam sulama ile sulanırken, stres bitkilerinde sulama tamamen kesilmiştir. Bitkiler strese sokulduktan 7 gün sonra genç ve yaşlı yapraklar olarak ayrılmış ve hasat edilmiştir. Klorofil a ve b içeriği genç yapraklarda herhangi bir değişim göstermezken, yaşlı yapraklarda %24 oranında azalmıştır. POD, SOD ve GR enzim aktiviteleri artış göstermiştir. CAT aktivitesi genç yapraklarda azalmış, yaşlı yapraklarda ise %33 düzeyinde artmıştır. Çalışma sonucunda kuraklık stresinden yaşlı yaprakların daha fazla etkilendiği ve bu nedenle stresten korunmak için enzim aktivitelerinin arttığı bildirilmiştir.

Ismail vd., (2005) muz bitkisinde yürütmüş oldukları kuraklık çalışmasında sulama yapılan ve sulama yapılmayan bitkilerde gelişme, prolin içeriği ve stoma iletkenliği incelenmiştir. Sulama yapılmayan bitkilerde yapılan boy ölçümlerinde bitkilerin kontrol grubuna göre daha kısa olduğu, gövde çaplarının sulama yapılan bitkilere göre daha ince olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kuraklığın ilerlemesiyle stoma iletkenliği başlangıçtaki değerine göre daha düşük değerlere sahip olmuştur. Prolin miktarı ile YNSİ'nin etkileşimi incelendiğinde aralarında negatif korelasyon tespit edilmiştir.

Reddy vd., (2004), 5 farklı dut çeşidinin yaprak su potansiyeli -2.5 MPa'a ulaşınca kadar susuz bırakılarak oluşturulan kuraklık stresinin araştırıldığı çalışmada askorbat, antioksidan enzim aktiviteleri, prolin, glisin-betain, absisik asit, lipid peroksidasyonu oranı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda su stresi altındaki yapraklarda SOD, KAT, APX, POD, GR ve MDAR aktivitelerinde önemli artışlar olmuştur. Çeşitlerin hepsinin kısıtlı suya verdikleri tepkide askorbat ve monodehidroaskorbat içeriklerinde farklılıklar gözlemlenmiştir. Ayrıca yine kuraklığa tepki olarak çeşitler arasında prolin, glisin-betain ve askorbik asit içerikleri bakımından miktar farklılıkları tespit edilmiştir.

Cai vd., (2005), iki farklı kahve türünde yaptıkları kuraklık çalışmasında bitkilere kuraklık uygulaması, kuraklık sonrası sulama uygulaması ve sulama uygulaması yapılarak bitkilerin tepkilerini incelemişlerdir. Bitkilerin yaprak oransal su içeriği baz alındığında kuraklıkla devam eden sürede YNSİ değeri daha düşük çıkmıştır. Kuraklık stresinde APX, SOD ve MDA içerikleri diğer uygulamalara göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Klorofil içerikleri bakımından türler ele alındığında kuraklık stresindeki bitkilerde klorofil içerikleri diğer uygulamalara göre daha düşük değerler üretmişlerdir.

Javadi vd. (2006) dokuz Asya ve bir Avrupa armut genotipinde su stresinin prolin ile klorofil a ve b üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yapılan bu çalışmada kullanılan tüm çeşitlerin kuraklık stresi sonunda prolin birikiminin artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca kuraklık stresi koşullarında klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı azalmıştır.

Bertamini vd., (2006) tarafından Riesling üzüm çeşidinde yürüttükleri bir çalışmada, kuraklık stresinin bitkiler üzerinde fizyolojik etkilerini araştırmışlardır. Bitkilerde yapılan analizler sonucunda kontrol grubuna ait bitkilerde yaprak alanı, yaprak ağırlığı, klorofil miktarı ve toplam protein miktarı kuraklık uygulamasındaki bitkilere göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Prolin miktarı incelendiğinde ise kuraklık stresindeki bitkilerde daha yüksek değerler ölçülmüştür.

Ruiz-Sánchez vd. (2007) yürüttükleri arazi denemesinde, yetişkin kayısı ağaçlarını yıl boyunca bitki evapotranspirasyonun %100'ü ve %50'si olmak üzere iki farklı sulama uygulamasına tabi tutmuşlardır. Vejetasyon süresi boyunca üç farklı dönemde YSP, stoma iletkenliği ve net fotosentez gibi parametreler ölçülmüştür. Evapotranspirasyonla kaybolan suyun %50'sinin verildiği uygulamayı temsil eden bitkilerin, kontrol grubu bitkilerine göre YSP ve stoma iletkenliği değerlerinde önemli azalışlar gözlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre bu iki parametrenin kayısı ağaçlarının su durumunun iyi göstergeleri olduğu ortaya konulmuştur.

Klamkowski ve Treder, (2008), Elsanta, Elkat ve Salut çilek çeşitlerinin kuraklık stresine gösterdiği tepkilerini araştırdıkları çalışmada verim, yaprak alanı, kök gelişimi, yaprak gaz değişimi, yaprak su potansiyeli parametrelerini incelemiştir. Bitkiler optimum sulama ve azaltılmış sulama olmak üzere iki şekilde sulanmıştır. Kısıtlı su şartlarında Elsanta çeşidi yüksek net fotosentez hızı ile yüksek su kullanım

etkinliği göstermiştir. Kuraklık stresinde bütün çeşitlerde yaprak alanı azalmıştır. Fakat kök gelişimi yalnızca Elkat çeşidinde gerçekleşmiştir. Su noksanlığı şartlarında en yüksek verim Elsanta, en düşük verim Elkat çeşidinden elde edilmiştir. İncelenen çeşitler arasında Elsanta kuraklığa en dayanıklı olarak belirlenmiştir.

Sivritepe vd., (2008) yapmış oldukları çalışmada, Gisela 5 anacını in vitro şartlarda PEG-8000'nin farklı konsantrasyonlarında (0, %1, %2, %4) yetiştirmişler ve 6 hafta sonunda bitkilerde morfolojik ve biyokimyasal değişimleri incelemişlerdir. Kullanılan PEG dozları incelendiğinde %4'lük PEG dozunda bitkilerde zararlanma, bitki kuru ağırlığı, prolin miktarı, SOD aktivitesi, KAT aktivitesi, POX aktivitesi, APX aktivitesi, GR aktivitesi ve MDA içeriği en yüksek değerlere ulaşmıştır. Yapılan element analizlerinde fosfor, magnezyum, sodyum ve bakır içeriklerinde uygulamaların istatistiki olarak önemsiz olduğu ortaya çıkarken, potasyum içeriği en fazla kontrol uygulamasında, kalsiyum %1'lik PEG uygulamasında, demir kontrol ve %1 PEG uygulamasında, çinko %1 PEG uygulamasında ve mangan %4'lük PEG uygulaması hariç tüm uygulamalarda en yüksek değeri almıştır.

Yağmur, (2008) Kuraklık stresinin etkilerini araştırmak için yapılan bir çalışmada 5 Amerikan asma anacı (1103P, 110R, 140Ru, 41B, 1613C) ve 3 yerli şaraplık asma çeşidi (Kalecik karası, Çal karası, Boğazkere) 10 gün boyunca kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Çalışma sonucunda Boğazkere ve 1613C bitkilerinde kontrole göre ortalama yaş ve kuru ağırlık değerlerinin önemli derecede azaldığı, ayrıca Çalkarası, 41B ve 1613C çeşitlerinde ise bağıl su içeriğinin de dikkate değer oranda azaldığı tespit edilmiştir. Kuraklık stresi altında, 1613C, Kalecik karası ve Çal karası çeşitlerinde prolin miktarının, 1103P, Boğazkere, 110R, 1613C, Çal karası ve 140R çeşitlerinde ise malondialdehit içeriğinin arttığı belirlenmiştir.

Sharma ve Sharma (2008), farklı armut anaçlarında yaptıkları çalışmada, toprak su potansiyeli kontrol bitkilerinde 0.5 bar ve su stresli bitkilerde 5.0 bar'a ulaştığında stres uygulamışlardır. Büyüme verileri, bitkilerin farklı anaçlarda bitki boyu, yaprak alanı ve sürgün ve kök kuru ağırlığının su stresine paralel olarak belirgin bir şekilde düştüğünü göstermektedir. Peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidan enzimlerin aktiviteleri ve serbest prolin içeriği su stresi ile önemli derecede artmıştır. Potasyum (K) ve iki endojen sitokininin konsantrasyonu, su stresi başlangıcında belirgin bir şekilde azalmıştır. Stresli bitkiler ayrıca absisik asit biriktirmiştir.

Demirtaş ve Kırnak (2009), Malatya'da 4 yaşındaki Hacıhaliloğlu kayısı ağaçlarında farklı sulama yöntemlerini ve sulama aralıklarını incelemişlerdir. Mini yağmurlama ve çanak sulama yöntemleriyle 15, 20 ve 25 gün aralıklarında sulama uygulanmıştır. Farklı sulama yöntemleri ve aralıklarının kayısı ağaçlarının yaprak klorofil, karotenoid ve renk değişimleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Sulama aralıklarında, sık aralıklarla sulanan bitkilerde yaprak klorofil içeriği değerlerinin daha yüksek olduğu bulunmuş, sulama aralıkları arttıkça yaprak klorofil içeriğinin düştüğü gözlemlenmiştir. En yüksek klorofil-a değerleri çanak ve mini yağmurlama sulama sistemleri ile 15 günde bir sulanan uygulamadan elde edilmiştir. En yüksek klorofil-b ve toplam klorofil değerleri ise mini yağmurlama sulama yönteminin 15 günlük uygulamasından elde edilmiştir. Yaprak karotenoid içerikleri de klorofil ile benzer değişim göstermiş, en yüksek yaprak karotenoid içeriği mini yağmurlama yöntemi ile 15 gün aralıklarla sulanan bitkilerde tespit edilmiştir. En düşük değer ise çanak sulama yöntemi ile 25 gün aralıklarla sulanan bitkilerde bulunmuştur.

Kuşvuran, (2010), 31 kavun genotipi içinden seçilen tolerant ve hassas kavun genotiplerini tuz ve kuraklık stres koşullarında yetiştirmiştir. Araştırmacı bitkilerin bu stres şartları altında geliştirdikleri korunma mekanizmalarını araştırmış ve iki stres koşuluna toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki ilişkileri ile antioksidatif enzim aktivitelerinin kuraklık ve tuzluluğa toleransta etkilerinin araştırılmasını amaçlamıştır. Çalışma sonucunda, tuz ve kuraklığın kavun genotiplerinde bitki büyüme ve gelişmesini engellediği, genotiplerin stres faktörlerine karşı farklı tepkiler verdiği belirlenmiştir. Özellikle KAT ve GR enzim aktiviteleri ile sitrullinin kavunlarda tuz ve kuraklığa toleransta oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir.

Jie vd. (2010), bir yaşındaki elma fidanlarını altı haftalık bir süre boyunca kuraklık stresine maruz bırakmıştır. Sonuç olarak, kuraklık stresinin bitki boyunu, yaprak sayısını, ortalama yaprak alanını ve sap çapını önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Yaprakların azot (N) içeriği kontrol grubuna göre artarken, fosfor (P) konsantrasyonu azalmıştır. Kuraklık stresi, yapraklardaki fotosentez ve karbonhidrat içeriğini kontrolle karşılaştırıldığında düşürmüştür.

Amri ve Shahsavar (2010) misket limonu fidanlarında yaptıkları çalışmada, serada fidanlara farklı sulama aralıkları (7, 15 ve 21 gün aralıklarında) uygulamışlardır. Sonuç olarak, uzun süreli su stresinde fidanların büyümesinin önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir. Sürgün büyümesi, sürgün kuru ağırlığı, sürgün ve

köklerin taze ağırlığı azalmıştır, ancak kök kuru ağırlığı ve büyümesi artmıştır. Bu durum, sulama aralığının 7 günden 21 güne çıkarılmasının kök kuru ağırlığı ve kök büyümesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Uzun süreli su stresinde YNSİ azalmıştır, özellikle 21 gün sulama aralığında düşük YNSİ gözlenmiştir. Sulama aralıkları arttıkça prolin içeriğinin arttığı gözlenmiştir.

Lotfi vd. (2010), bazı İran cevizi genotiplerinin kuraklık tolerans mekanizmalarını incelemek için polietilen glikol-6000 kullanılarak 0 MPa (kontrol), -0.10 MPa, -0.50 MPa, -0.75 MPa, -1.00 MPa, -1.50 MPa ve -2.00 MPa su potansiyelleri seviyesinde kuraklık stresi uygulamışlardır. Sonuç olarak, su stresi arttıkça kök uzunluğu, kök kuru ağırlığı ve kök oransal su içeriği düşmüştür. Kuraklık muamelelerinin son gününde (20. gün), tüm stresli bitkilerde potansiyel su ve bağlı su içeriği azalmıştır. Stresli bitkilerde yaprak ve kök prolin içeriği ve toplam çözünür şeker düzeyleri kontrolle karşılaştırıldığında artmıştır. Ancak nişasta içeriği önemli ölçüde azalmıştır.

Liu vd., (2010) su stresi altında poliamin uygulamalarının elma fidanlarının büyüme ve kuraklık direncine etkilerinin incelendiği bir araştırmada, orta düzeyde kuraklık koşulunda poliaminlerin fotosentetik oran ve su kullanım randımanını, amino asit, prolin ve şeker içeriğini artırdığı gösterilmiştir. Orta düzey kuraklık koşullarında SOD ve KAT aktivitesi azalmış ve membran geçirgenliği ve MDA içeriği artmıştır. Bununla birlikte, kuraklık koşulu altında poliamin muamelesi, SOD ve KAT aktivitesinin artmasına ve MDA içeriğinin, membran geçirgenliğinin ve lipit peroksidasyonunun azalmasına neden olmuştur. Orta düzey kuraklık koşullarında, poliaminler fotosentez aktivitesini geliştirmiş, lipit peroksidasyonunu azaltmış, normal metabolizmayı korumuş, büyümeyi teşvik etmiş ve elma fidanlarının kuraklık direncini arttırmıştır.

Kırnak ve Demirtaş, (2010) farklı sulama seviyelerinin mahlep anacı üzerine aşılı Dalbastı kiraz çeşidinde fizyolojik (yaprak su potansiyeli, yaprak oransal su kapsamı, klorofil miktarı) ve morfolojik (sürgün uzunluğu, yaprak alanı, gövde çapı) özelliklere etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, sera koşullarında saksıda yetiştirilen bir yaşlı fidanlara her gün faydalı suyun %100 (kontrol), %75, %50 ve %25'i düzeyinde su verilmiştir. Su stresinin şiddeti arttıkça yaprak alanı, sürgün uzunluğu ve gövde çapı gibi parametrelerde kontrol grubuna göre önemli oranda azalmalar gözlenmiştir. Yaprak alanında %25'lik su seviyesinde kontrole göre %19

oranında bir azalma oluşmuştur. Bu azalma oranı uygulanan su miktarı arttıkça azalmıştır. Sürgün uzunluğu ve gövde çapında ise %25'lik sulama seviyesinde kontrole göre sırasıyla %10,1 ve % 10,95 oranında düşüş görülmüştür. Yaprak oransal su kapsamında, bitkilere verilen su kısıtlamasına paralel olarak bir düşüş gerçekleşmiştir. Tüm uygulamalarda yaprakların klorofil içerikleri bakımından belirgin farklılıklar oluşmuş, bitkilere verilen su miktarı azaldıkça klorofil miktarında azalmalar gözlemlenmiştir. Genel olarak su stresinin şiddetiyle, ölçülen fizyolojik parametreler arasında doğru bir ilişki gözlenmiştir. Günlük su kullanımındaki azalmalara paralel olarak; yaprak su potansiyeli, şiddetli su noksanlığının hissedildiği %25 seviyesinde 75'nci gün sonunda -35 bara kadar düşmüştür. Bitkilerin strese kaldıkları süre uzadıkça su noksanlığının oluşturduğu fizyolojik ve morfolojik değişimler daha da belirgin hale gelmiştir.

Alizadeh vd., (2011)'nın bir yaşlı dört farklı elma anacında (M9, MM106, Gami, Azayesh) yürüttükleri kuraklık stresi çalışmasında 3 farklı su rejimi uygulanmıştır. Stres şiddetinin artmasıyla prolin içeriğinde artışlar elde edilirken, klorofil miktarında ise aksine azalmalar meydana gelmiştir. Yaprak oransal su içeriği su rejimi ile doğru orantılı olarak devam etmiştir. Bitki boyunda gelişim sulama suyu miktarının artmasıyla artış göstermiştir. Aynı şekilde yaprak alanı da sulama suyu miktarıyla artmıştır.

Boughalleb ve Mhamdi (2011) Tunus'ta tam kontrollü serada saksı denemesinde yaptıkları çalışmada üç zeytin çeşidinde organik metabolitlerin ve antioksidatif savunma sisteminin kuraklığa toleransdaki rolü araştırmıştır. Serada saksıda yetiştirilen yaklaşık 2 yaşında zeytin ağaçları, artan su eksikliği rejimine (5, 10, 20 ve 40 gün) maruz bırakılmıştır. Sulama yapılmadan 40 gün sonra, üç zeytin çeşidinde biyokütle üretimi, ozmotik potansiyel ve turgor potansiyeli azalmış ve Zalmati'de en düşük azalma belirlenmiştir. Su stresi koşulları altında, Chemlali ve Zalmati çeşitler daha fazla prolin biriktirmiştir. Farklı çeşitler, fenolik bileşiklerin birikmesi ve artan antioksidatif enzim aktiviteleri dahil olmak üzere bazı antioksidatif savunma mekanizmaları geliştirmiştir. Bununla birlikte, enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar üç çeşit arasında farklılıklar göstermiştir. Zalmati yaprakları daha yüksek miktarlarda fenolik bileşikler biriktirmiş ve bunu antioksidan tepkilerini artırabilen Chemlali izlemiştir. Su stresi altında süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, Zalmati'de Chemlali'den daha fazla artmış, ancak Chetoui'de azalmıştır. Su stresi

altında Chetoui'de katalaz (KAT) aktivitesi daha fazla artmıştır. Su stresi altında peroksidaz (POD) ve askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi artmış ve Zalmati'de en yüksek seviyelere ulaşmış bunu Chemlali takip etmiştir. Buna karşılık, su stres koşulları altında Chemlali ve Zalmati'de polifenol oksidaz (PPO) aktivitesi azalmış, ancak bu azalma Chetoui'de az olmuştur. Su stresi altında Zalmati, Chemlali ve Zalmati'de Malondialdehit içeriği ve H₂O₂ üretimi artmıştır. Sonuç olarak, fenolik bileşiklerin yüksek birikimi, artan SOD aktivitesi ve en yüksek POD aktivitesi, özellikle APX aktivitesi gösteren Zalmati zeytin çeşidinin antioksidan savunmanın şiddetli su stresi altında daha iyi performansı ile bağlantılı olabileceği ifade edilmiştir.

Chebouti-Meziou vd. (2011) Cezayir'de saksı denemesinde yaptıkları çalışmada atlantik sakızı bitkilerinde farklı kuraklık seviyelerde (10-20-30 gün) gösterdikleri bazı morfolojik ve fizyolojik değişimleri incelemişlerdir. Kuraklık stresi, yaprak, gövde ve kökler gibi bütün bitki organlarının kuru maddelerinin nispi içeriğini azaltmıştır. Kuraklık stresi, *P. atlantica* yapraklarında oransal su içeriğinde bir azalmaya ve stres süresi arttıkça, sürgün uzunluğunda da bir azalmaya neden olmuştur.

Ghaderi ve Siosemardeh (2011), iki farklı çilek çeşidinde yürütmüş oldukları çalışmada 4 farklı sulama rejimi uygulamışlardır. En yüksek yaprak oransal su içeriği kontrol grubundan elde edilmiştir. Sulama suyu miktarının azalmasıyla bitkilerde prolin miktarında artışlar olduğu belirlenmiştir.

Abbaspour vd., (2012) antepfıstığına mikorizal inokulasyonun kuraklık stresine karşı bitkilere sağladığı direnci incelemişlerdir. Elde edilen veriler bakımından mikoriza inoküle edilmiş bitkiler kurak şartlarda yaprak alanı, klorofil içeriği, kök ve sürgün ağırlıkları bakımından mikoriza uygulanmamış bitkilere göre daha yüksek değerlere sahip olmuşlardır. Benzer sonuçlar iyi sulama yapılan şartlarda mikoriza uygulaması yapılan bitkilerden de elde edilmiştir. Bitkilerin besin elementi içerikleri bakımından da incelendiğinde kurak şartlarda mikoriza uygulaması yapılan bitkilerde Mg hariç diğer elementlerin (N, P, K, Ca, Fe, Zn, Cu) değerlerinin mikoriza uygulaması yapılmayan bitkilerden daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Kurak şartlarda bulunan bitkilerin prolin içerikleri incelendiğinde mikoriza uygulanmış bitkilerin köklerinde biriken prolin miktarı mikoriza uygulanmayan bitkilere göre daha düşük değere sahip olmuştur. Bitkilerin kök bölgelerinin sürgünlere göre daha az prolin içerdiği de belirlenmiştir. Sulama yapılan bitkilerde prolin içeriği kurak stresine maruz bırakılan bitkilere göre daha düşük değerlere sahip olmuşlardır.

Çerçi, (2012), 6 turunçgil anacında kuraklık stresinin bazı fotosentetik parametreler ve bitki besin elementi konsantrasyonları üzerine etkilerini incelediği çalışmada anaçların kuraklığa tolerans düzeylerinin belirlenmesinde, yaprak skala değerleri, bitki boyu, bitki çapı, bitkilerin oransal büyüme oranları, fotosentez hızı, SPAD değeri, lipid peroksidasyonu, çözünür protein düzeyi ve makro ve mikro element konsantrasyonlarını incelemiştir. İncelenen tüm parametreler sonucunda Carrizo ve Troyer sitranjlarının kuraklığa tolerant; Tuzcu 31-31 turuncu ve Swingle sitrumelo'nun ise kuraklığa duyarlı olduğu tespit edilmiştir.

Karimi vd. (2012) in vitro koşullarda su stresinde kuraklığa toleranslı anaç ile bazı badem çeşitlerini karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, bitki büyüme endeksleri, yaprak bağıl su içeriği, membran stabilite indeksi ile eksplantların kuru ağırlığı, uzunluğu ve çapı kuraklık altında önemli ölçüde azalmıştır. Kuraklık stresi badem eksplantlarının özgün yaprak alanını önemli ölçüde arttırmıştır. Prolin konsantrasyonu ve lateral sürgünlerin sayısı kuraklık stresi altında önemli ölçüde artmıştır. Kuraklığa toleranslı genotipler kuraklık stresi altında daha yüksek yaprak bağıl su içeriği ve membran stabilite indeksine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Petridis vd. (2012) Yunanistan'da tam kontrollü serada saksı denemesinde 4 zeytin çeşidi (Gaidourelia, Kalamon, Koroneiki ve Megaritiki) ile yaptıkları çalışmada, su stresinde (%100 TK, %66 (TK66) ve %33, TK33) bazı fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri incelemiştir. Sonuç olarak, CO₂ asimilasyon oranı, stoma iletkenliği ve Fv/Fm oranının sadece TK33'de azaldığı saptanmıştır. Su stresi, fenolik bileşiklerin, özellikle oleuropein birikimini uyarmıştır. Toplam fenol içeriği TK33'te artmış ve oleuropein TK66'da hafif artmış ve TK33'te en yüksek artışı göstermiştir. Su stresi ilerledikçe hidroksitirosol kademeli bir azalma göstermiştir. Su stresinde malondialdehit (MDA) içeriği artmıştır. Tüm çeşitlerde antioksidan aktivitesi TK33'te artmıştır. Gaidourelia çeşidi, iki aylık su stresinden sonra en yüksek fenolik konsantrasyon ve antioksidan aktivitesi ve en düşük lipid peroksidasyonu ve fotokimyasal hasar gösteren çeşit olmuş ve en toleranslı çeşit olarak değerlendirilmiştir.

Karimi vd., (2012) 5 farklı badem çeşidi ve GF 677 anacında yapmış oldukları çalışmada PEG dozunun artmasıyla bitki kuru ağırlığında ve gövde çaplarında azalmalar olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar bitki boyunda ve sürgün sayısında da ortaya çıkmıştır. Denemede kullanılan anaç ve çeşitlerin yaprak oransal su içeriği,

membran stabilitesi ile yaprak alanları da kuraklık şiddetinin artmasıyla kontrol grubu bitkilere göre daha düşük değerlere sahip olmuşlardır. PEG yoğunluğunun artmasıyla bitkilerde biriken prolin miktarı artış göstermiştir.

Çetinkaya, (2013) yüksek sıcaklığa toleranslı Redlands Hope ve Camarosa ile yüksek sıcaklığa hassas olduğu belirlenen Festival ve CG3 çilek çeşitleri ile yapılan çalışmada, kuraklık ve bunu takiben geri kazanım uygulamalarının fizyolojik ve moleküler etkileri araştırılması amaçlanmıştır. Frigo fideler 8 hafta boyunca serada yetiştirildikten sonra, bitkiler 15 gün boyunca %10'luk PEG 6000 ile sulanmıştır. Daha sonra bitkilere iki hafta boyunca PEG'siz sulama suyu verilerek geri kazanım aşaması gözlenmiştir. PEG ve geri kazanım aşamalarının sonunda bitkilerden alınan yaprak örneklerinde yaprak oransal su içeriği, klorofil miktarı, APX, GR aktiviteleri saptanmıştır. Çalışma sonucunda 4 çilek çeşidinin bilinen yüksek sıcaklığa toleransları ile kuraklığa toleransları arasında paralellik olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerin kuraklığa toleransında artan APX ve GR enzimlerinin önemli rol oynadığı belirlenmiştir.

Proietti vd., (2013) Maurino zeytin çeşidinde selenyumun kuraklık stresi üzerine koruyucu etkisini araştırmışlardır. Stres şartlarındaki bitkilerde yaprak oransal su içeriği diğer uygulamalara nazaran daha düşük değere sahip olmuştur. Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi stres altındaki bitkilerde düşük değere sahip olurken, selenyum stres altındaki ve kontrol grubundaki bitkilerde daha fazla birikmiştir. Katalaz enzim aktivitesi de APX enzim aktivitesi gibi benzer sonuçlar vermiştir. Selenyum konsantrasyonu arttığında KAT aktivitesi de artmıştır. Selenyum uygulamaları malondialdehit aktivitesinde ise etkili olmamıştır. Aksine, kontrol grubu bitkilerindeki MDA aktivitesi stres altındaki bitkilerdekinden daha yüksek değerlere sahip olmuştur.

Rostami ve Rahami (2013), 4 farklı incir çeşidinden aldıkları çelikleri köklendirerek kuraklık stresi çalışması yürütmüşlerdir. Bitkilere 14 gün boyunca hiç su verilmemiş, kuraklığın 10. gününden sonra yeniden sulamaya başlanmış ve her gün sulama yapılarak toprak tarla kapasitesinde tutulmuştur. Bu uygulamalar sonucunda sulama yapılan bitkilerde sürgün uzunluğu, yaprak alanı ve yaprak oransal su içeriği en yüksek değere sahip olurken, onu kuraklık sonrası yeniden sulamaya başlanan bitkiler takip etmiştir. En düşük değer hiç sulama yapılmayan bitkilerden elde edilmiştir. Prolin içeriği bakımından çeşitlerin tepkisi incelendiğinde sulama

yapılmayan bitkilerde en yüksek değerler elde edilirken, en düşük değerler her gün sulama yapılan bitkilerden elde edilmiştir. Bitki besleme bakımından çeşitler incelendiğinde potasyum iki çeşitte kuraklık sonrası sulanmaya başlayan bitkilerde en yüksek değere sahip olurken, diğer iki çeşitte kontrol grubunda en yüksek değerler elde edilmiştir. Sodyum içeriği bakımından değerler incelendiğinde, iki çeşitte kuraklık sonrası sulanmaya başlayan bitkilerde en yüksek değere sahip olurken, diğer iki çeşitte ise hiç sulama yapılmayan bitkilerden en yüksek değerler elde edilmiştir.

Habibi ve Hajiboland (2013) İran'da bahçe şartlarında, Ahmadaghahi antepfıstığı çeşidi ile yürüttükleri çalışmada, iki kuraklık seviyesi (tarla kapasitesinin %35 ve %70'i) ve silikon uygulamasının etkisi incelemiştir. Sonuç olarak, bitkilerin taze ve kuru ağırlığı kuraklık stres koşullarında silikon muamalesi ile önemli ölçüde artmıştır. Silikon uygulaması, kuraklık koşullarında bitki biyokütlesini, taze ağırlığı, kuru ağırlığı ve oransal su içeriğini arttırmıştır. Kuraklık stresi PSII'nin maksimum kuantum verimini (F_v / F_m) ve PSII'nin etkili kuantum verimini ($\Phi PSII$) azaltmıştır. Net asimilasyon oranı, transpirasyon hızı ve stoma iletkenliği, bitkilerin kuraklık stresine maruz kalmasıyla azalmıştır ve silikon uygulaması bu parametreleri her iki sulama seviyesinde de etkilemiştir. İyi sulanan bitkilerde net asimilasyon oranı, silikon uygulamasından dolayı hafifçe artmıştır. Silikon muamelesiyle artan stoma iletkenliğini takiben net asimilasyon oranının ve transpirasyon hızının artması nedeniyle, su kullanım etkinliği değişmeden kalmıştır. Kuraklık stresi, SOD ve APX'in aktivitesinde önemli bir artışa neden olmuştur, ancak POD'un aktivitesini değiştirmezken, KAT'in aktivitesini azaltmıştır. Kuraklık koşulları altında, silikon uygulaması APX hariç, analiz edilen tüm antioksidan enzimlerin aktivitesinde önemli artışa neden olmuştur. Kuraklık stresi, MDA ve H_2O_2 'de önemli bir birikim ile sonuçlanmıştır. Silikon destekli bitkiler kuraklık stresi altında en düşük MDA içeriğine sahiptir.

Rostami ve Rahemi (2013) Shiraz, İran'da serada saksı denemesinde yaptıkları çalışmada bir yaşlı dört incir genotipinin (Dane Saphid, Pouz Donbali, Şah Anjiri ve Khormaei) su stresi (14 gün) ve yeniden sulamaya (10 gün) verdiği yanıtları değerlendirmiştir. Su stresi döneminde genotiplerin büyüme parametreleri önemli ölçüde azalmıştır. En düşük sürgün uzunluğu büyümesi Dane Saphid ve Khormaei'de bulunmuştur. Kuraklık stresi bitkilerin gövde çapını azaltmış ve en düşük gövde çapı Shah Anjiri'de bulunmuş, Shah Anjiri ve Khormaei'nin gövde çapı tekrar sulandıktan

sonra artmıştır. Su stresi yaprak alanını önemli ölçüde azaltmış; bununla birlikte, yeniden sulamada Shah Anjiri ve Khormaei'nin yaprak alanında iyileşme görülmüştür. Su stresi özgün yaprak alanını önemli ölçüde artırmış ve en yüksek özgün yaprak alanı Khormaei'de bulunmuştur. Stresdeki bitkilerin özgün yaprak alanı, yeni sulama döneminden sonra azalmış ve en düşük özgün yaprak alanı Dane Sephid'te bulunmuştur. Su stresi bağıl su içeriğini ve yaprak suyu potansiyelini önemli ölçüde azaltmış ve en düşük değerler Dane Sephid'de bulunmuştur. Yeniden sulama, stresli bitkilerin bağıl su içeriğini artırmıştır. Membran geçirgenliği, yaprak bağıl su içeriği ve yaprak su potansiyeli azalmasına rağmen artmış ve membran geçirgenliği Dane Sephid yapraklarında önemli ölçüde daha yüksek olmuştur. Dane Sephid hariç tüm genotiplerde yaprak prolin içeriği önemli ölçüde artmıştır. Su stresinin sonunda, en yüksek yaprak prolin içeriği Shah Anjiri'de bulunmuş ve Dane Sephid'de en düşük prolin içeriği belirlenmiştir. Prolin içeriği tekrar sulamadan sonra azalmıştır. Son olarak, Khormaei ve Shah Anjiri kuraklığa en yüksek tolerans gösteren genotipler olarak belirlenmiştir.

Jiménez vd. (2013) farklı şeftali anaçlarında yaptıkları çalışmada, kontrol bitkileri günlük sulanmış ve su durumu tam tarla kapasitesinde muhafaza edilmiştir. Su stresli bitkiler, aynı zamanda günlük sulanmıştır. Ancak bir önceki günkü tüketilmiş suyun %80'inin eklenmesi ile 26 gün boyunca ileri su stresine maruz kalmıştır. Sonuçta, kuraklık stresi ile apikal büyüme, sürgün/kök (kuru ağırlık olarak) oranı ve sürgün kuru ağırlığı önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, su stresi incelenen tüm anaçlarda özgün yaprak alanını azaltmamıştır. Stresli bitkilerde, toprak suyu içeriğindeki azalmaya tepki olarak giderek azalmıştır. Yaprak ozmotik potansiyeli, çalışmanın 16. ve 26. gününde kuraklık stresli bitkilerde önemli ölçüde düşmüştür. Yaprakların oransal su içeriği (YOSİ) aynı zamanda 16. ve 26. günlük uygulamalarda kuraklığa maruz kalmış bitkilerde önemli ölçüde daha düşük olmasına rağmen genotipler arasında fark bulunamamıştır. Su stresi, yaprak klorofil konsantrasyonunu, net fotosentez oranını, stoma iletkenliği, transpirasyon oranını ve hücre içi karbondioksit (CO₂) konsantrasyonunu düşürmüş ve yaprakta daha yüksek içsel su kullanım etkinliği sağlamıştır. Bununla birlikte, kuraklık yapraklarda (1,7 kat) ve köklerde (2 kat) prolin birikmesine neden olmuştur.

Doğançay (2013), sulanan ve sulanmayan şartlarda, Kilis ve çevresinde yetiştirilen Gemlik ve Kilis Yağlık zeytin ağaçlarının genç ve yaşlı ağaçlardaki

yapraklarının yıl boyunca biyoaktif madde değişimlerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Oransal su düzeyleri karşılaştırılırken uygulama göz önüne alındığında kontrol grubunun (Sw 79.9) sulanmayan şartlara (Sw 65.1) göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buna göre sulanmayan şartlarda su tutma kapasitesinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Sulanan zeytin ağacı yapraklarının, sulanmayan zeytin ağacı yaprakları ile karşılaştırıldığında, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ağustos ve Ekim aylarında su oranlarını daha fazla koruduğu belirlenmiştir. Genç zeytin ağacı yapraklarında ise Ocak, Nisan, Temmuz, Eylül ve Ekim dönemlerinde nispi su oranlarını daha fazla koruduğu tespit edilmiştir. Toplam fenol içeriği sulanan ağaçların yapraklarında ortalama 101.71 mg/g GAE, sulanmayan ağaçların yapraklarında ortalama 98.78 mg/g GAE olarak tespit edilmiştir. Aylık toplam fenolik madde içeriği değerlerinin en yüksek olduğu Ocak, Şubat, Nisan aylarında, en düşük değerlerinin Temmuz, Ağustos ve Kasım aylarında ortaya çıktığı belirlenmiştir. Sulanan ağaçların yapraklarında toplam flavonoid içeriğinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Fakat aylara göre, Ocak, Şubat, Mart, Ağustos, Ekim ve Aralık aylarında flavonoid madde üretiminin sulanmayan koşullarda daha fazla olduğu belirlenmiştir. Zeytin çeşidi, yaşı ve uygulama farklarına bakılmaksızın yapılan değerlendirmede toplam flavonoid miktarının en yüksek değerinin Temmuz ayında 78.01 mgOE olarak, en düşük değerinin ise Nisan ayında 65.40 mgOE olarak belirlendiği görülmüştür. Yaşlı ağaç yapraklarının genç ağaç yapraklarına oranla toplam flavonoid içeriğinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Bolat vd., (2014) su stresinin elma (M9-Vista Bella) ve armut (MA-Santa Maria) fidanlarında bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Su stresi kontrol (%100), %75 sulama ve %50 sulama şeklinde planlanmıştır. Uygulama yapılan bitkilerde yapılan ölçümler sonucunda su stresinin artmasıyla her iki türe ait bitkilerde kuru ağırlık, yaprak oransal su içeriği ve klorofil içeriklerinde azalmalar olmuştur. Her iki türe ait bitkilerde yapılan enzim analizlerinde katalaz ve peroksidaz aktivitesinde artışlar bulunmuştur. Ayrıca bitkilerde prolin içerikleri de stresin şiddetinin artmasıyla artışlar göstermiştir.

Zonouri vd. (2014a) White Seedless ve Khoshnav üzüm çeşitlerinde kuraklık stresinden bitkileri korumak amacıyla 3 farklı askorbik asit uygulaması yapmışlardır. Her iki çeşitte de askorbik asit miktarları kuraklık stresinde kontrol grubuna göre daha fazla ölçülmüştür. Bununla birlikte MDA, protein ve APX miktarları da kuraklık

uygulamasında en yüksek değerlere sahip olmuşlardır. Membran geçirgenliği en yüksek kuraklık stresindeki bitkilerde bulunmuştur.

Zonouri vd. (2014b) Sananjad, İran'da araştırma bahçe şartlarında yapmış oldukları çalışmada iki asma çeşidinde (White seedless ve Khoshnav) kuraklık stresi altında yapraklara askorbik asit (AsA) uygulamasının etkilerini incelemiştir. Kuraklık stresi klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, karotenoidler, yaprak sıcaklığı ve yaprak bağıl su içeriği miktarını önemli ölçüde azaltmıştır. Kuraklık stresi (%25 TK) ve tam sulama (%75 TK) uygulamalarında çeşitler farklı tepkiler vermiştir. Khoshnav çeşidi kuraklık stresinde en yüksek karotenoid seviyeleri göstermiş ve tam sulamada klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarında artış göstermiştir. Tam sulamada White seedless, hidrojen peroksit miktarını azaltmıştır. AsA uygulamasının klorofil miktarı üzerinde bir etkisi belirlenmemiştir. Anti-oksidatif özelliklere sahip AsA, klorofilin bozulmasını önlemekte ve her iki çeşitte de tam sulama muamesinde dolaylı olarak artmaktadır. Kuraklık koşullarında, iki çeşit oransal su içeriğinde önemli bir fark göstermemiştir. Kuraklık koşullarında AsA uygulaması, Khoshnav'da karotenoidlerin artmasına neden olmuştur.

Bolat vd. (2014), M9 elma anacı ve MA Quince anaçlarında yapmış oldukları çalışmada su stresinin her iki anaçta da aşı gelişiminin yanı sıra, çoğu morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri önemli ölçüde etkilediğini bildirmişlerdir. Artan su stresi, sürgün uzunluğu, çap ve bitki toplam taze ve kuru ağırlıklarını azaltmıştır. Araştırmacılar her iki anaçta da su stresi artışı ile elektrolit sızıntısı artarken, yaprak bağıl su içeriği ve klorofil indeksinin azaldığını aynı zamanda peroksidaz (POD), katalaz (KAT), prolin, antosiyanin ve fenol içeriğinin de arttığını bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda su sıkıntısı yaşanan bölgelerde bu anaçların kullanılmasında dikkatli olunması gerektiği belirtilmiştir.

İpek (2015) in vitro koşullarında Garnem ve Myrobolan 29C anaçlarda yapmış oldukları çalışmada farklı kuraklık stresinde (-0.5MPa, -1.0MPa ve -1.5MPa) PEG 6000 kullanılarak morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini değerlendirmiştir. Sonuçlarda, her iki anaçta kuraklık stresinde bitki boyu, yaprak alanı ve nispi ağırlığın azaldığı izlenmiştir. Kuraklık süresi ve şiddeti arttıkça klorofil miktarı, membran geçirgenliği ve yaprak oransal su içerikleri düşmüştür. Kuraklık stresinde her iki anaçta prolin miktarında artış, protein miktarlarında azalış olduğu gözlemlenmiştir. Kuraklık stresinin şiddeti arttıkça MDA birikimi, H₂O₂ birikimi ve Askorbik asit

miktarının arttığı görülmüştür. Kuraklık stresinde Garnem anacında KAT aktivitesinde artış olurken, SOD ve APX enzim aktivitelerinin kuraklık süresi arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Myrobolan 29C anacında ise KAT, SOD, APX aktivitelerinde başlarda artış olurken, kuraklık stresi arttıkça azalışlar bulunmuştur. Sonuç olarak, Garnem anacının Myrobolan 29C anacına göre kuraklık stresine daha toleranslı olduğu belirlenmiştir.

El-Shazly, (2014) bir yaşlı dört incir çeşidinde (Sultani, White Adissi, Conadria ve Kadota) üç sulama uygulamanın (%100 tarla kapasitesi (TK), %75 TK ve %50 TK) bazı vejetatif büyüme parametreleri, toplam ve bağıl su içeriği ve yaprak klorofil içeriği üzerine etkisi incelenmiştir. Vejetatif büyüme parametreleri ile ilgili sonuçlar, tüm sulama uygulamalarında White Adissi, Conadria ve Kadota çeşitlerine kıyasla, Sultani çeşidinin en yüksek büyüme oranı, bitki boyu, gövde ve sürgün çapı, yaprak taze ve kuru ağırlıkları ve yaprak alanı değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Sulama uygulamaları ile ilgili olarak, %75 TK ve %50 TK sulama, %100 TK'ye kıyasla büyüme oranı değerlerini düşürmüştür. Sulama seviyeleri azaldıkça bitkinin sürgün uzunluğu ve çapı, gövde çapı, yaprak taze ve kuru ağırlıkları ve yaprak alanı önemli ölçüde azalmıştır. %50 TK sulama %100 TK ile karşılaştırıldığında yaprak toplam su içeriği, oransal su içeriği ve toplam klorofil içeriği önemli ölçüde azalmıştır

Fouad vd. (2014) Fas'ta tam kontrollü serada zeytinde kuraklık stresinde oksidatif stresine karşı mikoriza inokulasyonun etkilerini incelenmişlerdir. Kuraklık stresi sürgün ve kök uzunluğunu, sürgün ve kök taze ve kuru ağırlıklarını, büyüme ve biyokütle üretimini ve protein içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır. H_2O_2 ve MDA içerikleri ve SOD, POD ve KAT aktivitesi su stresi ile artmıştır. Kuraklık stresi elektrolit sızıntısını (%157) ve lipid oksidatif hasarını (%600) önemli derecede artırmıştır. Mikoriza inokulasyonu kuraklık stresinin etkilerini azaltmış ve zeytin'in kuraklığa toleransını arttırmıştır.

Xie vd. (2015), bir yaşındaki nar fidanlarında farklı su stresinin etkilerini incelemiştir. Su stresi büyüme parametrelerini düşürmüştür. Su stresli bitkilerin kök boyu, gövde çapı ve kuru ağırlığı iyi sulanan bitkilerdekinden daha küçüktür. %40 topraktaki su içeriği muamelesinde, bitki boyu ve gövde çapı sırasıyla 65.9 cm ve 9.5 mm, kontrole kıyasla %26.53 ve %34.95 azalmıştır. Su stresi muameleleri, sürgün uzunluğunu ve kuru ağırlığını azaltmıştır, ancak kök kuru ağırlığını artırmıştır. %20 su içeriği muamelesinde, kök kuru ağırlığı iyi sulanan şartlar altında daha fazladır. Su

stresi ayrıca kök/sürgün oranının değeri önemli ölçüde artırmıştır. Su stresi, iyi sulanan bitkilerle karşılaştırıldığında nar yapraklarının protein konsantrasyonunu önemli ölçüde azaltmıştır. Su stresinde yapraktaki NH_2 ve NH_4^+ konsantrasyonu artmıştır. İyi sulanan şartlar altında, narın genç, tamamen genişletilmiş yapraklarının NH_2NH_4^+ konsantrasyonları en düşük düzeydedir ve bunlar, %20 su içeriği muamelesinde en yüksek düzeydedir ve kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında %149.93 artış göstermiştir. Su stresinde ayrıca yaprak arginin ve prolin konsantrasyonu artmıştır. %20 muamelesindeki prolin ve arginin konsantrasyonu kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında sırasıyla 1.72 kat ve %70.96 artmıştır.

Küçükyumuk vd. (2015) farklı anaçlar üzerine aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde yaptıkları çalışmada tüm çeşit/anaç kombinasyonları için 4 farklı kuraklık düzeyi uygulaması (1. uygulama: her sulamada toprak neminin tarla kapasitesine kadar tamamlandığı uygulama ve 1.uygulamaya verilen suyun %75'i, %50'si ve %25'ini uygulandığı 2, 3. ve 4. uygulamalar) yer almıştır. Su stresi uygulamalarının sürgün çapı ve sürgün uzunluğuna etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Su stresi düzeyi arttıkça sürgün uzunluğu gelişimi azalmıştır. Su stresi uygulamaları, başlangıcından 30 gün sonra (1 Ağustos) etkisini daha çok göstermeye başlamış, S3 ve S4 uygulamalarına ait fidanlarda sürgün uzunluğu gelişimi azalmıştır. Tüm fidanlarda su stres düzeyi arttıkça stoma yoğunluğu azalmıştır.

Zaher-Ara vd. (2016) 10 portakal çeşidinde yapmış oldukları çalışmada, stres koşulları altında sürgün ve kök uzunluğu, sürgün ve kök kuru ağırlığı, sürgün ve kök taze ağırlığı, doku su içeriği ve çimlenme yüzdesi belirgin şekilde azalmıştır. Çeşitler arasında tepkiler bakımından farklılıklar bulunmuştur. Stres altındaki toleranslı çeşitlerin bitkileri sürgünlerde ve köklerde en yüksek çözünabilir şeker içeriğine ve dokularında daha az nişasta içeriğine sahip olmuşlardır. Ayrıca, prolin ve çözünabilir şeker seviyeleri, toleranslı çeşitlerde hem sürgünlerde hem de köklerde kuraklık stresinin şiddetine paralel olarak artmıştır.

Hamed vd. (2016) Tunus'ta saksıda plastik örtü altında, su stresinde ve iyileşmede iki *Pistacia* türünün tepkilerini incelemiştir. Su stresi ve yeniden sulama sırasında yaprak su potansiyeli, oransal su içeriği, toplam klorofil içeriği ve yaprak gaz değişimleri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, su stresi altında büyük bir düşüş yaşayan *Pistacia vera* ile karşılaştırıldığında *Pistacia atlantica*'nın su durumu, yaprak gazı değişimleri ve toplam klorofil içeriği, sabit kalmıştır. Yeni sulamadan sonra, *Pistacia*

atlantica stoma parametrelerinin *Pistacia vera* ile karşılaştırıldığında hızlı bir şekilde iyileşme ve su stresine iyi bir tolerans gösterdiği belirlenmiştir. *Pistacia vera* ve *Pistacia atlantica*'nın su stresi ve yeniden sulamaya verdiği tepkilerin değişmesi, *Pistacia atlantica*'nın *Pistacia vera*'ya kıyasla su stresine daha yüksek adaptasyon göstermiştir. Su stresi, *Pistacia vera*'nın stres altındaki çöğürlerinin özgün yaprak ağırlığını önemli ölçüde azaltmıştır. Tüm su stresi muamelelerinde, *Pistacia atlantica*'nın özgün yaprak ağırlığı *Pistacia vera*'dan daha yüksek tespit edilmiştir. Tekrar sulamadan sonra, *Pistacia atlantica*'nın stres altındaki bitkilerinin özgün yaprak ağırlığı kontrol bitkilerine benzerken *Pistacia vera*'nın özgün yaprak ağırlığı iyileşmemiş ve düşük değerlerde kalmıştır.

Khoyerdı vd. (2016) İran'da tam kontrollü serada saksı denemesinde yapmış oldukları çalışmada kuraklık stresinin bazı antepfıstığı çeşitlerinin fizyolojik ve osmoozmotik parametreleri üzerine etkisini değerlendirmiştir. Sonuçlar kuraklık stresinin sürgün ve kök kuru ağırlığını, yaprak alanını, yaprak bağıl su içeriğini, toplam klorofil, karotenoidler, toplam çözünebilir protein içeriğini azalttığını göstermiştir. Kuraklık stresi, dört çeşidin kök ve yapraklarının prolin, glisin betain, toplam çözünebilir karbonhidrat, sakkaroz, fenol, hidrojen peroksit ve MDA içeriğini artırmıştır. Çeşitler su stresine farklı tepkiler vermiştir. Kuraklık koşullarında çeşitlerin kök ve yapraklarında yukarıdaki parametrelerin en yüksek ve en düşükleri sırasıyla Badami-Rize-Zarand ve Abareqi çeşitlerinde bulunmuştur. Sonuçlara göre, Badami-Rize-Zarand çeşidi daha fazla ozmolit biriktirdikçe kuraklık stresine daha fazla direnç göstermiş ve kuraklık stresi altında daha iyi su ilişkileri ve kuru ağırlıklar üretmiştir.

Esmailpour vd. (2016), Belçika'da sera koşullarında üç antepfıstığı çeşidinde yapmış oldukları çalışmada farklı kuraklık stresi etkilerini PEG 6000 kullanılarak hidroponik sisteminde incelemiştir. Sonuç olarak, her iki kuraklık stres seviyesinde yaprak klorofil içeriği ve toplam bitki kuru ağırlığı azalmıştır. Ohadi, kuraklık stres koşullarında Akbari'ye göre daha yüksek oranda oransal klorofil içeriği ve bitki kuru ağırlığı (biyokütle) oranlarına sahipken, Kaleghochi orta sonuçları göstermiştir. Kuraklık stres koşullarındaki bitkilerde bitki kuru ağırlığı ve yaprak kuru ağırlığı önemli derece azalmışken, sürgün ve kök kuru ağırlığı etkilenmemiştir. Stres uygulanan bitkilerin biyokütlesi, kontrol bitkilerinin biyokütlesine kıyasla azalmıştır. Kuraklık stresi kontrole kıyasla Akbari'de toplam bitki kuru ağırlığı ve yaprak kuru ağırlığını ve Ohadi'de yaprak kuru ağırlığını önemli ölçüde azaltmıştır. Ohadi diğer

çeşitlere göre daha iyi performans gösterdiğinden biyokütle verimliliği açısından kuraklığa daha toleranslı olabileceği değerlendirilmiştir.

Khoyerdi vd. (2016) tam kontrollü serada yaptıkları çalışmada kuraklık stresinin bazı zeytin çeşitlerinin fizyolojik parametreleri üzerine etkisini incelemiştir. Kuraklık stresi bağıl su içeriğini, klorofil ve karotenoid içeriklerini ve fotosentezi azaltmıştır, ancak kuraklık stresi membran geçirgenliğini ve toplam antioksidan aktiviteyi arttırmıştır. Çeşitler arasında kuraklığa verdiği tepkilerinde farklılıklar bulunmuştur.

Pourghayoumi vd., (2017) Nar çeşitlerinde sulama kesilerek 14 günlük su stresine maruz bırakıldığı ve ardından 7 gün boyunca tekrar sulandığı çalışmada su stresinden sonra, K_{lo} a + b Ghojagh hariç tüm çeşitlerde önemli ölçüde azalmıştır. Ghojagh ve M-Saveh dışında çeşitler, iyileşme süresinin sonunda K_{lo} a + b miktarında iyileşme göstermemiştir. Şiddetli su stresini koşulları altında, yaprak karotenoid konsantrasyonları kontrole göre Ghojagh'da %14,48, M-Saveh'de %13,08 ve M-Yazdi'de %4,22 oranında artış göstermiştir. M-Saveh, Ghojagh ve M-Yazdi deki karotenoid seviyeleri iyileşme döneminde düşmüştür. Tüm çeşitlerde stres uygulaması yaprak antosiyanin içeriğinde önemli artış meydana getirmiştir. M-Saveh hariç tüm çeşitlerde antosiyanin içeriği, yeniden sulamadan sonra yüksek seviyede kalmıştır. Şiddetli su stresini, tüm çeşitlerde SOD aktivitesini önemli ölçüde artırmıştır. Ghojagh ve M-Saveh hariç tüm çeşitlerde POD aktivitesi önemli ölçüde artırmıştır. Tüm çeşitlerde SOD aktivitesi ve Rabab, Shishecap ve M-Yazdi çeşitlerinde POD aktivitesi iyileşme süresinin sonunda yüksek düzeyde kalmıştır. M-Yazdi hariç tüm çeşitlerde KAT aktivitesi önemli ölçüde artmıştır. Tüm çeşitlerde şiddetli kuraklık MDA konsantrasyonunda önemli artışa neden olmuştur. 7 günlük yeniden sulamadan sonra, Rabab'ın stresli bitkilerinin ve M-Saveh kontrol bitkilerinin MDA konsantrasyonları azalırken M-Yazdi ve Shishecap da yüksek düzeyde kalmıştır. Şiddetli su stresini, tüm çeşitlerde prolin üretimini önemli ölçüde artırmıştır. Tüm çeşitlerde prolin konsantrasyonu iyileşme döneminde önemli ölçüde düşmüştür.

Aras ve Keles (2019) yaptıkları çalışmada M9 ve MM106 anaçları üzerine aşılı Red Chief çeşidinin 15 gün (orta kuraklık stresi) ve 19 gün (şiddetli kuraklık stresi) kuraklık şartlarında verdikleri bazı biyokimyasal ve fizyolojik tepkileri değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, her iki anaç kuraklık koşullarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Şiddetli kuraklık stresi, her iki anaç üzerine aşılı Red Chief çeşidinde SPAD değerinin düşmesine neden olmuş, şiddetli kuraklık stresi, M9 ve MM106

üzerine aşıllı Red Chief'te SPAD değerinde sırasıyla %15.7 ve %11.1 azalmaya neden olmuştur. Şiddetli kuraklık stresi, M9 ve MM106'daki antosiyanin içeriğini sırasıyla %7.8 ve %28.4 oranında azaltmıştır. Yaprak nispi su içeriği kuraklık koşullarında azalmış ve M9 ve MM106'da kontrol uygulamasında YNSİ değerleri sırasıyla %84.18 ve %82.86 olarak belirlenirken şiddetli kuraklık stresi altında, sırasıyla %64.63 ve %66.89 olarak bulunmuştur. Benzer şekilde stoma iletkenliği kuraklık stresinden önemli ölçüde etkilenmiş ve şiddetli kuraklık stresinde, M9 ve MM106 üzerine aşıllı Red Chief'te sırasıyla %82.9 ve %88.26 azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, MM106 anacının, M9 anacına kıyasla kuraklığa daha fazla toleranslı olduğu ifade edilmiştir.

Garcia vd. (2020) badem, kayısı ve şeftali gibi *Prunus* türleri üzerinde kuraklığın zamansal etkilerini incelemişlerdir. Araştırma, fotosentetik aktiviteyle ilişkilendirilen fizyolojik özellikler, yaprak su durumu ve klorofil içeriği gibi faktörlerin zaman, genotip ve uygulama arasında önemli etkileşimler gösterdiğini ortaya koymuştur. *Prunus webbii*'nin ticari anaçlara kıyasla daha büyük bir kuraklık toleransı sergilediği bulunurken, "Real Fino" kayısının yeniden sulama sonrası en hızlı iyileşmeyi gösterdiği belirlenmiştir. Karışık modellerin uygun varyans-kovaryans yapılarıyla kullanımı, *Prunus* genotiplerinde, genotip etkilerinin daha verimli bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımıştır. Çalışmada yaprak su potansiyeli, net fotosentez hızı, stomatal iletkenlik, transpirasyon hızı, klorofil içeriği ve fotosistem II'nin maksimum foto-kimyasal verimliliği gibi parametreler değerlendirilmiştir. Araştırma, *Prunus* genotiplerinde kuraklık tepkisi ve iyileşmesinin incelenmesinde çeşitli faktörlerin dikkatli bir şekilde analiz edilmesi ve dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Dbara vd., (2021) üç armut çeşidinin (Meski Arteb, Bouguedma, Alexandrine) kuraklığa tepkisini, bazı fizyolojik ve yaprak özellikleri üzerinden değerlendirmesini yapmıştır. Yaprakların oransal su içeriği ve su potansiyeli, tüm çeşitlerde su stresi şiddeti ile azalmıştır. Kuraklık artışına tepki olarak yaprakların klorofil içeriği ve toplam çözünür şeker konsantrasyonu azalmıştır. Bununla birlikte, şiddetli stres altında yaprak alanının azaldığı Bouguedma çeşidi dışında prolin içeriği ve yaprak özellikleri etkilenmemiştir. Çalışmada kullanılan çeşitlerin kuraklığa karşı farklı tepki gösterdiği için, bu özelliklerin iklim değişikliğinin etkisiyle ileride yapılacak olan ıslah çalışmalarında kullanılabilir olduğu bulunmuştur.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

Bu araştırma 2019-2022 yılları arasında Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümüne ait iklim kontrolsüz sera ve laboratuvarlarda yürütülmüştür. Araştırmanın bitkisel materyal kısmını, Malatya ve çevresinde yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan 11 kayısı çeşidi (Hacıhaliloğlu, Kabaası, Hasanbey, Çataloğlu, Çöloğlu, Soğancı, Alkaya, Kadioğlu, Şekerpare, Şalak, Tokaloğlu) ve zerdali çöğürlerinin bir yaşlı fidanları (belirtilen çeşitlere ait fidanların üretiminde kullanılan zerdali tohumlarından elde edilen çöğürler) teşkil etmiştir. Bu çeşitlere ilişkin bilgilere aşağıda yer verilmiştir.

Alkaya: Malatya orijinli, 1976 yılında seleksiyon ıslahı ile elde edilmiş bir çeşittir. Sofralık ve kurutmalık olarak değerlendirilmektedir. Ağaç gelişme kuvveti çok kuvvetli, ağaç habitüsü ise yayvandır. Meyve ağırlığı 30-45 g aralığında olup, şekli eliptiktir. SÇKM (%) 18-22 aralığındadır. Malatya koşullarında meyvelerini Haziran ayının son haftasında olgunlaştırır.

Çataloğlu: Kurutmalık amaçla kullanılan ve dik-yayvan habitüye sahip bir çeşittir. Meyvesi orta irilikte, 25-35 g aralığında, oval şekillidir. SÇKM (%) 24-28, pH 4,5-4,9 arasında değişir. Malatya koşullarında Temmuzun ikinci haftası olgunlaşır.

Çöloğlu: Malatya menşeli sofralık ve kurutmalık olarak değerlendirilen bir çeşittir. Ağaçları orta kuvvette gelişim gösterir. Dalları yayvan ve açıktır. Meyveleri yuvarlak şekilli, 25-35 g ağırlığında, meyve kabuk ve et rengi sarıdır. Temmuz ayının ikinci haftasında meyvelerini olgunlaştırmaya başlar. Özellikle reçel yapımı ve kabuk olarak kurutma için uygundur.

Hacıhaliloğlu: Malatya'nın en önemli kurutmalık kayısı çeşididir. İldeki kayısı ağaç varlığının büyük bir kısmını teşkil eder. Ağaçları yüksek boylu ve dik-yayvan şekillidir. Gelişme kuvveti yüksektir. Meyveleri orta irilikte 25-35 g ağırlığındadır. Temmuz ayının ikinci haftasında olgunlaşır. SÇKM (%) 24-28 aralığındadır.

Hasanbey: Malatya'da seleksiyon ıslahı yöntemiyle elde edilmiştir. SÇKM (%) 18-22 dolayındadır. Kükürt odasında diğer kurutmalık çeşitlere göre SO₂'i daha geç absorbe eder bu sebeple sofralık olarak değerlendirmeye uygundur. Ağaç şekli yayvandır. Haziranın son haftası ile Temmuzun ilk haftasında hasat edilir.

Kabaası: Malatya’da tesadüf çöğürü olarak bulunan ve kurutmalık olarak değerlendirilen bir çeşittir. Son yıllarda ağaç popülasyonundaki payı hızla artmıştır. Hacıhaliloğlu’ndan sonra ilde en fazla yetiştiriciliği yapılan çeşittir. Meyveleri 30-45 g ağırlığındadır. SÇKM (%) 24-26 dolaylarındadır. Meyve iriliği, et dokusunun sert ve yola dayanımının iyi olması nedeniyle son yıllarda sofralık tüketimi artış göstermiştir.

Kadioğlu: Kurutmalık olarak değerlendirilen, Malatya’da seleksiyon yöntemiyle elde edilmiş bir çeşittir. Ağaçlar yayvan şekilli olup, orta kuvvette gelişir. Meyve oval şekilli, 30-40 g ağırlığındadır. SÇKM (%) 23-25 değerleri arasındadır. Malatya koşullarında Temmuz ayının birinci haftasında olgunlaşır.

Soğancı: Malatya menşeli bir çeşittir. Meyveleri 30-45 g ağırlığında yuvarlak şekilli ve meyve kabuk rengi sarıdır. Ağaçları iri dik-yayvan şekillidir. Meyvelerinin parlak ve gösterişli olması nedeniyle son yıllarda sofralık tüketimi artmıştır. Olgun meyvelerinin SO₂ absorpsiyonu güç olduğundan kurutmak için uygun değildir.

Şalak: Orijini tam olarak bilinmemekle birlikte Iğdır ve Kağızman bölgelerinde fazla miktarda yetiştirilir. Ağaçları yayvan taçlı ve gelişme kuvvetleri oldukça yüksektir. Meyveleri oldukça iri olup 50-65 g aralığındadır. SÇKM (%) 17-20 civarındadır. Orta-erkenci bir çeşit olup, Malatya koşullarında Haziran ayının son haftasında olgunlaşır.

Şekerpare: Orijininin Malatya olduğu sanılmaktadır. Ağaçları yayvan şekillidir ve kuvvetli gelişim gösterir. Meyve ağırlığı 25-30 g civarındadır. Et dokusu orta sertlikte olup meyvelerin üzerinde siyah nokta şeklinde küçük benekler bulunur. SÇKM (%) 17-20 dolaylarındadır. Meyveleri Malatya koşullarında Temmuz ayının ilk haftasında olgunlaşır.

Tokaloğlu (Erzincan): Erzincan’ın sofralık kayısı çeşididir. Ağaçları dik şekillidir ve kuvvetli gelişir. Meyveler oval şekilli ve 40-55 g ağırlığındadır. Meyve eti yumuşak dokulu, SÇKM (%) 14-16’dır. Malatya şartlarında Temmuz ayının birinci haftasında olgunlaşır. (Anonim, 2014)

3.2 Yöntem

Çeşitler, Eylül-2019’da tek bir ağaçtan alınmış zerdali tohumlarından elde edilen çöğürlere 15 cm yükseklikten T göz aşısıyla aşılanmıştır. Belirtilen çeşitlere ait 1 yaşlı fidanların tamamı, 20 litre hacimli plastik saksılara torf ve bahçe toprağı karışımıyla

(1/1,v/v) (Çizelge 3.1) doldurularak 2020 yılı aralık ayı içerisinde fidanların tepesi 65-70 cm yükseklikten vurularak dikilmiştir ve sulanmıştır. Saksılı fidanlar Mart ayında sera içerisine alınmış ve her bir çeşitten 30'ar adet fidan olacak şekilde saksılar iki gruba ayrılmıştır. Deneme, tam şansa bağlı deneme deseninde, 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 5 bitki olacak şekilde düzenlenmiştir. Tüm saksılar tarla kapasitesine getirildikten sonra, Birinci grup bitkilere (kontrol grubu), deneme süresi boyunca evapotranspirasyonla kaybolan su miktarı kadar sulama yapılmıştır. İkinci grup bitkilere ise fidanlarda büyüme başladıktan sonra yıllık sürgün yaklaşık 10-15 cm uzunluğuna ulaştıktan sonra kuraklık uygulamasına başlanmıştır (3 Mayıs 2021).

Çizelge 3.1 Kullanılan yetiştirme ortamına ilişkin analiz sonuçları

Sınıf	Kumlu-tın
Saturasyon (%)	49.41
pH	7.4
Tuzluluk (%)	0.035
Organik Madde (%)	0.515
Kireç (CaCO ₃) (%)	0.81
Azot (N) (%)	0.025
Potasyum (K) (ppm)	199
Fosfor (P) (ppm)	45.41
Kalsiyum (Ca) (ppm)	374.65
Magnezyum (Mg) ppm	124.41

Çeşitlerde solgunluk belirtilerinin görüldüğü (yaprak renginin matlaştığı ve solgunluğun başladığı), kuraklık dönemi ölçümlerinin yapıldığı ve yaprak örneklerinin alındığı tarihler Hasanbey, Şekerpare, Alkaya ve Kadioğlu çeşitlerinde 19 Mayıs 2021 (16 gün sonra), Soğancı, Şalak ve Tokaloğlu çeşitlerinde 20 Mayıs 2021 (17 gün sonra) ve Hacıhaliloğlu, Kabaası, Çataloğlu, Çöloğlu çeşitlerinde ve Çöğür bitkilerinde 21 Mayıs 2021 (18 gün sonra) olarak kaydedilmiştir. Bu aşamadan sonra bitkiler tekrardan başlangıçtaki sulama düzeninde sulanarak iyileştirme uygulamasına başlanılmıştır. Çeşitlerde iyileşme belirtilerinin görüldüğü, iyileşme dönemi ölçümlerinin yapıldığı ve yaprak örneklerinin alındığı tarihler Hasanbey, Şekerpare,

Alkaya ve Kadioğlu çeşitlerinde 1 Haziran 2021, Soğancı, Şalak ve Tokaloğlu çeşitlerinde 2 Haziran 2021 ve Hacıhaliloğlu, Kabaası, Çataloğlu, Çöloğlu çeşitlerinde ve Çöğür bitkilerinde 3 Haziran 2021 olarak kaydedilmiştir. Her iki dönemde alınan yaprak örnekleri, ilgili analizlerin yapılacağı zamana kadar -80 °C’da bekletilmiştir. Çalışma boyunca yapılan morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal ölçüm ve analizlere ait yöntemler aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.1. Çeşitli dönemlerde deneme alanından görüntüler

3.2.1 Morfolojik Ölçümler

3.2.1.1 Sürgün Uzunluğu Stres Tolerans İndeksi (SUSTİ)

Kontrol ve kuraklık uygulama gruplarındaki bitkilerin yıllık sürgün uzunlukları (cm), cetvel yardımıyla ölçülmüş ve elde edilen bu verilerle sürgün uzunluğu stres tolerans indeksi (SUSTI) hesaplanmıştır (Ahmed vd. 2009).

$$SUSTI (\%) = \frac{\text{Strese Maruz Kalan Bitkilerin Sürgün Uzunluğu (cm)}}{\text{Kontrol Bitkilerinin Sürgün Uzunluğu (cm)}} \times 100$$

3.2.1.2 Yaprak alanı

Kontrol ve uygulama grubundaki bitkilerden örnekler alındığı dönemlerde yaprak alanları Minolta marka yaprak alan ölçer cihazı ile ölçülmüş ve hangi alan ölçülmüş ve değerler cm² olarak değerlendirilmiştir.

3.2.1.3 Yaş ve kuru ağırlık ölçümleri

İyileşme süreci tamamlandıktan sonra çeşitlere ait bitkilerin toprak üstü aksamı toprak yüzeyinden 5 cm yükseklikten kesilerek 3 tekrarlı olacak şekilde tartılmış ve bitkilerin yaş ağırlıkları (g) saptanmıştır. Sonrasında, bitkiler 80°C'lik etüvde sabit ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiş ve tartılarak kuru ağırlıkları (g) belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler ile yaş ağırlık stres tolerans indeksi (YASTİ) ve kuru ağırlık stres tolerans indeksi (KASTİ) Ahmed vd. (2009)'a göre hesaplanmıştır.

$$YASTİ (\%) = \frac{\text{Strese Maruz Kalan Bitkilerin Yaş Ağırlığı (g)}}{\text{Kontrol Bitkilerinin Yaş Ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$KASTİ (\%) = \frac{\text{Strese Maruz Kalan Bitkilerin Kuru Ağırlığı (g)}}{\text{Kontrol Bitkilerinin Kuru Ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.1.4 Morfolojik Ölçümlere İlişkin Hasar İndeksi

Kontrol ve kuraklık uygulaması grubundaki bitkilerin ölçülen morfolojik parametrelerine ilişkin verilere göre, hasar indeksi aşağıdaki modifiye edilmiş formülle hesaplanmıştır (Glerum, 1985).

$$\text{Hasar indeksi} = \frac{\text{Kontrol} - \text{Kuraklık}}{1 - \left(\frac{\text{Kontrol}}{100}\right)} \quad (3.3)$$

Daha sonra, her bir çeşit için toplam hasar indeksi hesaplanarak gösterilmiş (Çizelge 4.15) ve en az toplam hasar indeksi olan çeşit, morfolojik özellikler kapsamında kuraklığa karşı daha yüksek toleranslı kabul edilmiştir. En yüksek toplam hasar indeksi olan çeşit, kuraklığa daha duyarlı olarak kabul edilmiştir.

3.2.2 Fizyolojik Ölçümler

3.2.2.1 Membran Geçirgenliği

Membran geçirgenliği için her biri 1 cm² büyüklüğünde 3 yaprak diski alınmış ve cam tüpler içerisinde 3 kez saf sudan geçirilmiştir. Bu işlemin ardından 10 ml su eklenip kapalı viallerde 24 saat 25°C'de çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Hemen ardından

EC ölçülmüş (C1), aynı örnekler 20 dk 120°C’de otoklavda bekletildikten sonra 25°C’ye kadar soğumaları beklenmiş ve sonra yine EC ölçümü yapılmıştır (C2). Membran geçirgenliği aşağıdaki formülle belirlenmiştir (Lutts vd., 1996).

$$Mp (\%) = \frac{c_1}{c_2} \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.2.2 Stoma iletkenliği

Bitkilerden rastgele seçilen gelişmesini tamamlamış yaprakların orta kısmından yaprak porometresi cihazı (AP4, Delta-T Devices) ile ölçülmüştür ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Bu ölçümler her iki uygulama (kuraklık ve iyileşme) sonunda da öğlen 12:00-14:00 saatleri arasında yapılmıştır (Klepper, 1968).

3.2.2.3 Yaprak nispi su içeriği

Her iki dönem sonunda, bitkilerden alınan 5 yaprak diski tartılarak yaş ağırlığı (YA) belirlenmiş, sonra saf su dolu petri kaplarında hava almayacak şekilde bekletilmiş ve turgor durumundaki ağırlıkları (TA) alınmıştır. Sonra yaprak diskleri 80°C’de etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurumaya bırakıldıktan sonra kuru ağırlığı (KA) tartılmış ve aşağıdaki formüle göre nispi su içeriği hesaplanmıştır (Barrs ve Weatherley, 1962).

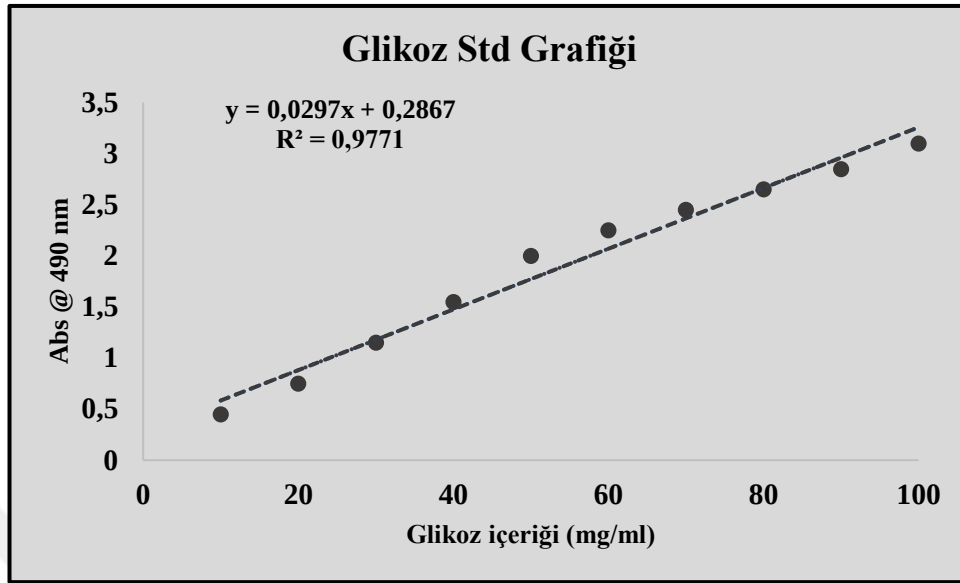
$$YNSİ (\%) = \left[\frac{YA - KA}{TA - KA} \right] \times 100 \quad (3.5)$$

3.2.3 Biyokimyasal Analizler

3.2.3.1 Toplam karbonhidrat içeriği

Toplam karbonhidrat Herbert vd. (1971) metoduna göre yapılmıştır. Öncelikle, 0.1 g kuru bitki numunesi bir test tüpüne yerleştirilmiştir. Ardından, tüpe 5 ml %2’lik NaOH çözeltisi eklenmiş ve bu karışım su banyosunda 100°C’de 30 dakika süreyle ısıtılmıştır. Bu işlem, hücre duvarlarının parçalanmasını ve çözünür karbonhidratların açığa çıkmasını sağlar. Isıtma işlemi tamamlandıktan sonra, tüp soğutulmuş ve nötralizasyon için yeterli miktarda HCl çözeltisi eklenmiştir. Karbonhidrat ekstraktındaki proteinleri uzaklaştırmak amacıyla, tüpe 5 ml %10’luk trikloroasetik asit (TCA) çözeltisi eklenmiş ve karışım santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üstte kalan çözelti, karbonhidrat analizi için kullanılmak üzere ayrılmıştır. Üstteki çözeltiye antron reaktifi eklenmiş ve çözeltinin rengi gelişmesi için su banyosunda 100°C’de 10 dakika ısıtılmıştır. Soğutulan çözelti, spektrofotometrede 490 nm’de okunarak toplam

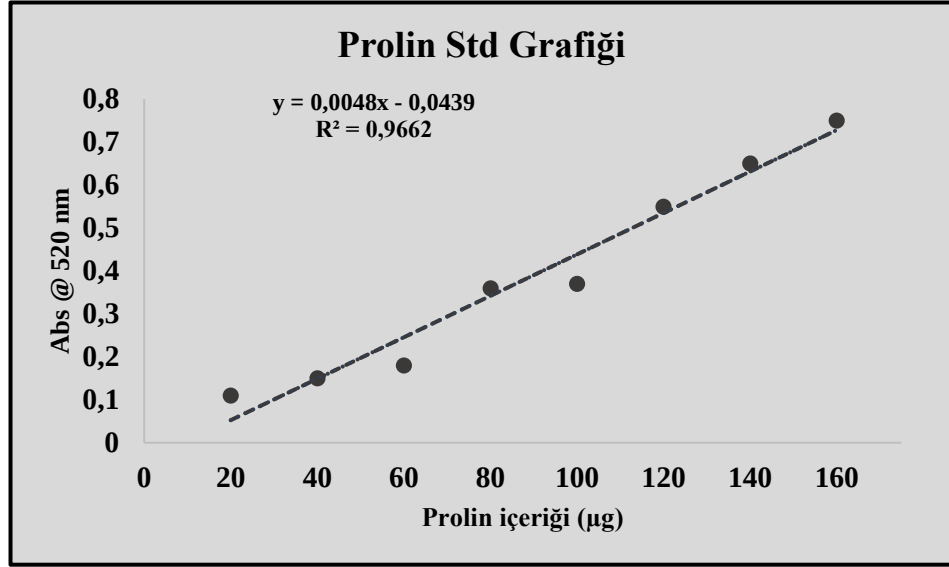
karbonhidrat miktarı belirlenmiş ve standart glikoz grafiği (Şekil 3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.2. Glikoz standart grafiği.

3.2.3.2 Prolin Miktarının Belirlenmesi

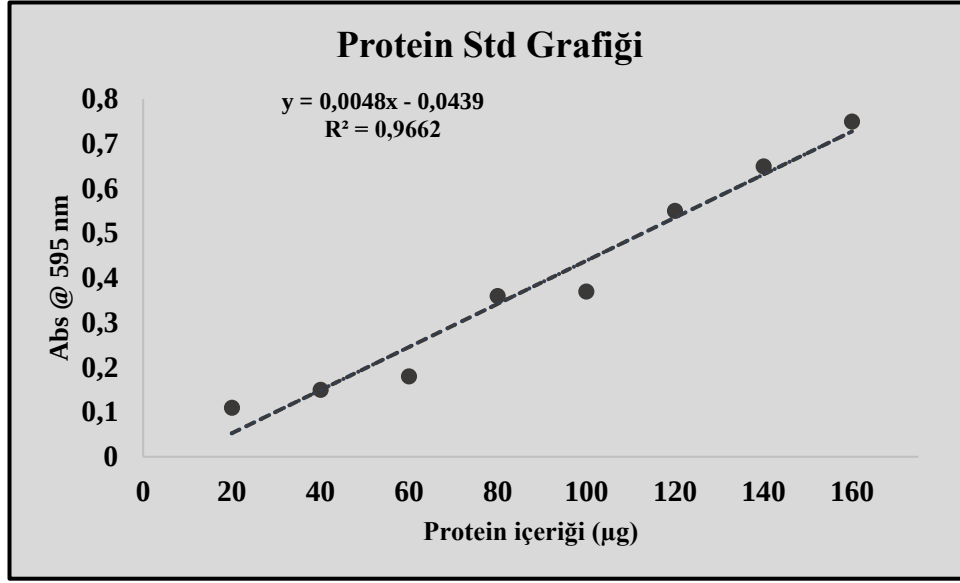
Yaprak dokularındaki prolin miktarı Bates vd. (1973)'nin metoduna göre belirlenmiştir. Yaprak örnekleri (0.5 gr) 10 ml %3'lük sülfosalisilik asit ile homojenize edilmiştir. Prolin analizi, asit-ninhidrin metoduna göre hazırlanmış ve örneklerin absorbansları spektrofotometrede 520 nm'de okunmuştur. Yaprak dokularındaki prolin miktarı $\mu\text{mol g T.A.}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Daha sonra 520 nm'de okunan değerler standart grafik üzerinden $\mu\text{g prolin/g taze yaprak}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Prolin standart grafiği.

3.2.3.3 Protein İçeriğinin Belirlenmesi

Bitkilerde protein tayini, alınan 0,5 g'lık yaprak örnekleri kullanılarak Bradford metoduna göre yapılmıştır (Bradford, 1976). Sonuçlar “mg protein/g” taze doku cinsinden hesap edilmiştir. Her bir uygulamaya ait 0.5 g bitki örnekleri küçük parçalara ayrılmış ve 10 misli hacimdeki 0.05 M fosfat tamponunda (pH: 6,5) havanda ezilerek homojenizasyon yapılmıştır. Homojenat, santrifüj tüplerine alınıp, 15.000 rpm’de 20 dk. boyunca santrifüj edilmiştir. Protein tayini için tüplerin üst kısmındaki sıvı faz (süpernatant) kullanılmıştır. Metot için gerekli standart grafik şu şekilde hazırlanmıştır; 1 ml’inde 1 mg protein içeren standart sıgır albumin çözeltisinden 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 µg protein içeren hacimler tüplere aktarılıp, saf su ile bütün tüplerin hacimleri 0.2 ml’ye tamamlanmıştır. Bu tüplere 3’er ml’de Bradford tampon çözeltisi ilave edilip vorteks ile karıştırılmıştır. Kör numune olarak 0,2 ml aynı tampondan ve 3 ml Bradford tampon çözeltisinden oluşan karışım kullanılmıştır. Yapılan spektrofotometrik ölçümler sonucunda, 595 nm’deki absorbans değerlerine karşılık gelen protein değerlerinden yararlanılarak standart grafik elde edilmiştir. Standart grafik hazırlama çalışmasında olduğu gibi, bitki organlarından elde edilen özütlerden 0,2 ml alınıp, 3 ml Bradford tampon çözeltisi ile karıştırılmış ve 595 nm’de absorbansları ölçülerek, standart grafikten yararlanılıp (Şekil 3.4), 0,2 ml özütteki protein miktarları belirlenmiştir. Daha sonra, gerekli hesaplamalar yapılarak protein miktarları µg protein/g doku olarak hesaplanmıştır (Bradford, 1976).



Şekil 3.4. Protein standart grafiği.

3.2.3.4 Malondialdehit Miktarının Belirlenmesi

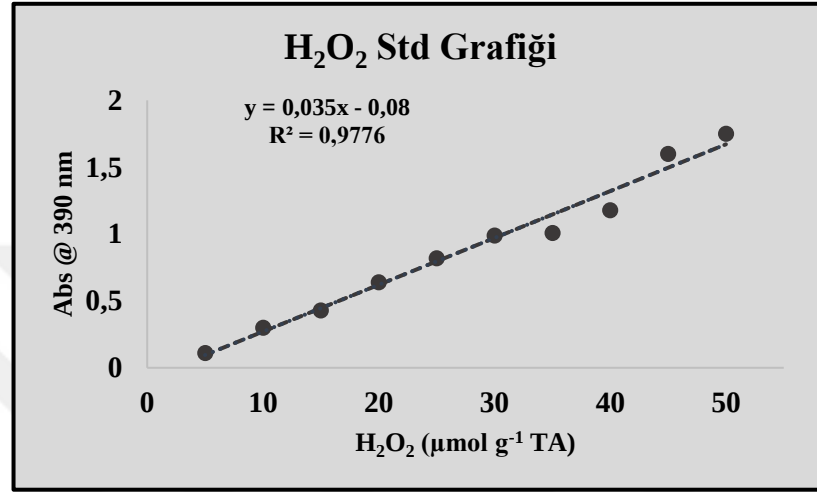
Yaprak dokularında membran hasarının son ürünü olan malondialdehit (MDA) miktarı Esterbauer ve Cheeseman (1990)'ın metoduna göre belirlenmiştir. Bitkilerden alınan 0,1 g yaprak örneği 4 ml %0.1 trikloroasetik asit (TCA) ile 4°C'de homojenize edilmiştir. Homojenat 10000 rpm'de 15 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatandan 0.5 ml cam tüpe aktararak üzerine 1 ml TCA-TBA-HCl ajanı ile 0,5 ml olan 0.1 M tris/HCl tamponundan (pH 7.6) eklenmiştir. Reaksiyon karışımı, 97°C'lik su banyosunda 45 dk reaksiyona sokulduktan sonra tekrar santrifüjlenip spektrofotometrede 532 ve 600 nm dalga boylarında absorbans değerleri okunmuştur. Yaprak dokularındaki MDA miktarı nmol g T.A.⁻¹ olarak belirlenmiştir.

$$MDA [nmol g TA^{-1}] = \left[\frac{(A_{532} - A_{600})}{155000} \right] \times 10^6$$

3.2.3.5 Hidrojen Peroksit Miktarının Belirlenmesi

Yaprak dokularında oksidatif stres sonucu oluşan ve bir aktif oksijen türü olan hidrojen peroksit (H₂O₂)'in miktarı Esterbauer ve Cheeseman (1990)'ın metoduna göre belirlenmiştir. Bitkilerden alınan 0,1 g yaprak örneği 4 ml %0.1 trikloroasetik asit (TCA) ile 4°C'de homojenize edilmiştir. Homojenat 10000 rpm'de 15 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatandan 0.5 ml cam tüpe aktararak üzerine 0.5 ml pH'sı 7.6

olan 0.1 M tris/HCl tamponu ve 1 ml 1 M KI eklenmiştir. Reaksiyon karışımı 90 dk karanlıkta bekletildikten sonra spektrofotometrede 390 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. H_2O_2 'nin konsantrasyonu standart grafikten hesaplanmıştır. Standart konsantrasyon grafiği (Şekil 3.5), mevcut protokolda bitki ekstraktı yerine hidrojen peroksitin 0-50 μmol konsantrasyonları kullanılarak oluşturulmuştur. Yaprak dokularındaki H_2O_2 $\mu\text{mol g T.A.}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.5. H_2O_2 standart grafiği

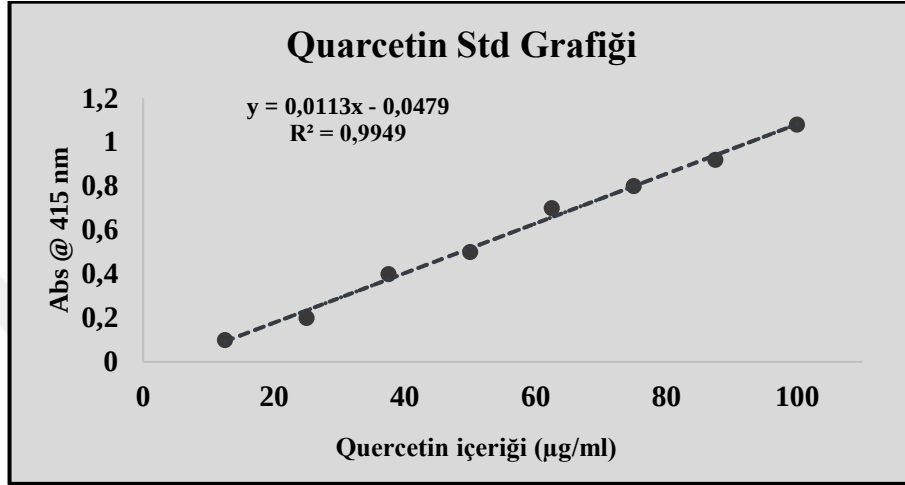
3.2.3.6 Yaprakların Klorofil ve Karotenoid İçeriklerinin Belirlenmesi

Kuraklık ve iyileşme grupları ile bunların kontrol gruplarındaki fidanların sürgünlerinin ilk 10 cm'lik kısmında bulunan yapraklardan alınmış örneklerde klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid içeriği belirlenmiştir. Örnekler, her gram yaprak için 50 ml %100 aseton ile homojenize edilerek filtre kağıdından geçirilmiştir (Arnon, 1949). Elde edilen süpernatant 652 nm'de toplam klorofil, 663 nm'de klorofil a, 645 nm'de klorofil b ve 470 nm'de karotenoid ölçümleri yapılmıştır.

3.2.3.7 Yapraklardaki Flavonoid Miktarının Belirlenmesi

Kuraklık ve iyileşme grupları ile bunların kontrol gruplarındaki bitkilerin yaprak dokularındaki flavonoid içeriği Woisky ve Salatino (1998)'a göre belirlenmiştir. Her bir uygulamaya ait 0.5 g yaprak örneği ile 10 ml %80 etanol havanda ezilerek homojenize edilmiştir. Daha sonra tüplerin üst kısmındaki sıvı fazdan 0.5 ml alınıp, 1.5 ml %95 etanol, 0.1 ml %10 alüminyum klorit, 0.1 ml 1M potasyum asetat ve 2.8 ml saf su ile karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 30 dakika inkübasyondan sonra,

reaksiyon karışımının absorbansı spektrofotometre ile 415 nm’de ölçülmüştür. Metot için gerekli standart grafik şu şekilde hazırlanmıştır; 1 ml’inde 1000 µg Quercetin içeren stok çözeltiden tüplere 12.5- 25-37.5- 50- 62.5- 75 ve 100 µl alınarak her tüpün üzeri saf su ile 1 ml’ye tamamlanmıştır ve daha önce belirtilen metot ile yapılmıştır (Şekil 3.6). Kör numune için özüt hariç tüm reaktifleri kullanılmıştır. Daha sonra standart grafikten yararlanılıp, gerekli hesaplamalar yapılarak toplam flavonoid miktarları Quercetin µg ml⁻¹ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.6. Quercetin standart grafiği

3.2.4. Antioksidan Enzim Aktivitesi Analizleri

3.2.4.1 Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesinin Belirlenmesi

Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) aktivitesi, Nitrobluetetrazolyum’un (NBT) fotokimyasal indirgenmesini esas alan yöntemle göre 560 nm’de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Beyer ve Fridovich, 1987). Bitkilerden alınan taze yapraklar (0.5 g) sıvı azotta özütlendikten sonra 1.5 ml’lik ekstraksiyon çözeltisi [100 mM K-PO₄ tamponu (pH 7.0), %2’lik PVP (polivinilpirolidon) ve 1mM Na₂ EDTA] ile homojenize edilmiştir. Bu karışım +4°C’de 14000 rpm’de 20 dakika santrifüjlendikten sonra süpernatant kısmından alınan örnek, 50 mM fosfat tamponu (pH 7.8), 9.9 mM LMetiyonin, 57µM NBT ve %1 Triton X-100 ile karıştırılarak ve reaksiyonu başlatmak için 10 µL riboflavin ilave edilmiş ve 560 nm dalga boyunda köre karşı okunmuştur. Toplam SOD aktivitesi ünite mg protein⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bir enzim ünitesinin aktivitesi, NBT redüksiyonunda %50’lik bir inhibisyon oluşturmak için gereken SOD miktarı olarak tanımlanmaktadır.

3.2.4.2 Peroksidaz (POD) Aktivitesinin Belirlenmesi

Peroksidaz (POD; EC 1.11.1.7) aktivitesi Bergmeyer vd. (1974)'ne göre belirlenmiştir. Reaksiyon karışımı 3 ml olup 100 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7.0), 20.1 mM guaiakol, 12.3 mM H₂O₂ ve enzim ekstraktı içermektedir. Reaksiyon enzim ekstraktının ilavesiyle başlatılmış ve 10 dakikalık süre içinde izlenmiştir. Toplam POD aktivitesi, guaiakol'ün ekstinksiyon katsayısı (26.6 mM.cm⁻¹, 470 nm) kullanılarak reaksiyon başlangıç hızından (nmol H₂O₂ dak⁻¹ .mg protein⁻¹) hesaplanmıştır.

3.2.4.3 Askorbat Peroksidaz (APX) Aktivitesinin Belirlenmesi

Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi Wang vd. (1991)'nin metoduna göre belirlenmiştir. Bitkilerden alınan taze yapraklar (0.5 g) sıvı azotta özütlendikten sonra 1.5 ml'lik süspansiyon çözeltisi [50 mM Tris-HCl (pH 7.2), %2 PVP, 1mM Na₂ EDTA ve 2mM askorbat] eklenmiştir. Bu karışım +4°C'de 12000 rpm'de 20 dakika santrifüjlenmiş ve 75 µg protein içeren enzime 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 6.6), 2.5 mM askorbat ve 10 mM H₂O₂ ile son hacim 1 ml olacak şekilde ilave edilmiştir. H₂O₂'nin eklenmesi ile reaksiyon başlatılmış ve askorbatın okside olması nedeniyle konsantrasyonunda görülen azalma spektrofotometrik olarak 290 nm dalga boyundaki absorbans değerlerinin enzim özütü içermeyen reaksiyon çözeltisine karşılık kaydedilmesiyle değerlendirilmiştir.

3.2.4.4 Glutasyon Redüktaz (GR) Aktivitesinin Belirlenmesi

Glutasyon redüktaz (GR) enzim aktivitesi Sgherri vd. (1994)'un metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bitkilerden alınan 0.5 g taze yaprak örneği sıvı azotta özütlendikten sonra 1.5 ml'lik süspansiyon çözeltisi [100 mM potasyum fosfat (pH 7.0), 1 mM Na₂ EDTA ve %2 PVP] eklenmiştir. Bu karışım 14000 rpm ve +4°C'de 20 dakika santrifüjlenmiştir. 100 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7.8), 0.2 mM Na₂ EDTA, 0.5 mM okside glutasyon (GSSG), 50 µM 0.2 mM NADPH ve 100 µg protein içeren enzim ekstraktı son hacim 1 ml olacak şekilde hazırlanmıştır. Reaksiyon, ortama NADPH'in eklenmesiyle başlatılmıştır. Örneklerin absorbansı spektrofotometrede 340 nm'de okunmuştur. NADPH'in enzimatik olmayan oksidasyonu için 340 nm dalga boyunda GSSG eklenmeyerek kaydedilen azalışla düzeltme yapılmıştır. Toplam GR enzim aktivitesi, NADPH'in ekstinksiyon katsayısı

(6.2 mM.cm⁻¹) kullanılarak enzimatik olmayan oksidasyon çıkarıldıktan sonra reaksiyonun başlangıç hızından (nmol NADPH. dak⁻¹.mg protein⁻¹) hesaplanmıştır.

3.2.4.5 Aldoz Redüktaz (ALR) aktivitesinin belirlenmesi

Aldoz redüktaz (ALR; EC 1.1.1.21) enzim aktivitesi Mundree vd. (2000)'nin modifiye metoduna göre yapılmıştır. Bitkilerden alınan taze yapraklara (0.5 g) eşit miktarda PVP eklenerek sıvı azotta özütlendikten sonra, dokuya oranı 1/20 olacak şekilde tampon çözeltisi [50 mM KH₂PO₄ (pH 7.5), 4 mM MgCl₂, 1 mM EDTA, %10'luk gliserol ve 5 mM DTT] eklenmiştir. Homojenat 10000 rpm'de +4°C'de 20 dakika santrifüjlenmiştir. Elde edilen süpernatant amonyum sülfat ile doyurulmuştur. Doyurma işleminin sonrasında homojenat tekrar santrifüjlenmiş ve amonyum sülfat ile tekrar doyurulmuştur. Çöktürülmüş olan proteinler ekstraksiyon tamponu ile çözdürülüp yeniden süspansiyon haline getirilmiş ve Sephadex-G25 kolonundan geçirilerek tuzlarından arındırılmıştır. 100 mM KH₂PO₄, 0.15 mM NADPH, 10 mM gliseraldehit ve 100 µg protein içeren enzim ekstraktı son hacim 1 ml olacak şekilde hazırlanmıştır. Reaksiyon, ortama gliseraldehit'in eklenmesiyle başlatılmış ve örneklerin absorbansı spektrofotometrik olarak 340 nm'de okunmuştur. Bir enzim ünitesinin aktivitesi, 1 dakikada 1 µmol NADPH'ın oksidasyonunu katalizleyen enzimin miktarını belirtmektedir. Toplam aldoz redüktaz aktivitesi, µmol NADPH dak⁻¹. mg protein⁻¹olarak hesaplanmıştır.

3.2.5 Verilerin Değerlendirilmesi ve Puanlama

Çeşitlerde kuraklık uygulaması sonucunda oluşan hasar ve yeniden sulama sonucunda gerçekleşen iyileşme düzeyleri yüzde değişim olarak hesaplanmıştır. Yüzde değişimlerin normal dağılım göstermemesi nedeniyle Templeton (2011) tarafından önerilen yöntem ile (fractional ranking) yüzde değişim verileri normalize edilmiş ve çeşitlerin her parametre için yüzde değişimleri kuraklık ve iyileşme dönemlerinde tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuştur. Yüzde değişimlerin karşılaştırılmasında Duncan testi kullanılmıştır.

Ayrıca, çeşitlerin kuraklık stresine toleranslarının ve iyileşme kabiliyetlerinin mukayese edilebilmesi amacıyla kuraklık stresi altında gösterdikleri hasar oranları ve yeniden sulama ile gösterdikleri iyileşme düzeyleri, parametrelerin kendi kontrol gruplarıyla karşılaştırılarak hesaplandıktan sonra, stresle azalan parametreler için (morfolojik özellikler, stoma iletkenliği, yaprak su içeriği, toplam klorofil miktarı,

protein içeriği) en yüksek yüzde artış değerine sahip çeşit en yüksek puanı (12), stres altında artışı olumsuz olan parametreler için ise (membran geçirgenliği, H₂O₂ ve MDA) en yüksek artış değerine sahip çeşit en düşük puan (1) verilmiştir. Stresle artışı olumlu olan parametreler için (SOD, POD, KAT, karotenoid, flavonoid, toplam karbonhidrat ve prolin içeriği) en yüksek değere sahip çeşit en yüksek puanı (12) ve en düşük değere sahip çeşit ise en düşük puanı (1) almıştır. Yeniden sulama sonrasında ise yukarıda bahsedilen parametrelere göre, en fazla iyileşme gösteren çeşit en yüksek puanı (12) almıştır. Bu puanlamaların sonucunda çeşitlerin aldığı toplam puanlar her iki dönem (kuraklık ve iyileşme) için de hesaplanmış ve sınıflandırılmıştır. Buna göre iki farklı dönemde en yüksek toplam puana sahip çeşit en yüksek kuraklık toleransına ve iyileşme kabiliyetine sahip olarak kabul edilirken, en yüksek toplam puana sahip olan çeşit ise kuraklığa en duyarlı ve iyileşme kabiliyeti en zayıf olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Morfolojik Özelliklere İlişkin Sonuçlar

4.1.1 Kuraklık ve iyileşme uygulamaların kayısı çeşitlerinin SUSTI (Sürgün Uzunluğu Stres Tolerans İndeksi) değerleri üzerine etkisi (%)

Uygulamaların kayısı çeşitlerinin SUSTI (Sürgün Uzunluğu Stres Tolerans İndeksi) değerleri üzerine etkisi (%) Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Kuraklık stresi ve iyileşme uygulamaları sonunda ilgili bitkilerden elde edilen verilerden hesaplanan SUSTI (%) değerleri arasındaki farklılıklar her iki dönemde de istatistiksel açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Sürgün uzunluğu stres tolerans indeks değeri stres uygulaması sonrasında, en düşük %64.20 ile Hacıhaliloğlu çeşidinde, en yüksek değer ise %81.90 ile Hasanbey çeşidinde ölçülmüştür. Stres uygulaması sonrası yeniden sulanan bitkilerde sürgün gelişiminin teşviğiyle, SUSTİ değerlerinde artışlar gözlenmiştir. Çeşitlerin, iyileşme uygulaması sonrası SUSTI değerleri incelendiğinde ise, en düşük yine Hacıhaliloğlu çeşidinde (%72.72), en yüksek ise Kabaası çeşidinde (%89.38) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Uygulamaların kayısı çeşitlerinin SUSTI (Sürgün Uzunluğu Stres Tolerans İndeksi) değerleri üzerine etkisi (%)

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol (cm)	Kuraklık (cm)	SUSTİ (%)	Kontrol (cm)	Kuraklık (cm)	SUSTİ (%)
Alkaya	51.34	35.96	70.05 bc	51.23	40.57	79.20 b
Çataloğlu	34.51	27.42	79.45 ab	48.52	41.65	85.85 ab
Çöğür	17.41	12.11	69.55 bc	24.48	20.41	83.37 ab
Çöloğlu	51.29	38.75	75.55 b	36.54	31.12	85.18 ab
Hacıhaliloğlu	37.12	23.83	64.20 c	41.41	30.11	72.72 c
Hasanbey	29.34	24.03	81.90 a	29.54	25.90	87.69 ab
Kabaası	41.54	33.29	80.14 a	36.45	32.58	89.38 a
Kadioğlu	41.31	29.22	70.73 bc	29.23	23.19	79.33 b
Soğancı	39.12	27.32	69.84 bc	23.11	18.19	78.70 b
Şalak	29.09	19.65	67.56 c	35.45	28.20	79.55 b
Şekerpare	35.01	25.12	71.76 bc	45.01	37.46	83.22 ab
Tokaloğlu	36.69	26.52	72.27 bc	30.19	24.60	81.50 ab
Ortalama	36.92	25.96	72.24	35.45	30.82	81.57

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.1.2 Kuraklık ve iyileşme uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaş ağırlık stres tolerans indeksi (YASTİ) ve kuru ağırlık stres tolerans indeksi (KASTİ) üzerine etkileri (%)

Kuraklık stresi ve iyileşme uygulaması sonunda, kontrol ve uygulama bitkilerinin yaş ve kuru ağırlıkları ve bu değerlerle hesaplanan YASTİ ve KASTİ değerleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Buna göre su stresi ile birlikte bitkilerin yaş ağırlıklarında önemli azalmalar gözlenmiştir. Kuraklık stresi uygulaması sonrası tüm çeşitlerin yaş ağırlıklarında meydana gelen azalışlar (%) istatistiksel olarak önemli olarak bulunmuştur ($p<0,05$). Bu dönemde en yüksek YASTİ (%) değeri Soğancı çeşidinden (%81) en düşük YASTİ değeri ise Hacıhaliloğlu (%65,44) çeşidinden elde edilmiştir. İyileşme uygulaması sonrasında ise sulama ile birlikte bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farkların azaldığı ve dolayısıyla da YASTİ (%) değerlerinin arttığı görülmektedir.

İlgili çizelgede KASTİ (%) değerleri incelendiğinde, uygulama ve kontrol bitkilerinin stres uygulaması sonrasındaki kuru bitki ağırlığı değerleri arasındaki farkların yüzde ifadelerinin istatistiksel olarak önemli olduğu söylenebilir ($p<0,05$). Stres uygulaması sonrası en düşük KASTİ değerleri Çataloğlu (%42,16), Çöloğlu (%46,93) ve Şekerpare (%47,52) çeşitlerinden, en yüksek değerler ise Çöğür (%72,44), Soğancı (%71,43) ve Alkaya (%60) çeşitlerinden elde edilmiştir. İyileşme uygulaması sonrasında ise en düşük KASTİ değeri %47,57 ile Hacıhaliloğlu çeşidinde gözlenmiştir.

Çizelge 4.2. Uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaş ağırlık stres tolerans indeksi (YASTİ) ve kuru ağırlık stres tolerans indeksi (KASTİ) üzerine etkileri (%)

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol (kg)	Kuraklık (kg)	YASTİ (%)	Kontrol (kg)	Kuraklık (kg)	YASTİ (%)
Alkaya	1.87	1.44	77.01 ab	2.24	1.88	83.94 b
Çataloğlu	1.24	0.91	73.39 bc	1.75	1.41	80.73 c
Çöğür	1.65	1.11	67.27 cd	1.92	1.43	89.06 a
Çöloğlu	2.41	1.77	73.44 bc	1.86	1.54	82.99 bc
Hacıhaliloğlu	1.36	0.89	65.44 d	1.35	0.96	71.33 e
Hasanbey	2.41	1.79	74.27 bc	2.51	2.01	80.22 c
Kabaaşı	1.41	1.11	78.72 ab	1.45	1.21	83.45 b
Kadioğlu	2.23	1.72	77.13 ab	2.27	1.91	84.07 b
Soğancı	2.21	1.79	81.01 a	2.28	1.98	86.67 b
Şalak	2.41	1.74	72.20 bc	2.21	1.69	76.53 d
Şekerpare	1.87	1.32	70.59 c	2.44	1.88	76.94 d
Tokaloğlu	2.21	1.67	75.57 b	2.04	1.65	80.86 c
Ortalama	1.94	1.44	73.84	2.03	1.63	81.40
Çeşitler	Kontrol (kg)	Kuraklık (kg)	KASTİ (%)	Kontrol (kg)	Kuraklık (kg)	KASTİ (%)
Alkaya	1.30	0.78	60.00 b	1.78	1.26	70.79 bc
Çataloğlu	1.02	0.43	42.16 e	1.21	0.81	66.94 c
Çöğür	0.98	0.71	72.44 a	1.04	0.91	87.50 a
Çöloğlu	1.79	0.84	46.93 de	1.66	1.22	73.49 b
Hacıhaliloğlu	0.85	0.42	49.41 d	1.03	0.49	47.57 d
Hasanbey	1.58	0.87	55.06 bc	1.75	1.22	69.71 bc
Kabaaşı	0.92	0.54	58.70 bc	1.21	0.81	66.94 c
Kadioğlu	1.64	0.84	51.22 cd	1.98	1.51	76.26 ab
Soğancı	1.47	1.05	71.43 a	1.90	1.49	78.42 ab
Şalak	1.39	0.68	48.92 d	1.90	1.54	81.05 ab
Şekerpare	1.41	0.67	47.52 d	1.23	0.81	65.85 c
Tokaloğlu	1.86	0.90	48.39 d	2.25	1.79	79.56 ab
Ortalama	1.35	0.73	54.35	1.58	1.16	72.01

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.1.3 Kuraklık ve iyileşme uygulamaların kayısı çeşitlerinin özgül yaprak ağırlığı üzerine etkileri (mg cm^{-2})

Kuraklık ve iyileşme uygulamaları sonunda çeşitlerin özgül yaprak ağırlığı değerleri (mg cm^{-2}) Çizelge 4.3’de verilmiştir. Buna göre kuraklık uygulaması sonunda tüm çeşitlerin özgül yaprak ağırlığı değerlerinde azalışlar görülmüş ve meydana gelen azalışlar istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Stres uygulaması ile birlikte, bitkilerin özgül yaprak ağırlığındaki azalışın en az olduğu çeşitler Tokaloğlu (% 6.53), Alkaya (%7.25) ve Şekerpare (%7.11) olurken, en fazla azalış görülen çeşitler ise Şalak (%18.76), Çöğür (%15.57) ve Soğancı (%14.10) olmuştur.

İyileşme uygulaması sonunda elde edilen veriler incelendiğinde, sulama sonrası bitkilerin özgül yaprak ağırlığı değerlerinin genel olarak kontrole yaklaştığı görülmektedir. Bu dönemde kontrol bitkilerinin özgül yaprak ağırlığı değerleri 32.18 ile 51.3 mg cm^{-2} değerleri arasında değişim gösterirken, uygulama bitkilerinde ise bu aralık 20.70 – 41.25 cm^{-2} şeklindedir. İyileşme uygulaması sonrası, kontrol bitkilerine göre özgül yaprak ağırlığı değerleri arasındaki fark en az olan çeşitler Hasanbey (%3.57), Hacıhaliloğlu (%12.14) ve Çöğür (%18.17) bitkileri iken, farkın en yüksek olduğu çeşitler Şekerpare (%52.18), Şalak (%50.73) ve Kadioğlu (%48.79) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Uygulamaların kayısı çeşitlerinin özgül yaprak ağırlığı üzerine etkileri (mg cm⁻²)

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	47.01	43.60	-7.25 cd	44.99	25.93	-42.36 cd
Çataloğlu	45.75	41.33	-9.66 bcd	47.45	21.71	-54.25 g
Çöğür	52.41	44.25	-15.57 ab	50.41	41.25	-18.17 b
Çöloğlu	61.02	54.33	-10.96 b	51.33	26.38	-48.58 de
Hacıhaliloğlu	51.11	44.61	-12.72 b	43.16	37.92	-12.14 b
Hasanbey	40.83	37.81	-7.42 cd	40.64	39.19	-3.57 a
Kabaaşı	46.95	43.29	-7.80 cd	49.03	38.49	-21.50 bc
Kadıoğlu	38.49	33.88	-11.98 bc	44.11	22.59	-48.79 e
Soğancı	47.01	40.38	-14.10 ab	48.27	26.12	-45.89 d
Şalak	49.79	40.45	-18.76 a	46.51	22.91	-50.73 ef
Şekerpare	50.61	47.01	-7.11 cd	47.64	22.78	-52.18 ef
Tokaloğlu	61.84	57.8	-6.53 d	32.18	20.70	-35.67 c
Ortalama	49.40	44.06	-10.82	45.47	28.83	-36.15

4.1.4 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının kayısı çeşitlerinin yaprak alanı üzerine etkileri (cm²)

Farklı kayısı çeşitlerinin su stresi uygulaması ile iyileşme uygulaması sonrasında ilişkin yaprak alanı (cm²) değerleri Çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Stres uygulaması sonunda, çeşitlerin kontrol grubu bitkilerinin yaprak alanı değerleri 21.41 cm² (Çöğür) ile 39.34 cm² (Hasanbey) arasında, uygulama bitkilerinin aynı değerleri ise 18.42 cm² (Çöğür) ile 33.5 cm² (Hasanbey) arasında değişim göstermiştir. Stres uygulaması sonunda, kontrol bitkilerine göre yaprak alanında azalışın en az olduğu çeşitler Hasanbey (%12.17), Çöğür (%13.97) ve Kabaaşı (%14.06), en fazla olduğu çeşitler ise Hacıhaliloğlu (% 35.46), Çataloğlu (%26.08) ve Çöloğlu (%22.54) olarak belirlenmiştir. Bu dönemde çeşitleri temsil eden stres bitkilerinin, kontrol grubu bitkilere göre yaprak alanlarındaki yüzde azalış miktarları arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli (p<0,05) bulunmuştur.

İyileşme sonrası dönemde elde edilen veriler incelendiğinde, yeniden sulama uygulaması ile birlikte bitkilerin yaprak alan değerlerinde artışlar görülmektedir. Bu dönemde kontrol bitkileri ile uygulama bitkilerinin yaprak alan değerleri sırasıyla 23.21 – 39.79 cm² ve 21.21 – 39.83 cm² aralığında değişim göstermiştir. İyileşme

sonrasında, Kabaası ve Hasanbey çeşitlerinin uygulama bitkilerinin yaprak alanı değerleri kontrol bitkilerine göre artış gösterirken (%7.45 ve %3.67) diğer tüm çeşitlerde azalışlar görülmüştür. Azalışın en fazla olduğu çeşitler ise Hachaliloğlu (%33.31), Soğancı (%20.80) ve Alkaya (%14.53) olarak belirlenmiştir. İyileşme dönemi sonrasında, çeşitleri temsil eden stres bitkilerinin, kontrol grubu bitkilere göre yaprak alanlarındaki yüzde azalış miktarları arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaprak alanı üzerine etkileri (cm²)

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	32.20	26.04	-19.13 b-e	37.03	31.65	-14.53 ef
Çataloğlu	35.85	26.50	-26.08 ab	39.79	34.91	-12.26 de
Çöğür	21.41	18.42	-13.97 g	23.21	21.21	-8.62 cd
Çöloğlu	29.99	23.23	-22.54 bc	31.19	28.73	-7.89 c
Hacıhaliloğlu	30.86	19.85	-35.68 a	34.25	22.84	-33.31 g
Hasanbey	34.02	29.88	-12.17 g	38.42	39.83	3.67 a
Kabaası	36.28	31.18	-14.06 fg	31.00	33.31	7.45 a
Kadıoğlu	39.34	33.50	-14.84 efg	34.06	33.57	-1.44 ab
Soğancı	33.56	26.58	-20.80 bcd	36.58	28.97	-20.80 f
Şalak	36.78	31.20	-15.17 efg	39.12	35.86	-8.33 c
Şekerpare	38.66	32.21	-16.68 c-f	39.63	38.83	-2.02 b
Tokaloğlu	32.68	27.30	-16.46 d-g	37.26	33.53	-10.01 cd
Ortalama	33.47	27.16	-18.97	35.13	31.94	-9.01

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

Kuraklık stresi, bitkilerin sürgün gelişimini çeşitli şekillerde etkileyen bir faktördür. Bu stres faktörü altında, sürgün büyüme hızı azalır ve sürgünlerin boyları kısılır. Yeni sürgünlerin sayısı da genellikle azalır. Bunun temel nedeni, bitkinin su kaybını minimize etme ve mevcut su kaynaklarını koruma ihtiyacıdır (Farooq vd. 2009). Benzer şekilde, bu tez çalışmasında ölçümlenen parametrelerden biri olan SUSTI (Sürgün Uzunluğu Stres Tolerans İndeksi) kuraklık uygulaması ile birlikte tüm çeşitlerde azalış göstermiştir. Stres uygulamasının ardından ölçülen sürgün uzunluğu stres tolerans indeksi (SUSTI) değerleri, Hacıhaliloğlu çeşidinde en düşük %64.20 ve Hasanbey çeşidinde en yüksek %81.90 olarak belirlenmiştir. İyileşme uygulaması

sonrası SUSTI değerleri incelendiğinde ise, Hacıhaliloğlu eşidinde en dūşük (%72.72) ve Kabaaşı eşidinde en yūsek (%89.38) değerler tespit edilmiştir. Kuraklık şartlarında kayısı çeşitlerinin tolerans durumlarını belirlemek amacıyla yapılan sūrgūn uzunluğu stres tolerans indeksi hesaplamalarında çeşitler arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Tolerans indeksi değerinin yūsek olması toleransın fazla olmasını, dūşük olması ise strese toleransın azalmasını gōstermektedir. Kuraklık uygulaması sonundaki SUSTI değerleri en yūsekten en dūşūęe doğru sırasıyla Hasanbey, Kabaaşı, ataloęlu, ōloęlu, Tokaloęlu, Şekerpare, Kadioęlu, Alkaya, Soğancı, ōęūr, Şalak ve Hacıhaliloğlu olarak bulunmuştur. İyileşme uygulaması sonunda ise yeniden sulama uygulaması ile birlikte SUSTI değerlerinde artışlar gözlenmiştir. Kuraklık stresine bağlı olarak sūrgūn gelişiminin azalması önceki birçok çalışmada bildirilmiştir. Kayısıda (Ölmez, 2004) ve antep fıstığı ōęūrlerinde (Aljemaa, 2020) kuraklık stresinin sūrgūn gelişimini azalttığı belirlenmiştir. Badem anaalarında (Parvaneh ve Afshari, 2013), incirde (Rostami ve Rahemi, 2013), şeftalide (Rahmati vd., 2015), erikte (Bolat vd., 2016) ve zeytinde (Fouad vd., 2014) benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bir başka çalışmada, Yadolahi vd. (2009) kuraklık stresinin badem çeşitlerinde sūrgūn büyümesini azalttığını belirlemiştir. Kuraklık stresi altındaki bitkilerde, sūrgūn gelişimindeki azalmaların, suyun dokulardan kaybolması sonucu hücre bölünmesi ve genişlemesinin azalmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Azza vd., 2010). Ayrıca, farklı araştırıcılar bu durumun sebebinin, sitokin transferinin bozulması ve besin kullanılabilirliğinin değişmesi gibi faktōrlere bağlı olabileceği belirtilmiştir (Ruiz-Sánchez vd. 2000).

Yař ağırlık stres tolerans indeksi ve kuru ağırlık stres tolerans indeksi, bitkilerin stres altındaki performansını değerlendirmek için kullanılan önemli ölçūtlerdir. Yař ağırlık stres tolerans indeksi, bitkinin stres koşullarında gerçekleştirebildiği büyüme miktarını, normal koşullardaki büyüme miktarı ile karşılaştırılarak belirlenebilir. Bu indeks, genellikle bitkinin stres altındaki büyüme performansını ölçmek ve farklı bitki tür ve eşitleri arasındaki stres toleransını karşılaştırmak için kullanılır. Kuru ağırlık stres tolerans indeksi ise bitkinin stres koşullarında yaşadığı kuru ağırlık kaybını, normal koşullardaki kuru ağırlık miktarına oranlanması ile elde edilir. Bu indeks ise, bitkinin stres altındaki büyüme kaybını ölçmek ve bitkinin su kaybına olan duyarlılığını belirlemek için kullanılır. Her iki indeks de bitkinin stres altındaki performansını değerlendirmede önemli birer araç olarak kullanılır (Galmes vd. 2005).

Bu tez çalışmasından elde edilen verilere göre, YASTI ve KASTI değerlerinin tüm çeşitlerde stres uygulaması ile azaldığı ve yeniden sulama ile birlikte ise arttığı belirlenmiştir. Stres uygulaması sonunda YASTI değerleri, büyükten küçüğe Kabaası (%81.01), Hacıhaliloğlu (%78.72), Alkaya (%77.01), Hasanbey (%77.13), Soğancı (%75.57), Tokaloğlu (%74.27), Çataloğlu (%73.39), Çöloğlu (%73.44), Şekerpare (%72.20), Kadioğlu (%70.59), Şalak (%67.27) ve Çöğür (%65.44) şeklinde sıralanırken, aynı dönemde KASTI değerleri Kabaası (%72.44), Hacıhaliloğlu (%71.43), Alkaya (%60.00), Tokaloğlu (%58.70), Çataloğlu (%55.06), Hasanbey (%51.22), Şekerpare (%48.92), Şalak (%48.39), Çöloğlu (%47.52), Soğancı (%46.93), Çöğür (%42.16) ve Kadioğlu (%49.41) şeklinde belirlenmiştir. Adeoye vd. (2020), bazı üzüm çeşitlerinin bu indeksler aracılığıyla toleransını değerlendirmiş ve kuraklık altında belirgin düşüşler gözlemlemişlerdir. Bulgularımız yukarıda ki arşatımacıların bulguları ile paralel bir şekilde kuraklık stresi altındaki bitkilerde YASTI ve KASTI değerlerinin çeşitli düzeylerde azaldığını göstermektedir.

Özgün yaprak ağırlığı, bitkinin stres altında nasıl tepki verdiğini değerlendirmede önemli bir parametredir. Kuraklık stresi altında, bitkilerin yaprak ağırlıklarında genellikle azalmalar yaşanır. Bu durumda, özgün yaprak ağırlığı azalır çünkü bitki, bünyesinde bulunan mevcut suyu tutmak için yapraklarının su kapsamını azaltma yoluna gider ve su miktarı azalır. Guerfel vd. (2009), zeytin ağaçlarının kuraklık stresine maruz kaldığında özgün yaprak ağırlığının nasıl değiştiğini incelemişler ve kuraklık stresi altında bu değerde azalmalar bildirmişlerdir. Garnier ve Benger (1986) ise şeftali ağaçlarında özgün yaprak ağırlığının gençlik dönemindeki su durumunu göstermede bir gösterge olarak kullanılmasını önermişlerdir. Bu çalışmalarda, kuraklık stresi ile yaprak özgün ağırlığının azaldığı rapor edilmiştir. Buna karşın, su stresi badem (Zokaee-Khosroshahi vd., 2014), şeftali (Dichio vd., 2007), incir (Rostami ve Rahemi, 2013) ve farklı beş farklı türde (Rao vd., 2008) özgün yaprak ağırlığında artışa neden olmuştur. Bu çalışmadan elde edilen veriler incelendiğinde, stres uygulaması ile tüm çeşitlerin özgün yaprak ağırlığı değerlerinin azaldığı görülmektedir. Kuraklık uygulaması sonrası özgün yaprak ağırlığındaki en yüksek ve en düşük değişim değeri sırasıyla Çöğür (%-15.57) ve Hasanbey'den (%-7.42) elde edilmiştir. İyileşme sonrası özgün yaprak ağırlığındaki en yüksek ve en düşük değişim değeri ise sırasıyla Şekerpare (%-52.18) ve Hasanbey çeşidinde (%-3.57) gözlemlenmiştir.

Yaprak alanı, bitkilerin fotosentez kapasitesi ve su kaybını kontrol etme gibi önemli fizyolojik süreçlerde kritik bir rol oynar. Kuraklık stresi altında, bitkiler genellikle yaprak alanını azaltarak su kaybını minimize etmeye çalışırlar. Bu süreç, yaprakların büzülmesi, kapanması veya dökülmesi şeklinde gerçekleşebilir. Özellikle, stomalar, su kaybını azaltmak için kapanır ve bu da fotosentezin sekteye uğramasına neden olur (Bai vd. 2009). Kuraklık stresi sonunda yaprak alan değerleri azalışı en düşük olan çeşitler Hasanbey (%12.17), Çöğür (%13.97) ve Kabaaşı (%14.06) olmuştur. En yüksek azalış oranları ise Hacıhaliloğlu (%35.68), Çataloğlu (%26.08) ve Çöloğlu (%22.54) çeşitlerinde gözlenmiştir. İyileşme uygulaması sonunda ise Kabaaşı (%7.45) ve Hasanbey (%3.67) çeşitlerinin uygulama bitkilerinin yaprak alanları kontrole göre yüksek olarak gözlenirken, diğer tüm çeşitlerde düşük olarak bulunmuştur. Bu dönemde kontrole göre en fazla farkın gözlendiği çeşitler Hacıhaliloğlu (%33.31), Soğancı (%20.8) ve Alkaya (%14.53) olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar kuraklık stresinin yaprak alanını azalttığını gösteren birçok çalışma ile uyumludur. Bademde (Egea vd., 2013; Zokaee-Khosroshahi vd., 2014) kirazda (Kırnak ve Demirtaş, 2002) ve bazı antep fıstığı çeşitlerinde (Abbaspour vd., 2011; Esmaeilpour vd., 2015; Khoyerdi vd., 2016) kuraklık stresinin yaprak alanını azalttığı gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmalar, iyi sulanan bitkilere kıyasla kuraklık stresi altındaki yaprakların daha küçük boyutta olgunluğa eriştiğini bildirmektedir (Schurr vd., 2000). Kuraklık, turgor kaybı ve yaprak sayısındaki azalma nedeniyle yaprak alanını azaltmaktadır (Farooq vd., 2009). Ayrıca, yaprak alanındaki azalmanın, mitozun ve hücrel genişlemenin azalmasıyla sonuçlanabileceği öne sürülmektedir (Hussain vd., 2008). Öte yandan, küçük yaprakların üretilmesi, terleme ve su kaybını sınırlamanın yanı sıra ışık enerjisinin zararını önlemede önemli bir uyum mekanizması olarak kabul edilmektedir (Wang ve Yamauchi, 2016; Toscano vd., 2019). Bu, fotosenteze zarar veren ışık enerjisini engellemenin ve bitkiyi korumanın bir yoludur (Flexas vd., 2006; Toscano vd., 2019).

4.1.5 Morfolojik Özelliklere İlişkin Hasar İndeksi

Kuraklık stresi sonrası, her bir çeşit için kontrol ve uygulama bitkilerinden elde edilen verilerle daha önce belirtilen formüle göre hesaplanan hasar indeksi değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Buna göre en yüksek toplam puana sahip olan çeşitler Çöloğlu (54.18), Hacıhaliloğlu (51.26) ve Alkaya (48.20) olarak bulunmuş ve bu çeşitler morfolojik özellikler kapsamında kuraklığa karşı daha duyarlı olarak

belirlenmiştir. En düşük toplam puana sahip çeşitler ise Hasanbey (20.26), Çöğür (28.07) ve Kabaası (29.70) olarak hesaplanmış ve bunlar da morfolojik özellikler kapsamında kuraklığa karşı daha toleranslı olarak bulunmuştur. Toplam hasar indeksine göre toleranttan duyarlıya göre çeşitlerin sıralaması Hasanbey, Çöğür, Kabaası, Şekerpare, Çataloğlu, Tokaloğlu, Kadioğlu, Şalak, Soğancı, Alkaya, Hacıhaliloğlu ve Çöloğlu şeklinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Kuraklık stresi sonrası ölçülen morfolojik parametre değerleriyle hesaplanan hasar indeksi

Çeşitler	Sürgün Uzunluğu	Yaprak Alanı	Özgün Yaprak Ağırlığı	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Toplam
Alkaya	31.61	9.09	6.44	0.55	0.53	48.20
Çataloğlu	10.83	14.58	8.15	0.33	0.60	34.47
Çöğür	6.42	3.81	17.15	0.44	0.27	28.07
Çöloğlu	25.74	9.66	17.16	0.66	0.97	54.18
Hacıhaliloğlu	21.14	15.92	13.30	0.48	0.43	51.26
Hasanbey	7.52	6.28	5.12	0.64	0.72	20.26
Kabaası	14.11	8.00	6.90	0.30	0.38	29.70
Kadioğlu	20.60	9.63	7.50	0.52	0.81	39.05
Soğancı	19.38	10.51	12.51	0.43	0.43	43.25
Şalak	13.31	8.83	18.60	0.69	0.72	42.14
Şekerpare	15.22	10.52	7.29	0.56	0.75	34.33
Tokaloğlu	16.06	7.99	10.59	0.55	0.98	36.17

4.1.6 Morfolojik Özelliklere İlişkin Puanlama

Kuraklık stresi sonrası dönemde morfolojik parametreler kapsamında kontrol bitkilerine göre en az azalış gösteren çeşide en yüksek puan (12) ve iyileşme uygulaması sonrasında da kontrole en yakın değerleri veren çeşitlere en yüksek (12) puan verilmiştir. Bu yöntemle hazırlanan tablo Çizelge 4.6'da verilmiştir. Tabloya göre kuraklık stresi döneminde en yüksek puanı alan çeşitler Kabaası (49), Hasanbey (48), Tokaloğlu (39) ve Alkaya (39) olarak bulunurken, en düşük değeri alanlar ise Hacıhaliloğlu (13), Şalak (20) ve Çataloğlu (25) şeklinde belirlenmiştir. Puanlamaya

göre çeşitlerin morfolojik özellikler kapsamında kuraklığa karşı gösterdiği tepkilere göre duyarlıdan toleranta doğru sıralanışı, Hacıhaliloğlu, Şalak, Çataloğlu, Çöloğlu, Çöğür, Şekerpare, Soğancı, Kadioğlu, Alkaya, Tokaloğlu, Hasanbey ve Kabaası şeklindedir. İyileşme sonrası dönemde sulama ile birlikte morfolojik özellikler kapsamında kontrole en çok yaklaşan, bir başka deyişle en çok puan alan çeşitler Çöğür (48), Kabaası (45) ve Hasanbey (43) olmuştur. Bu dönemde puanlamaya göre çeşitlerin iyileşme kabiliyetlerine göre sıralaması Çöğür, Kabaası, Hasanbey, Çöloğlu, Kadioğlu, Tokaloğlu, Soğancı, Alkaya, Şalak, Çataloğlu, Şekerpare ve Hacıhaliloğlu şeklinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.6. Kuraklık stresi ve iyileşme uygulaması sonrası ölçülen morfolojik parametrelere değerleriyle elde edilen puanlama

STRES SONRASI						
Çeşitler	SUSTI	YASTI	KASTI	ÖYA	YA	TOPLAM
Alkaya	5	9	10	10	5	39
Çataloğlu	10	5	1	7	2	25
Çöğür	3	2	12	2	11	30
Çöloğlu	9	6	2	6	3	26
Hacıhaliloğlu	1	1	6	4	1	13
Hasanbey	12	7	8	9	12	48
Kabaası	11	11	9	8	10	49
Kadioğlu	6	10	7	5	9	37
Soğancı	4	12	11	3	4	34
Şalak	2	4	5	1	8	20
Şekerpare	7	3	3	11	6	30
Tokaloğlu	8	8	4	12	7	39
İYİLEŞME SONRASI						
Alkaya	3	9	6	7	3	28
Çataloğlu	10	5	3	1	4	23
Çöğür	8	12	12	10	6	48
Çöloğlu	9	7	7	5	8	36
Hacıhaliloğlu	1	1	1	11	1	15
Hasanbey	11	4	5	12	11	43
Kabaası	12	8	4	9	12	45
Kadioğlu	4	10	8	4	10	36
Soğancı	2	11	9	6	2	30
Şalak	5	2	11	3	7	28
Şekerpare	7	3	2	2	9	23
Tokaloğlu	6	6	10	8	5	35

4.2 Fizyolojik Ölçümlere İlişkin Sonuçlar

4.2.1 Kuraklık ve iyileşme uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaprak su potansiyeli değerleri üzerine etkisi (bar)

Yaprak su potansiyeli üzerine kuraklık stresi ve yeniden sulamanın (iyileşme) etkileri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Tüm çeşitlerde kuraklık stresi ile birlikte yaprak su potansiyeli değerlerinde azalışlar gözlenmiştir. Bu dönemde çeşitlere ait kuraklık stresine tabi tutulan bitkilerin kontrole göre yüzde değişimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Stres uygulaması sonrası kuraklık grubu bitkilerinde en yüksek basınç değerleri 38.17, 38.13 ve 38.10 bar ile sırasıyla Kadioğlu, Şekerpare ve Şalak çeşitlerinden elde edilmiştir. En düşük basınç değerleri ise Çataloğlu (33.50), Kabaaşı (34.20) ve Hasanbey (34.83) çeşitlerinde ölçülmüştür. İyileşme uygulaması sonunda elde edilen değerler incelendiğinde ise, genel olarak tüm çeşitlerin yaprak su potansiyeli değerleri, sulama ile birlikte artış göstermiştir. Bu dönemde en yüksek basınç (bar) değeri 33.43 ile Hacıhaliloğlu çeşidinde, en düşük değer ise 28.40 (bar) ile Kabaaşı çeşidinden elde edilmiştir. Bu dönemde de uygulama bitkileri ile kontrol bitkileri arasındaki farkların yüzdesi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.7 Uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaprak su potansiyeli üzerine etkileri (bar)

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	28.03	37.89	35.18 a	27.73	30.84	11.22 bc
Çataloğlu	26.87	33.50	24.67 bc	27.57	28.87	4.72 f
Çöğür	22.47	31.41	39.79 a	24.47	27.41	12.01 b
Çöloğlu	27.13	37.80	39.33 a	27.67	29.43	6.36 def
Hacıhaliloğlu	26.53	37.43	41.09 a	26.93	33.43	24.14 a
Hasanbey	28.50	34.83	22.21 c	27.48	30.40	10.63 bc
Kabaaşı	26.13	34.20	30.88 abc	26.97	28.40	5.30 ef
Kadioğlu	28.10	38.17	35.84 a	28.00	30.53	9.04 bcd
Soğancı	27.80	37.53	35.00 ab	27.67	29.73	7.44 cde
Şalak	27.83	38.13	37.01 a	27.27	30.10	10.38 bc
Şekerpare	28.47	38.10	33.83 ab	28.67	30.80	7.43 cde
Tokaloğlu	27.53	37.79	37.27 a	26.83	30.47	13.57 b
Ortalama	27.12	36.40	34.34	27.27	30.03	10.19

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.2.2 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının kayısı çeşitlerinin stoma iletkenliği değerleri üzerine etkisi ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Kuraklık ve iyileşme uygulamaları sonrası kayısı çeşitlerinin stoma iletkenliği değerleri Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Kontrol ve uygulama bitkilerine ait stres ve iyileşme sonrası çeşitlerin stoma iletkenlik değerleri arasında belirgin farklılıklar görülmektedir. Her iki dönemde de tüm çeşitlerde, kontrol ve uygulama bitkileri arasındaki stoma iletkenliği değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Stres uygulaması sonrası, en düşük stoma iletkenliği değeri $6,28 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ile Hacıhaliloğlu çeşidinde, aynı dönemde en yüksek değer ise $16,12 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ile Kabaası çeşidinde ölçülmüştür. Stres uygulaması sonrasında yapılan ölçümlerde, en fazla azalışın belirlendiği çeşit Hacıhaliloğlu olurken (%92,72), bunu Tokaloğlu (%89,33) ve Kadioğlu (%88,78) takip etmiştir. Azalışın en az olduğu çeşitler ise Kabaası (%74,12), Çataloğlu (%81,12) ve Şekerpare (%81,65) olarak belirlenmiştir.

Stres uygulaması sonunda bitkiler yeniden sulandıktan ve iyileşme başladıktan sonra uygulama bitkilerinde yapılan stoma iletkenliği ölçümleri incelendiğinde en düşük değer $34,05 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ile yine Hacıhaliloğlu çeşidinden elde edildiği görülmektedir. Aynı dönemde en yüksek stoma iletkenliği değeri ise Kabaası çeşidinden elde edilmiştir (80,33). Yeniden sulama sonunda, tüm çeşitlerde stres uygulaması sonrasına göre stoma iletkenliğinde artışlar meydana gelmiştir. Bu dönemde kontrol bitkilerinin değerlerine en çok yaklaşan çeşitler Kabaası (%7.37), Şalak (%15.61) ve Çataloğlu (%17) olurken, en fazla farkın bulunduğu çeşitler ise Hacıhaliloğlu (%55.97), Alkaya (%43.80) ve Çöloğlu (%35) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.8 Uygulamaların kayısı çeşitlerinin stoma iletkenliği değerleri üzerine etkisi ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	87.56	9.85	-88.75 ö.d	81.15	45.61	-43.80 fg
Çataloğlu	77.51	14.59	-81.18	88.08	73.11	-17.00 b
Çöğür	44.11	11.11	-74.81	38.44	26.21	-31.82 def
Çöloğlu	76.23	9.89	-87.03	65.00	42.25	-35.00 def
Hacıhaliloğlu	86.30	6.28	-92.72	77.33	34.05	-55.97 g
Hasanbey	103.6	16.03	-84.53	73.39	61.65	-16.00 b
Kabaaşı	62.29	16.12	-74.12	86.72	80.33	-7.37 a
Kadıoğlu	121.6	13.65	-88.77	76.71	47.46	-38.13 ef
Soğancı	84.27	14.66	-82.60	75.05	56.94	-24.13 bcd
Şalak	101.5	15.03	-85.19	71.99	60.75	-15.61 b
Şekerpare	77.75	14.26	-81.66	54.81	40.13	-26.78 cde
Tokaloğlu	92.40	9.85	-89.34	70.64	56.80	-19.59 bc
Ortalama	84.59	12.61	-84.23	71.61	52.11	-27.60

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.2.3 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının kayısı çeşitlerinin yaprak nispi su içeriği (YNSİ) değerleri üzerine etkisi (%)

Yaprak su potansiyeli üzerine kuraklık stresi ve yeniden sulamanın (iyileşme) etkileri Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Tüm çeşitlerde kuraklık stresi ile birlikte yaprak nispi su içeriği değerlerinde azalışlar gözlenmiştir. Bu dönemde uygulama bitkilerinde kontrol bitkilerine göre yüzde artışlar arasındaki farklar tüm çeşitlerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Stres uygulaması sonrası kuraklık grubu bitkilerinde en yüksek yaprak nispi su içeriği değerleri %68.97, %67.37 ve %66.25 ile sırasıyla Kabaaşı, Çataloğlu ve Hasanbey çeşitlerinden elde edilmiştir. En düşük yaprak nispi su içeriği değerleri ise Çöloğlu (%61.33), Kadıoğlu (% 61.42) ve Hacıhaliloğlu (%61.75) çeşitlerinde ölçülmüştür.

İyileşme uygulaması sonunda elde edilen değerler incelendiğinde ise, genel olarak tüm çeşitlerin yaprak nispi su içeriği değerleri, sulama ile birlikte artış göstermiştir. Bu dönemde en yüksek değer %79,90 ile Kabaaşı çeşidinde, en düşük değer ise %73,89 ile Hacıhaliloğlu çeşidinden elde edilmiştir. Bu dönemde de

uygulama bitkileri ile kontrol bitkileri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.9 Uygulamaların kayısı çeşitlerinin yaprak nispi su içeriği (YNSİ) üzerine etkisi (%)

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontr ol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	79.92	61.82	-22.65 cd	81.82	77.83	-4.79 bcd
Çataloğlu	77.46	67.37	-13.03 a	81.31	77.49	-4.83 bcd
Çöğür	76.56	45.41	-40.69 e	74.41	68.88	-7.43 def
Çöloğlu	79.88	61.33	-23.22 cd	79.91	75.08	-6.04 cde
Hacıhaliloğlu	81.25	61.75	-24.00 d	81.81	73.89	-9.68 f
Hasanbey	78.74	66.25	-15.86 ab	79.16	77.36	-2.27 a
Kabaaşı	83.8	68.97	-17.70 bc	82.88	79.90	-3.60 ab
Kadioğlu	75.91	61.42	-19.09 bcd	79.01	75.22	-4.80 bcd
Soğancı	79.13	63.23	-20.09 bcd	79.80	73.97	-7.31 c-f
Şalak	78.95	62.44	-20.91 cd	80.67	73.90	-8.39 ef
Şekerpare	76.56	60.83	-20.55 bcd	80.71	76.84	-4.79 bc
Tokaloğlu	79.51	62.06	-21.95 cd	78.21	74.46	-4.79 bc
Ortalama	78.97	61.91	-21.65	79.98	75.40	-5.73

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.2.4 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının kayısı çeşitlerinin membran geçirgenliği üzerine etkileri (%)

Uygulamaların kayısı çeşitlerinin membran geçirgenliği üzerine etkilerinin yüzde değerleri Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Kuraklık stresi ile birlikte, uygulama bitkilerinin membran geçirgenliği değerlerinde artışlar gözlenmiştir. Bu dönemde uygulama bitkilerinde en yüksek membran geçirgenliği değerleri Hacıhaliloğlu (%33,21), Tokaloğlu (%32,41) ve Soğancı (%32,31) çeşitlerinde ölçülmüştür. Aynı dönemde en düşük değerler ise %28,64 ile Kabaaşı, %29,48 ile Hasanbey ve %30,41 ile Çöloğlu çeşitlerinden elde edilmiştir. Uygulama bitkilerinde, kontrol bitkilerine göre yüzde artışlar arasındaki farklılıklar istatistiksel anlamda ($p<0,05$) önemli bulunmuştur.

İyileşme uygulaması sonrası yapılan ölçümler incelendiğinde, tüm çeşitlerin yeniden sulama uygulaması ile birlikte membran geçirgenliği değerlerinde azalış gözlenmiştir. Bu dönemde ölçülen en yüksek değerler Tokaloğlu (%29,73), Soğancı (%29,64) ve Hacıhaliloğlu (%29,63) şeklindedir. Kontrole göre farkın en yüksek olduğu çeşitler ise Hacıhaliloğlu (%17.49), Soğancı (%16.65) ve Şekerpare (%13.42) olurken, en düşük fark Çataloğlu (%1.50), Çöğür (%3.37) ve Kabaası (%3.42) çeşitlerinde gözlenmiştir.

Çizelge 4.10. Uygulamaların kayısı çeşitlerinin membran geçirgenliği üzerine etkileri (%)

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	24.41	30.78	26.10 cd	25.53	28.24	10.61 cd
Çataloğlu	26.45	31.17	17.84 ef	26.64	27.04	1.50 g
Çöğür	28.41	35.34	24.39 de	30.25	31.27	3.37 f
Çöloğlu	23.42	30.41	29.85 bcd	24.62	27.90	13.32 bc
Hacıhaliloğlu	23.21	33.21	43.08 a	25.22	29.63	17.49 a
Hasanbey	21.41	29.48	37.69 ab	23.41	25.05	7.01 def
Kabaası	24.25	28.64	18.10 ef	25.41	26.28	3.42 ef
Kadıoğlu	22.78	31.43	37.97 a	24.41	28.83	18.11 a
Soğancı	24.48	32.31	31.99 a-d	25.41	29.64	16.65 ab
Şalak	26.89	31.20	16.03 f	26.55	28.62	7.80 de
Şekerpare	23.41	31.41	34.17 abc	25.41	28.82	13.42 bc
Tokaloğlu	26.54	32.41	22.12 de	27.54	29.73	7.95 d
Ortalama	24.64	31.48	28.28	25.87	28.42	10.05

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

Yaprak su potansiyeli, bitkilerin suyunu yapraklarda tutma yeteneğini ve su stresine karşı toleransını belirlemekte önemli bir parametredir. Yaprak su potansiyeli, bitkinin yapraklarındaki suyun buharlaşması ile oluşan su potansiyeli farkını ifade eder. Bu ölçüm, bitkinin su durumunu anlamak ve stres altında nasıl tepki verdiğini değerlendirmek için önemlidir. Örneğin, stres altında yaprak su potansiyeli düşer çünkü bitki su kaybını azaltmak için serbest suyun kullanılabilirliğini sınırlar ve bu durum yaprak su potansiyelinin düşmesine yol açar. Bu durumda YSP değeri (bar) suyun yaprakta daha az bulunmasından ve az miktardaki suyun yapraktan

uzaklaştırılması için daha fazla basınç gerekmesi nedeniyle artar (Ruiz-Sánchez vd. 2007). Stres ve iyileşme uygulamaları sonrası yaprak su potansiyeli (bar) değerleri incelendiğinde, çeşitler arasında belirgin farklılıklar olduğu anlaşılmaktadır. Stres uygulaması sonrası yaprak su potansiyelinin bar değerlerinin arttığı ve bu artışın miktarının çeşitler arasında değişken olduğu görülmektedir. Çöğürde stres uygulaması sonrası yaprak su potansiyelinin %39.79 arttığı gözlemlenirken, Hasanbey çeşidinde artış %22.21 olarak bulunmuştur. Stres uygulamasına maruz kalan çeşitler arasında önemli farklar olmasına rağmen, iyileşme sonrası yaprak su potansiyelinde (bar) azalışlar gözlemlenmiştir. Bu azalış, stresin etkilerinin iyileşme sürecinde hafiflediğini ve bitkilerin normal fizyolojik durumlarına yaklaştığını göstermektedir. Abbaspour vd. (2011), antepfıstığı çeşitlerinde yürüttükleri bir çalışmada, kuraklık stresinin YSP üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada, stres uygulaması sonrası YSP'nin azaldığı ve bu azalmanın çeşitler arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, Esmailpour vd. (2015) ve Khoyerdi vd. (2016) tarafından yapılan çalışmalarda da antepfıstığı çeşitlerinde YSP'nin kuraklık stresine yanıtı incelenmiş ve çeşitler arasında farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Bademde yapılan çalışmalarda da YSP'nin kuraklık stresine olan duyarlılığın belirlenmesinde önemli olduğu bulunmuştur. Egea vd. (2013), badem çeşitlerinde YSP'nin kuraklık stresine tepkisini incelemiş ve stres uygulaması sonrası YSP'nin azaldığını rapor etmiştir. Bir başka çalışmada, Zokaee-Khosroshahi vd. (2014) de badem çeşitlerinde YSP'nin kuraklık stresine olan duyarlılığını araştırmış ve çeşitler arasında farklı tepkiler olduğunu gözlemlemişlerdir. Kirazda yapılan bir çalışmada ise, Kırnak ve Demirtaş (2002) kiraz çeşitlerinde YSP'nin kuraklık stresine olan duyarlılığını incelemişlerdir. Bu çalışmada, stres uygulaması sonrası YSP'nin azaldığı ve çeşitler arasında farklılık olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresi altında, bitkilerde YSP'nin azalmasına neden olan birkaç mekanizma vardır. Birincisi, suyun yapraklardan hava ortamına difüzyonu nedeniyle yaprakların gaz formunda su kaybetmesi yani transpirasyon olayıdır. Kuraklık koşullarında bitkiler, su kaybını azaltmak için stomalarını kapatır, bu durum yapraklardan su kaybını önler ancak aynı zamanda gaz alışverişini de sınırlar. Stomaların kapanması fotosentez ve gaz değişimini etkiler, bu da bitkilerin su potansiyelini azaltır. İkinci olarak, köklerden su alımı azalabilir. Kuraklık stresi altında toprakta suyun azalması, bitkilerin köklerinden su almasını zorlaştırır. Bu da yapraklarda su potansiyelinin azalmasına neden olur. Üçüncü olarak, kuraklık stresinin bitki hücrelerinde suyun tutulmasını etkileyebileceği düşünülmektedir. Kuraklık stresi

altında bitkilerin hücrelerindeki osmotik denge bozulabilir, bu da hücrelerin suyu tutma yeteneğini azaltır ve sonuç olarak yapraklardaki YSP azalır. Sonuç olarak, YSP'nin azalması, bitkilerin su alımını ve suyun yapraklara taşınmasını etkiler (Kramer ve ark., 1995).

Stoma iletkenliği, bitkilerin stomalarının açılıp kapanma yeteneğini ifade eden bir terimdir ve bitkilerin su ve gaz değişimini doğrudan düzenlemesi açısından oldukça önemlidir. Kuraklık stresi altında, kuraklığın şiddeti ve süresine de bağlı olmakla birlikte, bitkiler stomalarını kapatır ve bu durum su kaybını azaltır. Ancak aynı zamanda karbondioksit alımını ve bu nedenle de fotosentezi de sekteye uğratır. Bu durum, bitkilerin büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkiler. Bu bağlamda, stomaların kapanarak suyun bitki bünyesinde verimli bir şekilde korunabilmesi, bitkilerin kuraklık stresine karşı dayanımını artırabilen kritik bir faktördür (Schulze, 1986). Çalışmada elde edilen veriler incelendiğinde, stres uygulaması ile birlikte stoma iletkenliği değerlerinin azaldığı görülmektedir. Çeşitlerin stres uygulaması sonrası ve iyileşme sonrası yaprak su potansiyeli değişim oranları incelendiğinde, çeşitler arasında önemli farklılıklar görülmektedir. Stres uygulaması sonrası yapılan ölçümlerde en yüksek azalış oranı Hacıhaliloğlu çeşidinde (%88.75) en düşük azalış oranı ise Kabaası çeşidinde (%74.12) gerçekleşmiştir. İyileşme sonrası en yüksek ve en düşük azalma oranları ise sırasıyla Kabaası (%7.37) ve Alkaya (%43.80) çeşitlerinde gözlenmiştir. İyileşme uygulaması ile stoma iletkenliği önemli oranda yükselmiş ve kontrol bitkilerinin seviyesine yaklaşmıştır. Rouhi vd., (2007) badem çeşitlerinde yaptıkları çalışmada, kuraklık stresinin net asimilasyon oranı, stoma iletkenliği ve hücre içi CO₂ konsantrasyonunu azalttığını bildirmişlerdir. Farklı araştırmacılar, farklı türlerde, örneğin; Habibi ve Hajiboland, (2013), farklı antepfıstığı anaçlarında, Rieger vd., (2003) kayısıda, Gomes vd., (2004) bademde, Romero vd., (2004) portakalda, Jiménez vd., (2013) şeftalide, Catola vd., (2016) narda ve Pouyafard vd., (2016) zeytinde stoma iletkenliğinin kuraklık stresi ile birlikte azaldığını tespit etmişlerdir.

Yaprak nispi su içeriği (YNSİ), bitkilerin su stresine karşı tepkilerini değerlendirmek için önemli bir gösterge olarak kabul edilir. YNSİ, yaprakların yaş (taze) ağırlığı ile turgor ağırlığı arasındaki ilişkiyi gösterir. Turgor ağırlığı, bitki hücrelerinin tam turgor durumunda, yani hücrelerin içine su dolu olduğu durumu temsil eder. Kuraklık stresi altında YNSİ azalır. Bu çalışmada da stres sonrası

dönemde kuraklık bitkilerinde tüm çeşitlerin YNSİ değerlerini zaltmıştır. Buna karşılık, iyileşme uygulaması ile YNSİ değerlerinde yükselme belirlenmiştir. Kuraklık sonrası dönemde YNSİ değerlerinde azalma miktarı en az olan çeşitler sırasıyla Çataloğlu (%13.03), Hasanbey (%15.86) ve Kabaası (%17.70) olurken, azalma miktarı en fazla olan çeşitler sırasıyla Çögür (%40.69), Hacıhaliloğlu (%24.00) ve Alkaya (%22.65) olarak belirlenmiştir. Su stresi altında Antep fıstığı bitkisinde yapılan bir çalışmada, Akbari ve Ohadi çeşitlerinde yaprak nispi su içeriğinin etkilenmediği fakat Kaleghochi çeşidinde ise belirgin bir azalmanın olduğu belirlenmiştir (Esmaeilpour vd., 2015). Benzer şekilde, García-Sánchez vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise iki portakal çeşidinin fidanlarına dokuz gün boyunca üç farklı su rejimi uygulanmış ve her iki çeşitte de kuraklık stresi bitkilerin YNSİ değerlerini azaltmıştır. Bademde (Yadolahi vd., 2009), cevizde (Naser vd., 2010), elmada (Liu vd., 2012) ve mandarinde (Sarkar vd., 2016) kuraklık uygulamalarının yaprak nispi su içeriğini azalttığı bildirilmiştir.

Kuraklık stresi, bitki hücrelerinin membran geçirgenliği üzerine etki eder. Bu durum, hücre zarlarının değişen yapı ve fonksiyonlarıyla ilişkilidir. Özellikle, kuraklık stresi altında bitki hücrelerinde lipid peroksidasyonu artar, bu da hücre zarlarının bütünlüğünü bozar ve membran geçirgenliğini artırabilir. Ayrıca, kuraklık stresi, hücrelerin osmotik dengesini etkileyerek hücre içi su potansiyelini azaltabilir, bu da hücre zarlarının geçirgenliğini etkiler. Bunun sonucunda, hücreler su kaybeder ve membranların geçirgenliği artar. Bu süreç, bitki hücrelerinde suyun dengesini sağlama yeteneğini azaltır ve kuraklık stresine adaptasyonu zorlaştırır. Araştırmalar, bitkilerin bu stres koşullarına yanıt olarak membran bileşiminde değişiklikler yapabileceğini ve antioksidan enzimlerin aktivitesini artırarak membran hasarını azaltabileceğini göstermektedir (Jafari vd., 2022). Çalışmada elde edilen verilere göre, kuraklık stresi membran geçirgenliği parametresinde artışlara neden olmuştur. Bu dönemde membran geçirgenliği değeri en çok artan çeşitler Hacıhaliloğlu (%43.08), Kadioğlu (%37.97) ve Hasanbey (%37.69) olmuştur. Buna karşılık, iyileşme sürecinde çeşitlere bağlı olarak membran stabilitesinde bir düzelme meydana gelmiştir. Bu dönemde ise kontrol grubuna en yakın membran geçirgenliği değerine sahip çeşitler Çataloğlu (%1.50), Çögür (%3.37) ve Kabaası (%3.42) olarak bulunmuştur. Armutta (Li vd., 2008; Wang vd., 2008; Sharma ve Sharma, 2009), elmada (Yuhua vd., 2008; Liu vd., 2010), dutta (Reddy vd., 2004), zeytinde (Fouad vd., 2014; Dias vd., 2018) yapılan çalışmalarda

kuraklık stresi ile birlikte membran geçirgenliğinde bir artış meydana geldiği bildirilmişlerdir.

4.2.5 Fizyolojik Ölçümlere İlişkin Puanlama

Kuraklık stresi sonunda, fizyolojik parametre değerleri en az etkilenen çeşide en yüksek puan (12) ve iyileşme sonrasında en fazla iyileşme gösteren çeşide en yüksek puan (12) verilmiştir. Buna dayanarak elde edilen veriler Çizelge 4.11’de verilmiştir. Fizyolojik ölçümlere ilişkin puanlama kapsamında stres sonrası dönemde en yüksek puanı alan çeşitler Çataloğlu (44), Kabaası (42) ve Hasanbey (33) olmuştur. Buna göre bu kapsamda çeşitlerin duyarlıdan toleranta doğru sıralaması Hacıhaliloğlu, Çöloğlu, Kadioğlu, Tokaloğlu, Alkaya, Çögür, Soğancı, Şalak, Şekerpare, Hasanbey, Kabaası ve Çataloğlu şeklindedir. İyileşme uygulaması sonundaki puanlar incelendiğinde ise, kuraklık sonrası döneme benzer şekilde Kabaası (44), Çataloğlu (39) ve Hasanbey (36) çeşitlerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Bu çeşitler kuraklık stresi sonrası yeniden sulama ile fizyolojik parametreler kapsamında kontrol bitkilerine en yakın değerleri veren çeşitler olmuştur. Bu dönemde çeşitlerin duyarlıdan toleranta doğru sıralaması ise Hacıhaliloğlu, Kadioğlu, Alkaya, Çögür, Soğancı, Şalak, Çöloğlu, Tokaloğlu, Şekerpare, Hasanbey, Çataloğlu ve Kabaası şeklindedir.

Çizelge 4.11. Kuraklık stresi ve iyileşme uygulaması sonrası ölçülen fizyolojik parametre değerleriyle elde edilen puanlama

STRES SONRASI					
Çeşitler	YSP	YNSİ	Sİ	MZ	TOPLAM
Alkaya	7	4	4	7	22
Çataloğlu	11	12	10	11	44
Çögür	2	1	11	8	22
Çöloğlu	3	3	5	6	17
Hacıhaliloğlu	1	2	1	1	5
Hasanbey	12	11	7	3	33
Kabaası	10	10	12	10	42
Kadioğlu	6	9	3	2	20
Soğancı	8	8	8	5	29
Şalak	5	6	6	12	29
Şekerpare	9	7	9	4	29
Tokaloğlu	4	5	2	9	20

Çizelge 4.11. (devamı)

İYİLEŞME SONRASI

Alkaya	4	10	2	6	22
Çataloğlu	12	6	9	12	39
Çögür	3	3	5	11	22
Çöloğlu	10	5	4	5	24
Hacıhaliloğlu	1	1	1	2	5
Hasanbey	5	12	10	9	36
Kabaaşı	11	11	12	10	44
Kadioğlu	7	7	3	1	18
Soğancı	8	4	7	3	22
Şalak	6	2	11	4	23
Şekerpare	9	9	6	8	32
Tokaloğlu	2	8	8	7	25

4.3 Biyokimyasal Analizlere İlişkin Sonuçlar**4.3.1 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların toplam karbonhidrat içeriğine etkisi (%TA)**

Farklı çeşitlerden iki farklı dönemde alınan yaprak örneklerinin toplam karbonhidrat (% TA) içerikleri Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Kuraklık uygulaması ile bitkilerin yapraklarının toplam karbonhidrat içerikleri (%) artış göstermiştir. Bu dönemde, çeşitlerin uygulama bitkileri ile kontrol bitkileri arasındaki yüzde artışlar istatistiksel açıdan önemli olarak tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yapraklarda en yüksek toplam karbonhidrat (%) artışı değerleri %89.95 ile Şekerpare, %88.10 ile Şalak, %55.35 ile Tokaloğlu ve %54.13 ile Hacıhaliloğlu çeşitlerinde belirlenmiştir. En düşük artışlar ise %21.47, %21.96, %23.50 ve %28.78 ile sırasıyla Çöloğlu, Soğancı, Kabaaşı ve Hasanbey çeşitlerinde gözlenmiştir. İyileşme sonunda elde edilen değerler incelendiğinde, sulama ile birlikte uygulama bitkilerinin yapraklarının toplam karbonhidrat içerikleri değerlerinde kuraklık uygulaması sonrasına göre azalmalar gözlenmiştir. Bu dönemde de kontrol bitkileri ile uygulama bitkileri arasındaki farklar önemli olarak bulunmuştur ($p<0,05$). Bu dönemde kontrol grubu bitkilere en çok yaklaşan ve aralarında en az fark olan çeşitler Kadioğlu (%0.61), Kabaaşı (%1.48) ve Hacıhaliloğlu (%5.74) olurken, en fazla farkın bulunduğu çeşitler Tokaloğlu (%39.32), Hasanbey (%25.54) ve Şalak (%23.28) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların toplam karbonhidrat (%TA) içeriğine etkisi.

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	0.88	1.34	52.05 b	0.92	1.11	21.00 bc
Çataloğlu	0.94	1.23	30.75 cd	0.85	0.97	13.60 de
Çöğür	1.01	1.44	42.67 bc	0.87	1.00	15.72 cd
Çöloğlu	1.13	1.38	21.47 f	0.93	1.00	7.97 f
Hacıhaliloğlu	0.91	1.40	54.13 b	0.80	0.85	5.74 fg
Hasanbey	0.84	1.08	28.78 cd	0.74	0.93	25.54 b
Kabaaşı	1.06	1.31	23.50 def	1.29	1.31	1.48 g
Kadıoğlu	0.78	0.98	26.51 de	0.82	0.82	0.61 h
Soğancı	1.13	1.37	21.96 ef	0.79	0.91	14.48 d
Şalak	0.67	1.26	88.10 a	0.41	0.50	23.28 b
Şekerpare	0.56	1.06	89.95 a	0.94	1.02	8.65 ef
Tokaloğlu	0.60	0.93	55.35 b	0.62	0.86	39.32 a
Ortalama	0.88	1.23	44.60	0.83	0.94	14.78

4.3.2 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların Malondialdehit (MDA) içeriğine etkisi (µmol/g TA)

Kuraklık stresi ve yeniden sulama uygulamalarına ait bitkilerin yapraklarının Malondialdahit (MDA) içerikleri Çizelge 4.13’de verilmiştir. Her iki dönemde de uygulama bitkileri ile kontrol bitkilerinin yapraklarının MDA içerikleri arasındaki yüzde farklar istatistiksel anlamda önemli olarak bulunmuştur ($p<0,05$). Kuraklık stresi ile birlikte yapraklarının MDA içeriklerinde en fazla artış görülen çeşitler Şalak (%440.19), Çöloğlu (%311.73) ve Hacıhaliloğlu (%310.77) olmuştur. En az artış görülenler ise sırasıyla Hasanbey (%25.64), Çataloğlu (%57.20) ve Soğancı (%82.67) şeklindedir. İyileşme sonunda alınan yaprak örneklerine ait sonuçlar incelendiğinde, yaprakların MDA içeriklerindeki artışın devam ettiği görülmektedir. İyileşme sonrası tespit edilen en yüksek fark % 482 ile Çöğür ve %436 ile Hacıhaliloğlu çeşitlerinde gözlenmiştir. Aynı dönemde kontrol grubuna en yakın sonuçları veren bir başka deyişle kontrol grubu bitkileriyle aralarında en az fark olan çeşitler ise Hasanbey (%56,57), Soğancı (%120) ve Kabaaşı (%140) olarak belirlenmiştir. Bu dönemde uygulama bitkilerinde en yüksek MDA içeriği Hacıhaliloğlu (1463.5 µmol/g TA), Çöğür (1441.2 µmol/g TA) ve Alkaya (1296.70 µmol/g TA) çeşitlerinde gözlenmiştir.

Kontrol bitkileri ile aralarındaki fark en fazla bulunan çeşitler ise, Çöğür (%482.42), Tokaloğlu (%456.32) ve Hacıhaliloğlu (%436.85) olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.13. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların Malondialdehit (MDA) içeriğine etkisi

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	244.76	716.62	192.78 de	381.49	1296.7	239.90 bc
Çataloğlu	217.75	342.31	57.20 h	308.9	862.77	179.30 cd
Çöğür	224.47	799.96	256.38 d	247.45	1441.2	482.42 a
Çöloğlu	163.74	674.16	311.73 b	217.75	1128.5	418.25 a
Hacıhaliloğlu	236.32	970.74	310.77 bc	272.61	1463.5	436.85 a
Hasanbey	544.38	683.96	25.64 g	653.26	1022.8	56.57 e
Kabaaşı	199.18	388.69	95.15 fg	308.06	803.96	160.98 cd
Kadioğlu	353.64	1263.4	257.26 cd	408.5	1160.5	184.09 cd
Soğancı	254.04	463.81	82.57 gh	562.95	1240.9	120.43 d
Şalak	81.87	442.25	440.19 a	254.04	1080.8	325.44 ab
Şekerpare	236.32	505.62	113.96 ef	399.21	1192.5	198.71 bc
Tokaloğlu	163.74	357.98	118.63 ef	200.03	1112.8	456.32 a
Ortalama	243.35	634.13	188.52	351.19	1150.58	271.61

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.3.3 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların hidrojen peroksit (H_2O_2) içeriğine etkisi ($nmol.ml^{-1}$ TA)

Kuraklık ve iyileşme gruplarına ait bitkilerin yapraklarının stres sonrası ve iyileşme dönemlerindeki hidrojen peroksit içerikleri Çizelge 4.14’de verilmiştir. Kuraklık uygulaması ile birlikte bitkilerin yapraklarının H_2O_2 ($nmol.ml^{-1}$ TA) kapsamlarında artışlar meydana gelmiştir. Kuraklıkla birlikte çeşitlerin yapraklarındaki H_2O_2 kapsamındaki artış miktarı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bu dönemde en fazla artış gösteren çeşitler Hacıhaliloğlu, Şalak ve Çöğür olmuştur (%190.83, %158.52, %141.30). Artış miktarı en az olan çeşitler ise Hasanbey (%47.41), Çataloğlu (%65.52) ve Kabaaşı (%77.97) olarak belirlenmiştir. İlgili çizelgede iyileşme sonundaki dönem incelendiğinde, sulama uygulaması ile bitkilerin yapraklarının H_2O_2 kapsamlarının azaldığı görülmektedir. Bu dönemde de, uygulama bitkileri ile kontrol bitkilerin arasındaki yüzde farklar istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrole en yakın değerleri veren çeşitler Şalak, Hasanbey ve Kadioğlu (%0.30 – %2.66 – %10.14) olarak belirlenmiştir.

Hacıhaliloğlu, Çöğür ve Tokaloğlu çeşitleri ise bu dönemde kontrol bitkileri ile aralarında en fazla fark olan çeşitler olarak belirlenmiştir (%121.17 – %82.26 – 81,09).

Çizelge 4.14. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların hidrojen peroksit (H₂O₂) içeriğine etkisi

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	43.72	99.63	127.88 bcd	48.52	86.30	77.86 b
Çataloğlu	30.14	49.90	65.56 gh	30.19	42.86	41.97 d
Çöğür	20.24	48.84	141.30 abc	24.41	44.49	82.26 ab
Çöloğlu	35.50	77.21	117.49 cde	40.23	68.92	71.31 bc
Hacıhaliloğlu	35.45	103.10	190.83 a	39.49	87.34	121.17 a
Hasanbey	49.49	72.95	47.40 h	53.43	54.85	2.66 ef
Kabaaşı	27.82	49.51	77.97 fg	32.50	45.01	38.49 d
Kadioğlu	49.49	92.95	87.82 efg	53.43	58.85	10.14 de
Soğancı	41.77	92.69	121.91 bcd	60.58	88.70	46.42 cd
Şalak	25.82	66.75	158.52 ab	62.69	62.88	0.30 f
Şekerpare	52.12	105.80	102.99 def	56.15	96.02	71.01 bc
Tokaloğlu	26.15	59.36	127.00 bcd	28.56	51.72	81.09 b
Ortalama	36.48	76.56	113.89	44.18	65.66	53.72

4.3.4 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların prolin içeriğine etkisi (µg.g⁻¹ TA)

Çeşitlerin yapraklarının kuraklık ve iyileşme uygulamaları sonundaki prolin (µg.g⁻¹ TA) kapsamları Çizelge 4.15’de gösterilmiştir. Kuraklık uygulaması tüm çeşitlerde yaprakların prolin kapsamını artırmıştır. Çeşitlerin kontrole göre artış miktarları arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0.05). Kontrole göre yapraklarının prolin kapsamı en fazla artan çeşitler Çöğür (%932.64), Çataloğlu (%450.92) ve Kabaaşı (%440.80) olarak belirlenmiştir. Artışın en az olduğu çeşitler ise Şalak, Hacıhaliloğlu ve Kadioğlu olmuştur (%152.01, %163.83, %170.18).

Yeniden sulama uygulaması ile tüm çeşitlerde yaprakların prolin kapsamlarında azalmalar görülmüştür. Bu dönemde kontrol bitkileri ile arasındaki fark en az olan çeşitler Hacıhaliloğlu (%5.93), Hasanbey (%15.31) ve Kadioğlu (%19.04) olarak belirlenmiştir. Buna karşın Çöğürde (%509.42), Kabaaşı’da (%306.90) ve Çöloğlu’da (%139.94)’lük artışlar en yüksek farklar olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların prolin içeriğine etkisi

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	28.79	101.50	252.55 de	29.35	39.86	35.81 fg
Çataloğlu	10.86	59.83	450.92 ab	24.89	52.39	110.49 cd
Çöğür	10.11	104.40	932.64 a	12.21	74.41	509.42 a
Çöloğlu	12.56	48.03	282.40 cd	13.32	31.96	139.94 c
Hacıhaliloğlu	13.63	35.96	163.83 g	27.97	29.63	5.93 j
Hasanbey	29.67	83.86	182.64 efg	38.35	44.22	15.31 i
Kabaaşı	11.30	61.11	440.80 abc	12.75	51.88	306.90 b
Kadioğlu	19.35	52.28	170.18 fg	37.18	44.26	19.04 hi
Soğancı	13.38	67.72	406.13 abc	32.56	55.64	70.88 e
Şalak	16.65	41.96	152.01 g	17.37	21.74	25.16 gh
Şekerpare	25.96	85.08	227.73 def	31.43	50.11	59.43 ef
Tokaloğlu	11.71	56.24	380.27 bcd	21.81	41.24	89.09 de
Ortalama	17.00	66.50	336.84	24.93	44.78	115.62

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.3.5 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların protein içeriğine etkisi ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ TA)

Farklı çeşitlerin yapraklarının kuraklık ve iyileşme uygulamaları sonundaki protein ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ TA) içerikleri Çizelge 4.16'da gösterilmiştir. Kuraklık uygulaması ile birlikte tüm çeşitlerde yapraklarda protein içeriklerinde azalmalar meydana gelmiştir. Yüzde azalışlar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$). Kuraklık stresi sonrasında yapraklarının protein içeriği azalışı en az olan çeşitler Çöğür (%6.90), Hacıhaliloğlu (%10.58) ve Şekerpare (%13.77), en fazla olanlar ise Alkaya (%26.53), Kabaaşı (%25.48) ve Kadioğlu (%24.56) şeklinde sıralanmıştır.

İyileşme uygulaması sonundaki değerler incelendiğinde, sulama ile birlikte uygulama bitkilerinin yapraklarının protein içeriklerinde Çöğür hariç tüm çeşitlerde artışlar görülmüştür. Bu dönemde kontrole bitkilerine göre protein kapsamı daha fazla olan çeşitler Hacıhaliloğlu (%57.39), Tokaloğlu (%40.98), Soğancı (%33.14) ve Şekerpare (%10.49) olarak bulunmuştur. Diğer çeşitlerde uygulama bitkileri kontrol bitkilerine göre daha az protein içeriğine sahip olmuştur. Kontrole göre protein miktarı en az olan çeşitler ise Alkaya (%-24.35), Kadioğlu (%-19.94) ve Kabaaşı (%-18.90) olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların protein içeriğine etkisi.

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	88.19	64.79	-26.53 f	87.44	66.15	-24.35 j
Çataloğlu	87.38	68.07	-22.10 def	82.18	77.49	-5.71 efg
Çöğür	70.41	65.55	-6.90 a	60.52	58.55	-3.26 de
Çöloğlu	83.57	64.32	-23.03 cde	83.77	78.46	-6.34 fg
Hacıhaliloğlu	86.27	77.14	-10.58 ab	50.32	79.20	57.39 a
Hasanbey	87.08	70.87	-18.62 cde	80.46	77.29	-3.94 def
Kabaaşı	89.08	66.38	-25.48 f	85.27	69.15	-18.90 h
Kadıoğlu	88.87	67.04	-24.56 ef	90.57	72.51	-19.94 ij
Soğancı	89.35	73.27	-18.00 b-e	59.44	79.14	33.14 bc
Şalak	82.72	70.10	-15.26 abc	79.62	72.84	-8.52 g
Şekerpare	94.18	81.21	-13.77 abc	75.95	83.92	10.49 cd
Tokaloğlu	86.53	72.80	-15.87 a-d	54.93	77.44	40.98 b
Ortalama	86.14	70.13	-18.39	74.21	74.35	4.25

4.3.6 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların klorofil a miktarına etkisi (mg g⁻¹)

Farklı çeşitlerin yapraklarının kuraklık ve iyileşme uygulamaları sonrasındaki klorofil a değerleri (µg.g⁻¹ TA) Çizelge 4.17'de sunulmuştur. Kuraklık uygulamasıyla birlikte tüm çeşitlerde yapraklardaki klorofil a içeriğinde azalmalar tespit edilmiştir. Bu azalışlar istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.05). Kuraklık stresi sonrasında, klorofil a içeriği azalışı en düşük olan çeşitler sırasıyla Şekerpare (%4.20), Çöğür (%4.98) ve Soğancı (%8.75) olmuştur. En yüksek azalış ise Kadıoğlu (%25.38), Hacıhaliloğlu (%24.76) ve Alkaya (%13.76) çeşitlerinde tespit edilmiştir. Kadıoğlu çeşidi en yüksek klorofil a azalışına sahipken, Çöğür çeşidi en düşük azalma göstermiştir.

Yeniden sulama sonrasında, kontrol bitkilerine en yakın değerleri gösteren çeşitler Soğancı (%0), Alkaya (%-1.59) ve Çöloğlu (%-2.70) olmuştur. En fazla değişim ise Şalak (%-18.25), Tokaloğlu (%-17.63) ve Şekerpare (%-15.19) çeşitlerinde gözlenmiştir.

Çizelge 4.17. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların klorofil a miktarına etkisi.

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	2.98	2.57	-13.76 e	2.52	2.48	-1.59 b
Çataloğlu	2.96	2.69	-9.12 b	1.81	1.67	-7.73 d
Çöğür	2.41	2.29	-4.98 a	2.55	2.34	-8.24 d
Çöloğlu	3.17	2.79	-11.99 cde	2.59	2.52	-2.70 b
Hacıhaliloğlu	3.07	2.31	-24.76 e	1.85	1.79	-3.24 bc
Hasanbey	3.24	2.92	-9.88 bc	2.55	2.39	-6.27 cd
Kabaaşı	3.33	2.99	-10.21 bcd	2.33	2.11	-9.44 d
Kadioğlu	3.27	2.44	-25.38 e	2.15	1.98	-7.91 d
Soğancı	3.43	3.13	-8.75 b	2.33	2.33	0.00 a
Şalak	3.21	2.78	-13.40 de	2.74	2.24	-18.25 e
Şekerpare	3.57	3.42	-4.20 a	3.16	2.68	-15.19 e
Tokaloğlu	3.19	2.79	-12.54 de	2.78	2.29	-17.63 e
Ortalama	3.15	2.76	-12.41	2.45	2.24	-8.18

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.3.7 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların klorofil b miktarına etkisi (mg g^{-1})

Farklı çeşitlerin yapraklarının stres dönemindeki klorofil b içeriklerindeki değişimler Çizelge 4.18'de sunulmuştur. Stres uygulaması sonrası tüm çeşitlerde yapraklardaki klorofil b içeriğinde azalmalar tespit edilmiştir. Bu azalışların yüzde değerleri istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$). Kontrol bitkilerine göre en az azalış gösteren çeşitler sırasıyla Çöğür (-5.15%), Tokaloğlu (-6.95%) ve Şekerpare (-10.15%) olmuştur. En fazla azalış ise Kadioğlu (-25.4%), Hasanbey (-23.66%) ve Hacıhaliloğlu (-20.32%) çeşitlerinde bulunmuştur.

Bu parametrenin iyileşme uygulaması sonundaki değerleri incelendiğinde, Alkaya (%9.87), Hacıhaliloğlu (%1.87) ve Çöloğlu (%1.33) çeşitleri kontrole göre yüksek sonuçlar verirken, diğer tüm çeşitlerde kontrole göre düşük sonuçlar elde edilmiştir. Kontrol bitkileri ile aralarında en fazla fark bulunan çeşitler Şalak (%-21.23), Tokaloğlu (%-17.24) ve Kadioğlu (%-15.83) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.18. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların klorofil b miktarına etkisi.

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	1.79	1.59	-11.17 b	1.52	1.67	9.87 a
Çataloğlu	1.87	1.30	-30.48 f	1.07	0.94	-12.15 gh
Çöğür	1.94	1.84	-5.15 a	1.87	1.86	-0.53 cd
Çöloğlu	1.89	1.70	-10.05 b	1.50	1.52	1.33 bc
Hacıhaliloğlu	1.87	1.49	-20.32 cde	1.07	1.09	1.87 b
Hasanbey	1.86	1.42	-23.66 de	1.55	1.39	-10.32 f
Kabaaşı	1.87	1.54	-17.65 cd	1.42	1.31	-7.75 ef
Kadioğlu	1.89	1.41	-25.40 ef	1.39	1.17	-15.83 hi
Soğancı	1.74	1.51	-13.22 bc	1.55	1.48	-4.52 de
Şalak	1.89	1.69	-10.58 b	1.79	1.41	-21.23 j
Şekerpere	1.97	1.77	-10.15 b	1.67	1.63	-2.40 de
Tokaloğlu	1.87	1.74	-6.95 a	1.74	1.44	-17.24 i
Ortalama	1.87	1.58	-15.40	1.51	1.41	-6.58

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.3.8 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların toplam klorofil miktarına etkisi (mg g⁻¹)

Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların toplam klorofil miktarına etkisi Çizelge 4.19’da gösterilmiştir. Sonuçlara göre kuraklık stresi ile bu dönemde uygulama bitkilerinin yapraklarının toplam klorofil kapsamlarında azalmalar görülmüştür. Çeşitlerin toplam klorofil kapsamlarının yüzde azalış mitkarları istatistiksel anlamda önemli olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). Kuraklık ile birlikte yapraklarının toplam klorofil kapsamı en fazla azalan çeşitler Kadioğlu (%25.39), Hacıhaliloğlu (%23.08) ve Çataloğlu (%17.39) olmuştur. Azalışın en az bulunduğu çeşitler ise Çöğür (%5.06), Şekerpere (%6.32) ve Soğancı (%10.25) çeşitleri olmuştur.

Yeniden sulama uygulaması sonrasında yaprakların toplam klorofil kapsamı değerlerine göre, kontrol grubu bitkilere en yakın değerleri veren çeşitler Çöloğlu (%1.22), Hacıhaliloğlu (%1.37) ve Soğancı (%1.80) olurken, Şalak (%19.43), Tokaloğlu (%17.48) ve Kadioğlu (%11.02) çeşitleri farkın en yüksek olduğu çeşitler olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların toplam klorofil miktarına etkisi.

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	4.77	4.16	-12.79 bcd	4.04	4.15	2.72 a
Çataloğlu	4.83	3.99	-17.39 ef	2.88	2.61	-9.38 e
Çöğür	4.35	4.13	-5.06 a	4.42	4.2	-4.98 cd
Çöloğlu	5.06	4.49	-11.26 bcd	4.09	4.04	-1.22 b
Hacıhaliloğlu	4.94	3.80	-23.08 fg	2.92	2.88	-1.37 b
Hasanbey	5.10	4.34	-14.90 de	4.1	3.78	-7.80 de
Kabaaşı	5.20	4.53	-12.88 cde	3.75	3.42	-8.80 de
Kadioğlu	5.16	3.85	-25.39 g	3.54	3.15	-11.02 e
Soğancı	5.17	4.64	-10.25 b	3.88	3.81	-1.80 bc
Şalak	5.10	4.47	-12.35 bcd	4.53	3.65	-19.43 f
Şekerpare	5.54	5.19	-6.32 a	4.83	4.31	-10.77 e
Tokaloğlu	5.06	4.53	-10.47 bc	4.52	3.73	-17.48 f
Ortalama	5.02	4.34	-13.51	3.96	3.64	-7.61

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.3.9 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların karetenoid miktarına etkisi (mg g⁻¹)

Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının karetenoid miktarına etkileri Çizelge 4.20’de gösterilmiştir. Buna göre kuraklık stresi ile birlikte yapraklardaki karetenoid miktarları azalmıştır. Çeşitlerin azalış miktarları arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Kuraklık stresi altında yapraklarının karetenoid kapsamında en fazla azalış Hacıhaliloğlu (%50.00), Alkaya (%36.36) ve Soğancı (%32.14) çeşitlerinde tespit edilmiştir. Azalışın en az olduğu çeşitler ise Çöğür (%10), Çataloğlu (%16.67) ve Kabaaşı (%16.67) olarak belirlenmiştir.

İlgili çizelgede iyileşme sonundaki değerler incelendiğinde, uygulama bitkilerinin kontrol bitkilerine göre karotenoid miktarları arasındaki farklar istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu dönemde kontrol ve uygulama bitkilerinin değerleri birbirine yaklaşmıştır. Buna karşın kontrol ve uygulama grupları arasında en fazla fark olan çeşitler Şalak (%22.22), Çöğür (%-11.11) ve Çataloğlu (%7.14) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının karetenoid miktarına etkisi

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	0.22	0.14	-36.36 e	0.20	0.20	0.00 d
Çataloğlu	0.18	0.15	-16.67 b	0.14	0.15	7.14 c
Çöğür	0.30	0.27	-10.00 a	0.27	0.24	-11.11 ef
Çöloğlu	0.21	0.17	-19.05 b	0.20	0.20	0.00 d
Hacıhaliloğlu	0.24	0.12	-50.00 f	0.15	0.14	-6.67 e
Hasanbey	0.19	0.15	-21.05 bc	0.18	0.20	11.11 b
Kabaaşı	0.24	0.20	-16.67 b	0.17	0.18	5.88 c
Kadıoğlu	0.19	0.14	-26.32 cd	0.16	0.17	6.25 c
Soğancı	0.28	0.19	-32.14 de	0.19	0.19	0.00 d
Şalak	0.27	0.19	-29.63 de	0.18	0.22	22.22 a
Şekerpere	0.28	0.20	-28.57 de	0.19	0.20	5.26 c
Tokaloğlu	0.30	0.21	-30.00 de	0.22	0.19	-13.64 f
Ortalama	0.24	0.18	-26.37	0.19	0.19	2.20

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.3.10 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların flavanoid miktarına etkisi (quercetin $\mu\text{g.ml}^{-1}$)

Farklı çeşitlerin kuraklık ve iyileşme uygulamaları sonunda toplam flavanoid miktarı (quercetin $\mu\text{g.ml}^{-1}$) değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Kuraklık uygulaması ile uygulama bitkilerinde yaprakların flavanoid miktarlarında Alkaya çeşidi dışında artışlar tespit edilmiştir. Değişim miktarları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). En fazla artış meydana gelen çeşit Çöğür (%33.42) olurken, bunu Kabaaşı (%31.11) ve Çataloğlu (%29.36) izlemiştir. Buna karşın Alkaya çeşidinde uygulama bitkilerinin flavanoid miktarı kontrol bitkilerine göre %2.53 oranında daha düşük bulunmuştur. Hacıhaliloğlu ve Şalak çeşitlerinde ise uygulama bitkilerindeki artış oranları sırasıyla %4.69 ve %5.19.

Çeşitlerin iyileşme uygulaması sonundaki toplam flavanoid değerleri incelendiğinde ise kontrol bitkilerine en yakın değerleri veren çeşitler Alkaya (%-1.49), Hacıhaliloğlu (%-3.45) ve Hasanbey (%-5.39) olurken, farkın en fazla olduğu

çeşitler ise Soğancı (%52.71), Şalak (%39.01) ve Kabaası (%28.49) olarak belirlenmiştir

Çizelge 4.21 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının flavanoid miktarına etkisi

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	197.24	192.24	-2.53 e	219.94	216.67	-1.49 gh
Çataloğlu	147.64	190.98	29.36 a	164.94	187.74	13.82 ef
Çöğür	224.41	299.41	33.42 a	241.25	289.68	20.07 de
Çöloğlu	178.75	209.03	16.94 b	173.56	206.48	18.97 de
Hacıhaliloğlu	140.88	147.49	4.69 d	185.98	179.56	-3.45 hi
Hasanbey	156.48	183.05	16.98 b	225.25	213.12	-5.39 i
Kabaası	146.14	191.61	31.11 a	165.35	212.46	28.49 bc
Kadioğlu	159.12	177.28	11.41 bc	211.58	249.69	18.01 de
Soğancı	148.78	189.78	27.56 a	135.58	207.05	52.71 a
Şalak	142.42	149.81	5.19 d	183.62	255.25	39.01 ab
Şekerpare	146.04	157.36	7.75 cd	202.2	218.87	8.24 fg
Tokaloğlu	132.94	155.35	16.86 b	172.09	210.32	22.22 cd
Ortalama	160.07	186.95	16.56	190.11	220.57	17.60

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

Kuraklık stresinde bitkiler, su kaybını azaltmak ve hücre turgor dengesini korumak için çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirirler. Bu mekanizmalardan biri, karbonhidratların ozmolit madde olarak sentezlenmesi ve biriktirilmesidir. Ozmolitler, hücrelerin suyunu korumak ve hücre içi osmotik dengeyi sağlamak için kullanılan maddelerdir. Ayrıca, karbonhidratların hücre membranlarının oksidasyonunu önleyerek hücrelerin stresle başa çıkmasına yardımcı olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada da kuraklık uygulamasının tüm kayısı çeşitlerinde toplam karbonhidrat içeriğini artırdığı bulunmuştur. Zeytinde (Arji ve Arzani, 2004; Chehab vd., 2009), şeftalide (Rieger vd., 2003), portakalda (García-Sánchez vd., 2007; Zaherara vd., 2016), cevizde (Naser vd., 2010), şeftalide (Jiménez vd., 2013) yapılan kuraklık çalışmalarında karbonhidrat içeriğinde artış olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık stresi altında, bitkilerde fotosentez aktivitesi kısıtlandığında büyük şeker molekülleri, enerji ve karbon sağlamak amacıyla parçalanır. Bu süreç, bitkilerin karbonhidrat birikimini

artırmasına ve su kaybını azaltmasına yardımcı olur. Buna karşın, elmada (Wang vd., 1995; Jie vd., 2010) ve şeftalide (Rahmati vd., 2015) kuraklık stresinde karbonhidrat içeriğinin azaldığını bildirilmişlerdir.

Malondialdehit (MDA), lipid peroksidasyonu sonucunda ortaya çıkan bir yan üründür. Lipid peroksidasyonu, hücre zarlarını oluşturan yağ asitlerinin serbest radikaller tarafından okside edilmesiyle gerçekleşir. Bu durumda hücrelerdeki yağ asitleri MDA gibi bileşiklere dönüşür. Bu durum bitki hücrelerinde hasara ve fonksiyon bozukluğuna neden olabilir. Kuraklık stresi altında bitkilerde artan MDA seviyeleri, oksidatif hasarın bir göstergesi olarak kabul edilebilir ve bitkilerin stresle başa çıkma yeteneklerini etkileyebilir (Rajput vd. 2021). Bilgileri destekler nitelikte, kuraklık stresi ile tüm çeşitlerin yapraklarının MDA ($\mu\text{mol/g TA}$) içerikleri artış göstermiştir. Kuraklık stresi altındaki bitkileri, kontrol bitkilerine göre en çok artan çeşitler Şalak (%440), Çöloğlu (%311.73) ve Hacıhaliloğlu (%310.77) olmuştur. İyileşme uygulaması sonundaki değerler incelendiğinde, artışların devam ettiği görülmektedir. Bu dönemde kontrol bitkileri ile arasında en az fark olan çeşitler Hasanbey (%56.57), Soğancı (%120.43) ve Kabaası (%160.98) olmuştur. Kuraklık stresinin bitkilerdeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar çeşitli bitki türlerinde MDA miktarının arttığını göstermektedir. Örneğin, elmada (Liu vd., 2010), armutta (Chunxia, 2008), bademde (Karimi vd., 2012), zeytinde (Petridis vd., 2012), asmada (Zonouri vd., 2014), mandarinde (Sarkar vd., 2016), narda (Pourghayoumi vd., 2017) ve dutta (Reddy vd., 2004) yapılan çalışmalarda kuraklık stresinin MDA miktarının artmasına neden olduğu bulunmuştur. Bu bulgular, kuraklık stresinin bitki hücrelerindeki oksidatif hasarı arttırdığını ve lipid peroksidasyonunun artmasına yol açtığını göstermektedir.

Bitkiler kuraklık stresine maruz kaldığında, stresin etkilerine karşı devreye soktukları savunma mekanizmaları arasında reaktif oksijen türlerine (ROT) karşı tepkiler önemli bir rol oynar. Hidrojen peroksit (H_2O_2), ROT'ların önemli bir türüdür ve kuraklık stresi altındaki bitkilerde hücresel stres sinyalleme ve savunma tepkilerinde kilit bir rol oynar. Yapraklarda H_2O_2 seviyelerinin artması, kuraklık stresinin bitki hücrelerinde oksidatif hasara yol açtığını gösterir. Bu artış, bitki hücrelerinin oksidatif stresle başa çıkma mekanizmalarının aktive olduğunun bir işareti olabilir (Gupta vd. 2019). Sonuçlar incelendiğinde, gerçekten de kuraklık stresi ile birlikte tüm çeşitlerin yapraklarının H_2O_2 kapsamı artmıştır. Bu dönemde en

fazla artış gösteren çeşitler Hacıhaliloğlu, Şalak ve Alkaya olmuştur. Hacıhaliloğlu çeşidinde %190, Şalak çeşidinde %158 ve Alkaya çeşidinde %127 artış saptanmıştır. En az artış gösteren çeşitler ise Hasanbey (%47,41), Çataloğlu (%65,52) ve Kabaası (%77,94) olarak belirlenmiştir. Kontrol bitkilerine en yakın değerleri veren çeşitler Kabaası, Hasanbey ve Şalak (32,01 - 58,85 - 62,88 nmmol·ml⁻¹) olarak belirlenmiştir. Hacıhaliloğlu, Tokaloğlu ve Alkaya çeşitleri ise bu dönemde kontrol bitkileri ile aralarında en fazla fark olan çeşitler olarak belirlenmiştir (87,34 – 51,72 – 86,30 nmmol·ml⁻¹). Zeytin ağaçlarında kuraklık stresi altında yapraklardaki H₂O₂ seviyelerinde artış olduğu rapor edilmiştir (Araújo vd., 2021). Benzer şekilde, armut ağaçlarında yapılan bir çalışmada (Niu vd., 2021), yapraklardaki H₂O₂ seviyelerinin arttığı ve bu durumun oksidatif hasar ve antioksidan tepkilerle ilişkilendirildiği belirlenmiştir. Şeftali ağaçlarında yapılan araştırmalarda (Zhang vd., 2022), H₂O₂'nin savunma geni ifadesini etkilediği ve bu sebeple yapraklardaki H₂O₂ seviyelerinin arttığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, elma ağaçlarında yapılan çalışmalarda (Mihaljević vd., 2021), çeşitli abiyotik stres faktörlerine maruz kalan yapraklarda H₂O₂ seviyelerinde artış olduğu rapor edilmiştir.

Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin, bu stresin etkilerine karşı geliştirdiği adaptasyon mekanizmalarından biri de yapraklarda prolin birikiminin artmasıdır. Prolin, osmotik dengeyi sağlamak, hücrel yapıyı korumak ve oksidatif stresle mücadele etmek gibi önemli fonksiyonlara sahiptir. Yapılan birçok çalışma, kuraklık stresinin bitkilerde yapraklardaki prolin içeriğini arttırdığını göstermektedir. Bu artış, bitkilerin su stresine karşı adaptasyonunu destekleyen bir mekanizma olarak kabul edilir. Yüksek prolin seviyeleri, hücrel yapıları korurken, osmotik dengeyi sağlayarak bitkilerin kuraklık stresine karşı direncini artırır. Bu nedenle, yapraklardaki prolin içeriğinin artması, bitkilerin kuraklık stresine uyum sağlamasında önemli bir belirteçdir. Stres uygulaması sonrasında yaprakların prolin kapsamlarında kontrole göre en fazla artış Çöğür (%932.64), Çataloğlu (%450.92) ve Kabaası (%440.80) çeşitlerinde, en az artış ise Şalak (%152.01), Hacıhaliloğlu (%163.83) ve Kadioğlu (%170.18) tespit edilmiştir. İyileşme uygulamasıyla tüm çeşitlerde yaprakların prolin kapsamları stres sonrası döneme göre azalmıştır. Bu dönemde kontrole göre en yüksek fark Çöğürde (%509.42) belirlenmiş ve bunu sırasıyla Kabaası (%306.90) ve Çöloğlu (%139.94) izlemiştir. En az fark ise Hacıhaliloğlu (%5.93), Hasanbey (%15.31) ve Kadioğlu (%19.04) çeşitlerinde bulunmuştur. Elma ve armutta

(Bolat vd., 2014), üzümde (Bertamini vd., 2006), Gisela 5 anacında (Sivritepe vd., 2008), bazı asma anaçlarında (Yağmur, 2008), çilekte (Ghaderi ve Siosemardeh, 2011), bademde (Karimi vd., 2012), incirde (Rostami ve Majid, 2013), Garnem ve Myrobolan 29C anaçlarında (İpek ve Pırlak, 2016), erik anaçlarında (Bolat vd., 2016) yürüttükleri kuraklık çalışmalarında, yaprakların prolin kapsamlarında artışlar olduğunu bildirmişlerdir.

Kuraklık stresi altında bitkilerdeki protein içeriğindeki değişim, genellikle protein sentezinin azalması veya protein parçalanmasının artması gibi faktörlere bağlıdır. Kuraklık stresi, bitkilerde su potansiyelini düşürür ve hücre sel su kaybı yaşanır. Bu durum, protein sentezini engelleyebilir çünkü protein sentezi genellikle hücre içi suyun varlığına bağlıdır. Ayrıca, kuraklık stresi altında artan oksidatif stres, proteinlerin yapısal bütünlüğünü bozabilir. Bu nedenle, bitkilerde proteinlerin parçalanması artabilir ve bu da yapraklardaki toplam protein miktarını azaltabilir (Kerchev ve Van Breusegem, 2022). Bu çalışmada da kuraklık stresi ile yaprakların protein içeriğinin azaldığı sonucuna varılmıştır. Stres uygulaması sonunda, uygulama bitkilerinde en yüksek protein kapsamı, sırasıyla Şekerpare, Hacıhaliloğlu ve Soğancı çeşitlerinde tespit edilmiştir. Şekerpare çeşidinde $81,213 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ TA, Hacıhaliloğlu çeşidinde $77,147 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ TA ve Soğancı çeşidinde $73,277 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ TA protein içeriği bulunmuştur. Buna karşılık, en düşük protein kapsamına sahip çeşitler Çöloğlu, Alkaya ve Kabaaşı olmuştur. Çöloğlu çeşidinde $64,320 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ TA, Alkaya çeşidinde $64,796 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ TA ve Kabaaşı çeşidinde $66,385 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ TA protein içeriği tespit edilmiştir. Kuraklık stresi, bitkinin protein metabolizmasında zararlara yol açmaktadır. Bu zararlar, proteinlerin parçalanması ve protein sentezinin azalması şeklinde olmaktadır (Kerchev ve Van Breusegem, 2022). Genel olarak, bitkideki proteinler, su eksikliği sırasında sentezlerinin bastırılması nedeniyle azalır. Gen ekspresyonu etkilenir ve sonuç olarak yeni proteinlerin sentezi sekteye uğrar (Lisar vd., 2012). Protein miktarında meydana gelen azalışların MDA miktarındaki artışlarla ilişkilendirilebileceği bildirilmiştir (İpek, 2015). Antep fıstığı (Khoyerdı vd., 2016), asma (Bertamini vd., 2006), zeytin (Fouad vd., 2014), nar (Xie vd., 2015), Garnem ve Myrobolan 29c anaçları (İpek ve Pırlak, 2016) bitkilerinde kuraklık stresi koşullarında protein içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir.

Kuraklık stresi, bitkilerde klorofil içeriğini etkileyen önemli bir faktördür. Klorofil, bitkilerin fotosentez sürecindeki temel pigmentidir ve bitki metabolizması

için hayati öneme sahiptir. Genellikle, kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarında azalmalar görülür. Bu azalmalar, kloroplastların zarar görmesi, klorofil moleküllerinin parçalanması veya fotosentez aktivitesinin düşmesi gibi faktörlere bağlı olabilir. Klorofil miktarındaki azalma, bitkilerin fotosentez kapasitesini ve genel büyüme performansını olumsuz yönde etkileyebilir. Ayrıca, kuraklık stresinin bitkilerin reaksiyon merkezlerindeki klorofil a ve anten pigmentleri arasındaki oranları da değiştirebileceği belirtilmiştir. Bu durum, bitkilerin fotosentez verimliliğini etkileyerek stres altında daha az etkin olmalarına neden olabilir (Guo vd. 2016). Bu çalışmada da kuraklık stresi ile birlikte tüm çeşitlerde klorofil a, klorofil b ve dolayısıyla da toplam klorofil içeriklerinde azalmalar, yeniden sulama uygulaması ile birlikte de kuraklık dönemine göre artışlar görülmüştür. Stres uygulaması sonrası klorofil a miktarındaki en fazla azalış gösteren üç çeşit Kadioğlu (%25.38), Hacıhaliloğlu (%24.76) ve Alkaya'dır (%13.76). Stres uygulaması sonrası klorofil b miktarındaki en büyük azalışı gösteren üç çeşit Çataloğlu, Hasanbey ve Kadioğlu'dur. Çataloğlu çeşidinde klorofil b miktarı %30.48 azalarak en büyük azalışı göstermiştir. Hasanbey çeşidinde klorofil b miktarı %23.66 azalarak ikinci en büyük azalışı gösterirken, Kadioğlu çeşidinde bu azalma %25.40 olarak belirlenmiştir. Stres uygulaması sonrası toplam klorofil miktarındaki en fazla azalış gösteren üç çeşit ise Kadioğlu, Hacıhaliloğlu ve Çataloğlu'dur. Kadioğlu çeşidinde toplam klorofil miktarı %25.39 azalarak en büyük azalışı göstermiştir. Hacıhaliloğlu çeşidinde %23.08 ve Çataloğlu çeşidinde ise %17.39'luk azalışlar gözlenmiştir. İyileşme uygulamasında yeniden sulama ile birlikte tüm çeşitlerin klorofil a, klorofil ve toplam klorofil kapsamlarında stres sonrası döneme göre artışlar belirlenmiştir. Kuraklık stresi altında klorofil içeriğinin azalması, çoğunlukla klorofilin parçalanmasına neden olan klorofililaz aktivitesinin artmasından ve klorofil biyosentezinin azalmasından kaynaklanır (Ajithkumar ve Panneerselvam, 2014). Ayrıca, kuraklık stresinin klorofil içeriğinin azalmasında tipik bir pigment fotooksidasyonu ve klorofil parçalanmasının bir işareti olduğu kabul edilmektedir (Anjum vd., 2011). Bununla birlikte, kuraklık stresinin klorofil içeriğindeki azalmanın ardında, kloroplastlara zarar veren reaktif oksijen türlerinin artışı da etkilidir (Smirnoff, 1995). Reaktif oksijen türlerinin üretimi, fotosentetik sistemde aşırı enerji emilimi sonucunda oluşur ve bu durumda emici pigmentlerin parçalanması gerçekleşerek önlenir (Mafakheri vd., 2010). Ayrıca, kloroplastların klorofil sentezi için azota ihtiyacı vardır. Azot veya suyun sınırlı olduğu koşullarda, klorofil üretimi

yavaşlar (Lauer ve Boyer, 1992). Bu durumda yaprak pigmentlerinin ve klorofil parçalanmasının azalması, proteinlerin parçalanmasında birincil bir aşamadır (Sgherri vd., 1993). Nitekim, badem, mandalina, mango, nar, erik, elma, şeftali, kaysı, asma, kiraz, zeytin ve portakal gibi çeşitli meyve türlerinde yapılan çalışmalar, kuraklık stresinin klorofil içeriğinde azalmaya neden olduğunu göstermektedir (Yadolahi vd., 2009; Gikloo ve Elhami, 2012; Sarkar vd., 2016; Elsheery ve Cao, 2008; Khattab vd., 2011; El-Shazly vd., 2014; Catola vd., 2016; Bolat vd., 2016; Liu vd., 2012; Jiménez vd., 2013; Demirtaş ve Kırnak, 2009; Bertamini vd., 2006; Zonouri vd., 2014; Kırnak ve Demirtaş, 2002; Sivritepe vd., 2008; Arji ve Arzani, 2004; García-Sánchez vd., 2007).

Karotenoidler, kloroplastlarda enzimatik olmayan antioksidan aktiviteye sahiptir. Bu pigmentler, tekli oksijen ve lipid peroksil radikallerini temizleyerek hücrelerin oksidatif hasarını önlerler (Zandi ve Schnug, 2022). Ayrıca, karotenoidler, bitkilerin aşırı enerji tüketiminden kaynaklanan oksidatif stresle mücadelesine yardımcı olur (Jaleel vd., 2009; Pompelli vd., 2010). Bu durum, bitkilerin oksidatif stresle mücadelesini artırarak kuraklık toleransını artırır. Karotenoidler, ışığın soğurulmasında önemli bir rol oynar ve kuraklık gibi stres koşullarına karşı bitkileri korur (Jaleel vd., 2009). Bu çalışmaya göre, karotenoid miktarı kuraklık uygulaması ile kontrole göre artmıştır. Genel olarak iyileşme uygulaması kuraklık ile oluşan karotenoidlerin hızlı bir şekilde parçalanmasına yol açarak iyileşme sonunda kontrol bitkilerine yakın miktarların oluşmasını sağlamıştır. Kuraklık stresi sonunda yapraklarında karotenoid kapsamı en çok artan çeşitler Kabaası (%41.66), Alkaya (%36.36) ve Soğancı (%32.14) olurken, en düşük artışlar Hacıhaliloğlu (%8.33), Çöğür (%10) ve Çataloğlu (%16.67) olarak belirlenmiştir.

Flavonoidler, bitkilerde birçok biyolojik rol oynayan bir grup ikincil (sekonder) metabolitlerdir. Kuraklık stresine maruz kalan bitkiler, genellikle flavonoid üretimini artırır. Flavonoidler, bitkiler için antioksidan, UV radyasyonuna karşı koruyucu, patojenlere karşı savunma ve stres toleransını artırma gibi önemli fonksiyonlara sahiptir (Shen vd. 2022). Bu çalışma sonuçlarına göre, kuraklık stresi, toplam flavonoid miktarında bir artışa neden olmuş ve iyileşme uygulaması ile bu miktarlar kuraklık sonrasındaki düzeylere geri dönmüştür. Abbaspour vd. (2012), antepfıstığı bitkileri üzerinde yaptığı çalışmada, su stresinin flavonoid içeriğini artırdığını

bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Chen vd. (2023) elmada yaptıkları çalışmalarda da su stresinin flavonoid miktarlarında artışlara neden olduğunu belirlemişlerdir.

4.3.11 Biyokimyasal Analizlere İlişkin Puanlama

Kuraklık ve iyileşme sonrası dönemlerde biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen verilerle gerçekleştirilen puanlamayı gösteren değerler Çizelge 4.22’de verilmiştir. Biyokimyasal analiz sonuçlarına göre, stres sonrası dönemde kuraklıktan en az etkilenen, bir başka deyişle en yüksek puan alan çeşitler Çöğür (98), Şekerpare (85) ve Çataloğlu (77) olmuştur. Kuraklık stresinden en fazla etkilenen yani en düşük puanları alan çeşitler ise Hacıhaliloğlu (37), Kadioğlu (39) ve Alkaya (44) olarak bulunmuştur. Bu kapsamda çeşitlerin duyarlıdan toleranta doğru sıralanışı Hacıhaliloğlu, Kadioğlu, Alkaya, Şalak, Çöloğlu, Hasanbey, Soğancı, Kabaası, Tokaloğlu, Çataloğlu, Şekerpare ve Çöğür şeklindedir.

İyileşme sonrası dönemde ise en yüksek puanı alan bir diğer deyişle parametreler bazında kontrole en yakın değerleri veren çeşitler ise 86 puanla Soğancı, 75 puanla Hasanbey ve 71 puanla Çöloğlu’dur. Buna göre çeşitlerin bu parametre grubu kapsamında iyileşme kabiliyetlerinin azdan çok doğru sıralanışı Kadioğlu, Tokaloğlu, Hacıhaliloğlu, Şekerpare, Şalak, Çöğür, Alkaya, Çataloğlu, Kabaası, Çöloğlu, Hasanbey ve Soğancı şeklindedir.

Çizelge 4.22 Biyokimyasal analizlere ilişkin puanlama

STRES SONRASI											
Çeşitler	TK	MDA	H ₂ O ₂	PRL	PROT	Kla	Klb	Top.Kl	KRT	FLV	Toplam
Alkaya	8	6	4	6	1	3	7	6	2	1	44
Çataloğlu	6	11	11	11	5	9	1	3	10	10	77
Çöğür	7	5	3	12	12	11	12	12	12	12	98
Çöloğlu	1	2	7	7	4	6	10	8	9	7	61
Hacıhaliloğlu	9	3	1	2	11	2	4	2	1	2	37
Hasanbey	5	12	12	4	6	8	3	4	8	8	70
Kabaaşı	3	9	10	10	2	7	5	5	11	11	73
Kadioğlu	4	4	9	3	3	1	2	1	7	5	39
Soğancı	2	10	6	9	7	10	6	10	3	9	72
Şalak	11	1	2	1	9	4	8	7	5	3	51
Şekerpare	12	8	8	5	10	12	9	11	6	4	85
Tokaloğlu	10	7	5	8	8	5	11	9	4	6	73
İYİLEŞME SONRASI											
Çeşitler	TK	MDA	H ₂ O ₂	PRL	PROT	Kla	Klb	Top.Kl	KRT	FLV	Toplam
Alkaya	9	6	4	5	1	11	12	12	6	3	69
Çataloğlu	6	9	8	9	6	7	4	5	10	5	69
Çöğür	8	1	2	12	8	5	9	8	2	8	63
Çöloğlu	4	4	5	10	5	10	10	11	5	7	71
Hacıhaliloğlu	3	3	1	1	12	9	11	10	3	2	55
Hasanbey	11	12	11	2	7	8	5	7	11	1	75
Kabaaşı	2	10	9	11	3	4	6	6	8	10	69
Kadioğlu	1	8	10	3	2	6	3	3	9	6	51
Soğancı	7	11	7	7	10	12	7	9	4	12	86
Şalak	10	5	12	4	4	1	1	1	12	11	61
Şekerpare	5	7	6	6	9	3	8	4	7	4	59
Tokaloğlu	12	2	3	8	11	2	2	2	1	9	52

4.4 Antioksidan Enzim Aktivitelerine İlişkin Sonuçlar

4.4.1 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların süperoksitdismutaz (SOD) enzim aktivitesine etkisi [U mg⁻¹ (prot)]

Yaprakların süperoksitdismutaz enzim aktivitesi (U mg⁻¹ (prot)) değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir. Buna göre kuraklık uygulaması sonunda kontrol bitkilerinin yaprakların SOD aktivitesi 37.70 ile 68.41 SOD U mg⁻¹ (prot), uygulama bitkilerinin yapraklarının SOD aktivitesi de 104.16 ve 374.69 U mg⁻¹ (prot) aralığında değişim göstermiştir. Kuraklık uygulaması tüm çeşitlerin SOD aktivitelerinde artışa neden olmuştur. Kontrollere göre yüzde artış oranları anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Uygulama bitkilerinde, kontrol bitkilerine göre SOD değerlerinde en fazla artış gösteren çeşitler Çataloğlu (%502.83), Hasanbey (%498.73) ve Çöloğlu (%492.20) olmuştur. Artış oranının en az olarak belirlendiği çeşitler ise Hacıhaliloğlu (%159), Soğancı (%238.97) ve Şalak (%247.02) olmuştur. İyileşme uygulaması sonunda ise tüm çeşitlerde SOD aktivitesinde azalmalar saptanmıştır. Çizelge incelendiğinde, iyileşme uygulaması sonrasında uygulama bitkileri ile kontrol bitkileri arasındaki fark en az olan çeşitlerin Şalak (%-3.81), Hacıhaliloğlu (%5.25) ve Soğancı olduğu görülmektedir. Farkın en yüksek olduğu çeşitler ise Çöloğlu (%93.29), Kabaası (%93.04) ve Alkaya (%85.59) şeklindedir.

Çizelge 4.23 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının süperoksitdismutaz (SOD) enzim aktivitesine etkisi

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	41.29	159.79	286.99 de	42.33	78.56	85.59 ab
Çataloğlu	42.40	255.60	502.83 a	46.15	76.31	65.35 b
Çögür	68.41	374.69	447.71 abc	77.65	126.25	62.59 bc
Çöloğlu	37.70	223.26	492.20 a	42.50	82.15	93.29 a
Hacıhaliloğlu	40.17	104.16	159.30 f	41.55	43.73	5.25 fg
Hasanbey	39.26	235.06	498.73 a	41.14	50.34	22.36 cd
Kabaası	40.52	228.26	463.33 ab	40.94	79.03	93.04 a
Kadioğlu	43.75	164.92	276.96 de	43.25	52.41	21.18 d
Soğancı	41.52	140.74	238.97 ef	43.83	47.71	8.85 ef
Şalak	43.32	150.33	247.02 de	51.50	49.54	-3.81 g
Şekerpare	41.62	163.98	293.99 b-e	43.32	47.58	9.83 def
Tokaloğlu	41.42	160.72	288.03 cde	41.61	49.51	18.99 de
Ortalama	43.45	196.79	349.67	46.31	65.26	40.21

4.4.2 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların peroksidaz (POD) enzim aktivitesine etkisi [$\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$]

Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının, çeşitlerin peroksidaz (POD) enzim aktivitesine [$\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$] etkisi Çizelge 4.24’de verilmiştir. Kuraklık uygulaması sonunda kontrol bitkilerinin POD değerleri 9.71 ile 24.41 ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$) aralığında bulunurken, aynı dönemde uygulama bitkilerinin POD aktivite 17.22 ile 104.50 ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$) arasında belirlenmiştir. Bitkilerde kuraklık stresinin etkilerinin artmasıyla birlikte yaprakların POD aktivitelerinde ciddi artışlar tespit edilmiş ve bu artışların oranı önemli olarak bulunmuştur ($p<0,05$). Kuraklık stresi altında yapraklarında POD aktivitesini en çok artıran çeşitler Çataloğlu, Soğancı ve Hasanbey olmuştur (%396.62 - %393.50 - %348.15). Buna karşın Hacıhaliloğlu çeşidinde artış miktarı en az olarak ölçülmüştür (%73).

İyileşme uygulaması sonunda ise strese maruz bırakılan bitkilerin yapraklarının POD aktivitelerinde azalışlar bulunmuştur. Bu dönemde, Çataloğlu çeşidi kontrole göre %1.15 oranında daha az POD aktivitesine sahipken, diğer tüm çeşitlerde uygulama bitkilerinin POD aktiviteleri kontrole göre daha fazla bulunmuştur. İyileşme sonunda kontrol ve uygulama grupları arasındaki en yüksek fark Çöğür (%104.11), Şekerpare (%97.32) ve Şalak (%92.71) çeşitlerinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.24 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının peroksidaz (POD) enzim aktivitesine etkisi.

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	11.33	35.56	213.86 def	13.85	15.53	12.13 ef
Çataloğlu	10.06	49.96	396.62 a	13.01	12.86	-1.15 g
Çöğür	24.41	104.5	328.10 abc	29.94	61.11	104.11 a
Çöloğlu	9.77	38.46	293.65 bcd	12.65	17.48	38.18 cd
Hacıhaliloğlu	9.95	17.22	73.07 f	12.68	13.62	7.41 fg
Hasanbey	11.63	52.12	348.15 ab	14.93	18.25	22.24 de
Kabaası	11.09	34.16	208.03 ef	12.61	14.67	16.34 de
Kadıoğlu	11.79	41.77	254.28 cde	14.87	26.74	79.83 bc
Soğancı	10.62	52.41	393.50 a	13.91	23.93	72.03 bc
Şalak	10.30	45.41	340.87 abc	13.58	26.17	92.71 a
Şekerpare	10.82	41.76	285.95 b-e	14.18	27.98	97.32 a
Tokaloğlu	10.44	45.09	331.90 abc	15.56	18.35	17.93 de
Ortalama	11.85	46.54	289.00	15.15	23.06	46.59

4.4.3 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesine etkisi [nmol min⁻¹ (prot) mg⁻¹]

Kuraklık ve iyileşme uygulamaları sonunda farklı çeşitlerin yapraklarının APX (nmol min⁻¹ (prot) mg⁻¹) aktiviteleri değerleri Çizelge 4.25’de verilmiştir. Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin yapraklarının APX aktivitelerinde ciddi artışlar bulunmuştur. Çeşitlerin uygulama bitkilerinin kontrol bitkilerine göre artış oranları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En fazla artışın görüldüğü çeşitler, Çöğür (%608.00), Çataloğlu (%425.81) ve Kabaası (%416.03) çeşitleri olurken, artış miktarının en az olduğu çeşitler ise Alkaya (%126.31), Hacıhaliloğlu (%156.60) ve Kadioğlu (%161.31) olarak belirlenmiştir.

İyileşme uygulaması sonundaki durum incelendiğinde, yeniden sulama uygulaması ile birlikte tüm çeşitlerde yaprakların APX aktivitelerinde azalmalar tespit edilmiştir. Bu dönemde kuraklık bitkileri ile kontrol bitkilerinin APX aktivite değerleri birbirine en yakın olan çeşitler Tokaloğlu (%43.49), Şalak (%55.16) ve Soğancı (%59.44) olarak belirlenmiştir. Çöğür, Hasanbey ve Çataloğlu çeşitlerinde ise en yüksek farklar ölçülmüştür. (%176.57, %142.72, %95.00)

Çizelge 4.25 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının askorbatperoksidaz (APX) enzim aktivitesine etkisi.

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	61.11	138.35	126.31 g	65.71	118.10	79.73 cde
Çataloğlu	61.41	322.94	425.81 ab	60.82	118.60	95.00 bc
Çöğür	70.41	498.52	608.00 a	79.98	221.20	176.57 a
Çöloğlu	65.52	201.71	207.84 de	63.57	116.00	82.48 bcd
Hacıhaliloğlu	60.39	154.62	156.00 fg	61.17	109.44	78.85 cde
Hasanbey	64.20	368.28	473.52 ab	63.57	154.36	142.72 ab
Kabaası	61.12	315.40	416.03 bc	61.92	112.65	81.85 cde
Kadioğlu	64.33	168.16	161.31 ef	66.28	113.62	71.39 cde
Soğancı	63.69	198.80	212.14 d	63.41	101.13	59.44 def
Şalak	66.49	202.44	204.41 de	65.61	101.85	55.16 ef
Şekerpare	62.14	168.13	170.52 def	69.26	114.11	64.74 c-f
Tokaloğlu	62.88	207.90	230.63 cd	65.01	93.28	43.49 f
Ortalama	63.64	245.44	282.71	65.53	122.86	85.95

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

4.4.4 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların glutatyon redüktaz (GR) enzim aktivitesine etkisi [nmol min⁻¹ (prot) mg⁻¹]

Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının, bitkilerin yapraklarının glutatyon redüktaz enzim aktivitesine etkileri Çizelge 4.26’da verilmiştir. Kuraklık uygulaması ile tüm çeşitlerin yapraklarının GR aktivitelerinde artışlar meydana gelmiş ve bu artışlar istatistiksel anlamda önlemlili bulunmuştur ($p<0.05$). Buna göre, kuraklık uygulaması sonunda kontrol grubu bitkilerine göre uygulama bitkilerinin yapraklarının GR enzim aktivitesinde en yüksek artış Çöğürde belirlenmiştir (%541.20). Bunu sırasıyla Hasanbey (%239.80) ve Kabaaşı (%166.90) izlemiştir. Artış miktarının en az olduğu çeşitler ise Şekerpare (%4.44) Alkaya (%19.91) ve Hacıhaliloğlu (%43.91) olarak bulunmuştur.

Yeniden sulama ile birlikte uygulama bitkilerinin tüm çeşitlerinin yapraklarının GR aktivitesinde azalmalar belirlenmiştir. Uygulama bitkilerinde en yüksek değer 200,73 [nmol min⁻¹ (prot) mg⁻¹] ile Çataloğlu ve en düşük değer 101,68 [nmol min⁻¹ (prot) mg⁻¹] ile Kadioğlu çeşitlerinden elde edilmiştir. Kontrol bitkileri ile arasında en az fark olan çeşitler Kadioğlu (%0.49), Alkaya (%13.51) ve Hacıhaliloğludur. (%28.12)

Çizelge 4.26 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının glutatyon redüktaz (GR) enzim aktivitesine etkisi.

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	93.07	111.6	19.91 ef	88.80	100.81	13.51 d
Çataloğlu	96.82	245.1	153.15 b	105.0	200.73	91.14 a
Çöğür	87.45	541.2	518.87 a	112.2	198.22	76.65 abc
Çöloğlu	89.67	231.4	158.06 b	97.13	137.81	41.87 bcd
Hacıhaliloğlu	91.31	131.4	43.91 de	95.69	122.64	28.12 cd
Hasanbey	67.04	227.8	239.80 a	98.31	198.93	102.32 a
Kabaaşı	93.22	248.8	166.90 b	97.33	193.62	98.91 a
Kadioğlu	42.10	103.3	145.37 bc	102.1	101.68	-0.49 e
Soğancı	90.87	226.8	149.59 bc	96.69	171.72	77.58 abc
Şalak	91.24	230.7	152.85 b	99.63	197.03	97.73 a
Şekerpare	95.62	99.87	4.44 f	100.4	103.05	2.59 de
Tokaloğlu	84.23	178.8	112.28 cd	88.27	166.66	88.74 ab
Ortalama	85.22	214.73	155.43	98.46	157.74	59.89

4.4.5 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının yaprakların aldoz redüktaz (ALR) enzim aktivitesine etkisi ($\mu\text{mol NADPH dak}^{-1} \text{ mg protein}^{-1}$)

Farklı gruptaki bitkilerin, kuraklık ve iyileşme uygulamaları sonunda aldozredüktaz enzim aktiviteleri değerleri ($\mu\text{mol NADPH dak}^{-1} \text{ mg protein}^{-1}$) Çizelge 4.27’de gösterilmiştir. Kuraklık stresi ile birlikte, diğer antoiksidan enzimlerde olduğu gibi, tüm çeşitlerin ALR aktivitelerinde de artışlar gözlenmiştir. Bu dönemde çeşitlerin kontrollerine göre artış oranı istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). Kuraklık stresi ile birlikte ALR enzim aktivitesi en çok artan çeşitler Çöloğlu (%362.57), Şalak (%361.60) ve Şekerpare (%251.84) olurken, artışın en az görüldüğü çeşitler ise Alkaya (%144.14), Çataloğlu (%182.58) ve Tokaloğlu (%186.59) olmuştur.

İyileşme uygulaması sonundaki ALR değerleri incelendiğinde, sulama ile birlikte tüm çeşitlerin uygulama bitkilerinin yapraklarının ALR aktivitelerinin azaldığı görülebilir. Bu dönemde uygulama bitkilerinin kontrol grubu bitkilere göre farkları incelendiğinde, Hasanbey (%0.91), Şalak (%4.88) ve Hacıhaliloğlu (%5.08) çeşitlerinde farkların en düşük, Çöğür (%112.59), Çöloğlu (%103.61) ve Kadioğlu (%30.68) çeşitlerinde ise farkların en yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.27 Kuraklık ve iyileşme uygulamalarının aldozredüktaz (ALR) enzim aktivitesine etkisi

Çeşitler	Stres Uygulaması Sonrası			İyileşme Sonrası		
	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)	Kontrol	Uygulama	Değişim (%)
Alkaya	0.47	1.15	144.14 f	0.58	0.65	11.22 cde
Çataloğlu	0.48	1.35	182.58 ef	0.69	0.83	19.87 bc
Çöğür	0.59	2.40	304.54 abc	0.83	1.77	112.59 a
Çöloğlu	0.35	1.61	362.57 a	0.24	0.49	103.61 a
Hacıhaliloğlu	0.45	1.34	195.41 de	0.53	0.56	5.08 fg
Hasanbey	0.51	1.60	217.12 cde	0.87	0.87	0.91 h
Kabaası	0.46	1.51	225.76 cde	0.70	0.76	8.77 de
Kadioğlu	0.53	1.54	191.41 de	0.81	1.06	30.68 b
Soğancı	0.40	1.20	202.68 de	0.55	0.59	7.34 ef
Şalak	0.34	1.59	361.60 a	0.67	0.71	4.88 g
Şekerpare	0.46	1.61	251.84 bcd	0.64	0.72	12.00 cd
Tokaloğlu	0.35	1.02	186.59 e	0.55	0.60	7.94 de
Ortalama	0.45	1.49	235.52	0.64	0.80	27.07

Yüzde değişimler arasındaki farklar, $\alpha = 0,05$ düzeyinde önemlidir.

Yapraklardaki Süperoksit Dismutaz (SOD) aktivitesi, bitkilerin kuraklık stresine karşı tepkisinde önemli bir role sahiptir. Kuraklık stresi, bitki hücrelerinde ROT birikimine yol açar. ROT'lar, hücrelerde oksidatif hasara neden olabilen zararlı bileşiklerdir. SOD enzimi, süperoksit radikallerini temizleyerek ROT'ların birikimini önler ve bitkilerin oksidatif stresle başa çıkmasına yardımcı olur. Birçok çalışma, kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde SOD aktivitesinin arttığını göstermektedir. Bu artış, bitkilerin kuraklığa karşı savunma mekanizmasının bir parçası olarak kabul edilir. Bu çalışmada da kuraklık stresi ile birlikte, tüm çeşitlerin yapraklarında SOD aktivitesinin arttığı sonucuna varılmıştır. Kuraklık uygulaması sonunda, uygulama bitkilerinde, kontrol bitkilerine göre SOD değerlerinde en fazla artış gösteren çeşitler Çataloğlu (%502), Hasanbey (%498) ve Çöloğlu (%492) olmuştur. Artış oranının en az olarak belirlendiği çeşitler ise Hacıhaliloğlu (%159), Soğancı (%238) ve Şalak (%247) olmuştur. İyileşme uygulaması sonunda yeniden sulama ile birlikte uygulama bitkilerinin yapraklarının SOD aktivitelerinde düşüşler tespit edilmiştir.

Oksidatif stresin, ROT'ların hücrelerde birikmesiyle meydana geldiğinden daha önce bahsedilmişti. Bu durum, bitkilerde genetik materyal, proteinler ve hücresel zarlar gibi yapısal bileşenlerin zarar görmesine de neden olabilir. Bitkilerin oksidatif stresle mücadele etmek için geliştirdiği mekanizmalardan bir diğeri de, peroksidaz (POD) gibi antioksidan enzimlerin aktivasyonu ve artan üretimidir. POD, ROT'ları hücrelerden uzaklaştırmak ve oksidatif hasarı azaltmak için hidrojen peroksiti H_2O_2 ve O_2 'ye parçalar. Kuraklık stresi altında, bitkilerde POD enzim aktiviteleri artar. Bu artış, bitkilerin kuraklığa karşı savunma stratejilerinden biridir ve ROT'ların neden olduğu hasarı azaltmaya yardımcı olur. Benzer şekilde, bu çalışmada da kuraklık stresi altında kayısı bitkilerinin yaprakların da POD enzim aktivitesi değerlerinde de artışlar görülmüştür. Çeşitler arasında en yüksek artış Çataloğlu (%396.62), Soğancı (%393.50) ve Hasanbey (%348.15) çeşitlerinde bulunmuştur. En düşük artışlar Hacıhaliloğlu (%73.07) ve Kabaası (%208.03) çeşitlerinde tespit edilmiştir. Bu çeşitlerdeki POD enzim aktivitesindeki artışlar diğer çeşitlere kıyasla daha düşüktür. İyileşme uygulaması sonrası elde edilen değerler incelendiğinde ise, Çataloğlu çeşidinde uygulama bitkileri ile kontrol bitkileri arasındaki fark negatif (-%1.15) iken, Çöğürde ise fark oldukça yüksek (%104.11) olarak bulunmuştur. POD aktivitesindeki aşırı artışın bitkilerin kuraklık toleransı ile ilişkili olduğu ve toleransı artırabileceği bildirilmiştir (Gillham ve Dodge, 1987). Buğdayda (Sairam ve Saxena, 2000), narda

(Pourghayoumi vd., 2017), zeytinde (Sofo vd., 2005), elma ve armutta (Bolat vd., 2014), erikte (Bolat vd., 2016), mandarinde (Sarkar vd., 2016) ve dutta (Reddy vd., 2004) kurak şartlar altında POD miktarında artışlar rapor edilmiştir. Ancak, domatestede POD miktarında azalmanın rapor edildiği çalışmalar da mevcuttur (Behnamnia, 2009).

Antioksidan enzimlerden biri olan askorbat peroksidaz (APX), bitkilerde ROT'ları uzaklaştırmak için önemli bir rol oynar. Kuraklık stresi altında, bitkilerin APX aktivitesi genellikle artar. Yüksek APX aktivitesi, bitkilerin antioksidan kapasitesini artırarak ROT'ların zararlı etkilerini azaltmaya yardımcı olur. APX enzimi, hidrojen peroksiti (H_2O_2) askorbata indirgeyerek su ve dehidroaskorbat (DHA) oluşturur. Bu reaksiyon, H_2O_2 'nin zararlı etkilerini nötralize eder ve bitkilerin oksidatif stresle başa çıkmasına yardımcı olur. Ayrıca, APX aktivitesindeki artış, bitkilerin fotosentez verimliliğini koruyabilir ve stres altında yaşamalarını sağlayabilir. Ancak, aşırı kuraklık stresi APX aktivitesini aşırı artırabilir ve bitki dokusunda zararlı olabilir. Bu nedenle, bitkilerin kuraklık stresine uyum sağlamak için APX aktivitesini düzenlemesi önemlidir (Jardim-Messeder vd. 2023). Kuraklık stresi sonunda, Alkaya çeşidinde en düşük APX aktivitesi artışı (%126.31) tespit edilirken, en yüksek artışlar Çöğür (%608.00), Hasanbey (%473.52) ve Çataloğlu (%425.81) çeşitlerinde bulunmuştur. Bu çeşitlerdeki belirgin artışlar, kuraklık stresinin bitkilerin antioksidan savunma sistemini uyardığını ve APX enziminin aktivitesini artırdığını göstermektedir. Özellikle Çataloğlu, Çöğür ve Hasanbey çeşitlerindeki yüksek APX aktivitesi artışları, bu çeşitlerin kuraklığa karşı daha dirençli olduğunu ve antioksidan savunma mekanizmalarını daha etkin bir şekilde harekete geçirdiğine işaret etmektedir. Diğer yandan, Alkaya, Hacıhaliloğlu ve Kadioğlu çeşitlerindeki düşük APX aktivitesi artışları, bu çeşitlerin kuraklık stresine karşı daha az adaptasyon gösterdiğini ve antioksidan savunma sistemlerindeki etkinliğin sınırlı olduğunu düşündürmektedir. İyileşme sonrası dönem incelendiğinde ise, sulama uygulaması ile genel olarak bitkilerin APX enzim aktiviteleri azalmıştır. Ancak hala kontrole göre farklar görülmektedir. Kontrol grubuyla en az fark gösteren çeşit Tokaloğlu (%43.49), en fazla fark gösteren çeşit ise Çöğür (%176.57) olmuştur. Stres uygulaması nedeniyle yüksek bir seviyeye çıkan aktivite seviyelerinin, iyileşme uygulaması sonrasında azalması daha zor olabilir. Çünkü bitkilerin bu yüksek aktivite seviyelerine adapte olması zaman alabilir ve bu süreç, stres sonrası iyileşme sürecinin uzunluğunu etkileyebilir. Stres sonrası iyileşme uygulamasının etkili olabilmesi için, bitkilerin

stres nedeniyle artan aktivite seviyelerinin normal seviyelere dönmesi önemlidir. Ancak bu süreç, farklı çeşitler arasında farklılık gösterebilir ve bazı çeşitlerde bu azalma daha zor olabilir (Chmielowska-Bąk ve Deckert, 2021).

Glutasyon redüktaz (GR) enzimi, bitkilerde antioksidan savunma sisteminin önemli bir parçasıdır ve hücrelerde oksidatif stresin etkilerini azaltmada kritik bir rol oynar. Bu enzim, glutasyonu (GSH) oksitlenmiş formuna (GSSG) dönüştürerek antioksidan kapasiteyi yeniden kazandırır. Kuraklık stresi altındaki bitkilerde GR enzimi aktivitesinde belirgin artışlar beklenir. Bu artış, bitkilerin oksidatif stresle mücadele etme yeteneğini artırmaya yardımcı olur. GR aktivitesindeki bu artış, hücrelerde GSH seviyelerinin korunmasını sağlar ve oksidatif hasarı azaltır. Ayrıca, kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde GR aktivitesindeki artışlar, hücrel redoks dengesinin korunmasına yardımcı olur. Ancak, aşırı veya uzun süreli kuraklık stresi altında, GR aktivitesindeki artışlar yetersiz kalabilir veya hatta azalabilir. Bu durum, bitkinin stresle başa çıkma kapasitesinin sınırlarına ulaşması veya stres altında kaynakların tükenmesiyle ilişkilendirilebilir. GR enziminin aktivitesindeki bu azalma, hücrel redoks dengesinin bozulmasına ve oksidatif hasarın artmasına neden olabilir (Arıkan ark. 2022). Gerçekten de, kuraklık stresine maruz bırakılan kayısıların yapraklarının GR enzim aktivitesinde artışlar tespit edilmiştir. En yüksek GR aktivite artışı, %518.87 ile Çöğürde bulunurken, bunu %239.80 artış ile Hasanbey ve %166.90 artış ile Kabaaşı izlemiştir. Bu çeşitlerdeki yüksek artışlar, kuraklığa karşı tepki verme kabiliyetlerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, en az GR aktivite artışı %4.44 ile Şekerpare çeşidinde bulunmuştur. Şekerpare çeşidini, %19.91 ile Alkaya ve %43.91 ile Hacıhaliloğlu takip etmiştir. Bu çeşitlerdeki düşük artışlar, kuraklığa karşı tepki verme kabiliyetlerinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Özellikle, Alkaya ve Hacıhaliloğlu çeşitlerindeki düşük artışlar, bu çeşitlerin kuraklık stresine karşı duyarlı olabileceğini düşündürmektedir.

ALR (Aldoz Redüktaz), bitkilerde ve diğer organizmalarda bulunan bir enzimdir ve genellikle stres koşullarında artan bir aktiviteye sahiptir. ALR, aldehytlerin NADPH ile indirgenmesini katalize ederek hücrel redoks dengesini korur. Kuraklık stresi gibi durumlarda bitkilerin hücrel redoks dengesini korumak için ALR aktivitesi artar. ALR, aldehyt bileşiklerini NADPH ile indirgeyerek alkolik bileşiklere dönüştürür. Bu reaksiyon, hücrel redoks dengesini yeniden kurarak ve oksidatif hasarın etkilerini azaltarak bitkilerin stresle başa çıkmasına yardımcı olur. ALR'nin yüksek aktivitesi,

bitkilerin stres altında lipid peroksidasyonunu azaltmasına ve dolayısıyla oksidatif hasarı önlemesine yardımcı olur. Kuraklık stresi altında meydana gelen bu artışlar, bitkilerin stres altında oksidatif hasarı azaltmak ve hücrel bütünlüğü korumak için ALR'yi daha fazla kullanmasından kaynaklanır (Laxa vd., 2019). Bu çalışmada, kuraklık stresinin etkisiyle en yüksek ALR aktivitesi artışı Çöloğlu çeşidinde (%362.57) bulunurken, Şalak (%361.6) ve Çöğür (%304.54) çeşitlerinde de belirgin bir şekilde yüksek artışlar kaydedilmiştir. Diğer yandan, en düşük artış oranları Alkaya (%144.14), Çataloğlu (%182.58) ve Tokaloğlu (%186.59) çeşitlerinde görülmüştür. Bu sonuçlar, farklı kayısı çeşitlerinin kuraklık stresine farklı şekillerde yanıt verdiğini ve ALR aktivitesindeki artışların çeşitlere göre değişiklik gösterebileceğini göstermektedir. İyileşme sonrası dönem incelendiğinde ise, kontrol grubu bitkilere en yakın ALR aktivite değerlerini veren çeşitler Hasanbey (%0.91), Şalak (%4.88) ve Hacıhaliloğlu (%5.08) olduğu görülebilir. Öte yandan, Çöğür ve Çöloğlu çeşitlerinde bu parametre bazında iyileşme sürecinde kontrole göre daha büyük farklılıklar ön plana çıkmıştır (%112.59 ve %103.61). ALR enzimi, bitkilerde karbonhidrat metabolizmasında önemli bir rol oynamaktadır ve karbohidratların redüksiyonu sürecinde yer alır. Kuraklık gibi stres koşulları altında, bitkilerde ALR aktivitesinde artışlar beklenir. Örneğin, Çulha Erdal vd. (2021) yaptıkları çalışmada, aspir bitkisinde kuraklık stresinin ALR enzim aktivitesini artırdığını bulmuşlardır. Benzer şekilde, Javidi vd. (2022) tarafından yapılan bir araştırmada, nohutta kuraklık stresinin ALR aktivitesini artırdığı rapor edilmiştir. Ayrıca, ALR enzimi aktivitesindeki artışın, kuraklık stresine karşı bitkilerin adapte olma mekanizmalarından biri olduğu düşünülmektedir. Örneğin, Garg vd. (2012) yaptıkları çalışmada, arpa bitkisinde kuraklık stresi altında artan ALR aktivitesinin, bitkinin oksidatif stresle mücadele yeteneğini artırdığını belirtmişlerdir.

4.4.6 Antioksidan Enzim Aktivitelerine İlişkin Puanlama

Kuraklık stresi sonunda, antioksidan enzim aktivite parametre değerleri en çok artan çeşitlere en yüksek puan (12) ve iyileşme sonrasında en fazla iyileşme gösteren (kontrole en fazla yaklaşan) çeşide en yüksek puan (12) verilmiştir. Buna dayanarak elde edilen veriler Çizelge 4.28'de verilmiştir. Buna göre antioksidan enzim aktiviteleri kapsamında en yüksek puanı alan çeşitler Hasanbey (50), Çöğür (49) ve Çataloğlu (44) olurken, en düşük puanı alanlar Hacıhaliloğlu (12), Alkaya (12) ve Kadioğlu (20) olmuştur. Bu kapsamda çeşitlerin duyarlıdan toleranta doğru sıralanışı

Hacıhaliloğlu, Alkaya, Kadioğlu, Şekerpere, Tokaloğlu, Soğancı, Şalak, Kabaası, Çöloğlu, Çataloğlu, Çöğür ve Hasanbey şeklindedir.

İyileşme sonrası dönemdeki puanlar incelendiğinde ise antioksidan enzim aktivite değerleri sulama ile birlikte azalarak kontrole en fazla yaklaşan yani en yüksek puanı alan çeşitler Çöğür (50), Çöloğlu (44) ve Kabaası (40) olmuştur. Bu parametre grubu kapsamında çeşitlerin iyileşme kabiliyetlerinin azdan çok doğru sıralanışı Hacıhaliloğlu, Tokaloğlu, Soğancı, Şalak, Şekerpere, Alkaya, Kadioğlu, Hasanbey, Çataloğlu, Kabaası, Çöloğlu ve Çöğür şeklinde olmuştur.

Çizelge 4.28 Antioksidan Enzim Aktivitelerine İlişkin Puanlama

STRES SONRASI						
Çeşitler	SOD	POD	APX	GR	ALR	Toplam
Alkaya	5	3	1	2	1	12
Çataloğlu	12	12	10	8	2	44
Çöğür	8	7	12	12	10	49
Çöloğlu	10	6	6	9	12	43
Hacıhaliloğlu	1	1	2	3	5	12
Hasanbey	11	10	11	11	7	50
Kabaası	9	2	9	10	8	38
Kadioğlu	4	4	3	5	4	20
Soğancı	2	11	7	6	6	32
Şalak	3	9	5	7	11	35
Şekerpere	7	5	4	1	9	26
Tokaloğlu	6	8	8	4	3	29
İYİLEŞME SONRASI						
Çeşitler	SOD	POD	APX	GR	ALR	TOPLAM
Alkaya	10	3	7	3	7	30
Çataloğlu	9	1	10	9	9	38
Çöğür	8	12	12	6	12	50
Çöloğlu	12	7	9	5	11	44
Hacıhaliloğlu	2	2	6	4	3	17
Hasanbey	7	6	11	12	1	37
Kabaası	11	4	8	11	6	40
Kadioğlu	6	9	5	1	10	31
Soğancı	3	8	3	7	4	25
Şalak	1	10	2	10	2	25
Şekerpere	4	11	4	2	8	29
Tokaloğlu	5	5	1	8	5	24

4.5 Tüm Parametre Gruplarına İlişkin Puanlama ve Isı Haritaları

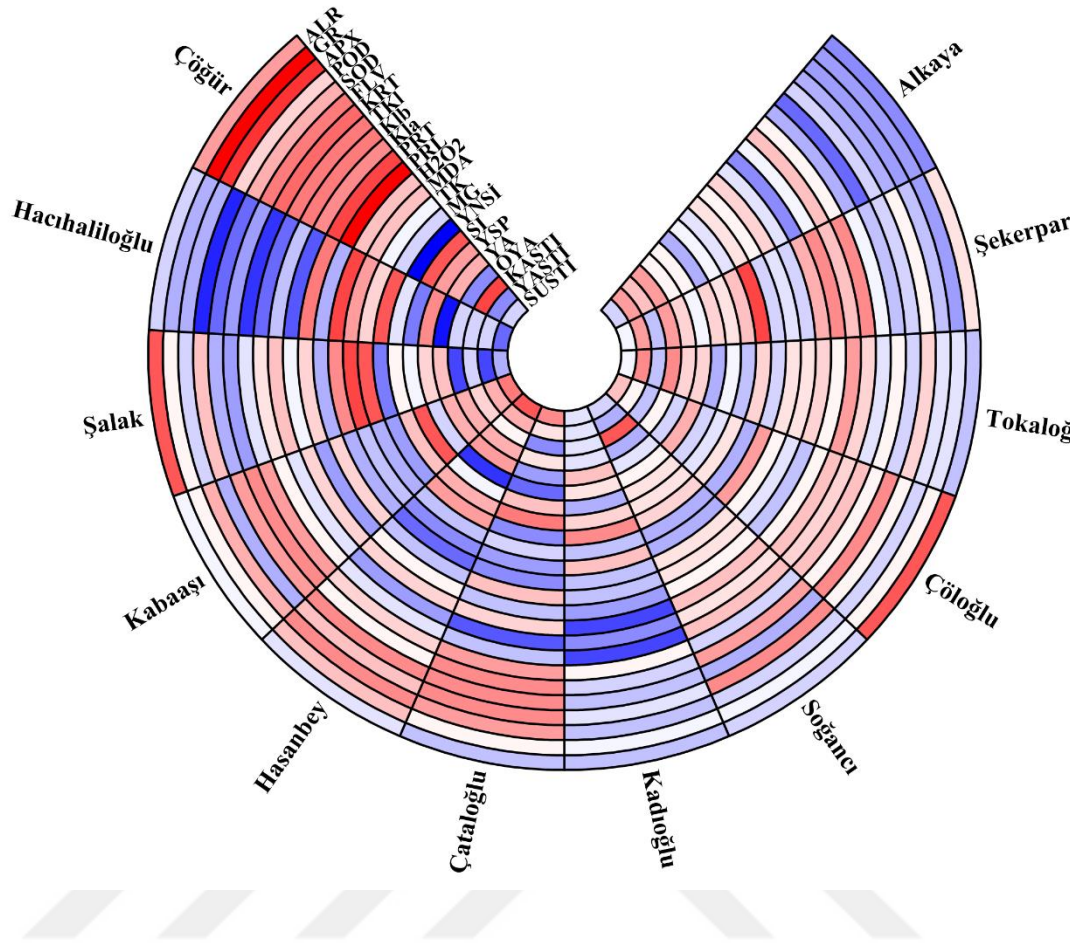
Tez çalışması kapsamında kuraklık sonrası ve iyileşme dönemi için ölçülen tüm parametrelerin çeşitler bazında toplam puanları en çoktan en aza doğru Çizelge 4.29’da gösterilmiştir. Buna göre kuraklık stresi sonrasında en fazla puanı toplayan çeşitler Kabaası (202), Hasanbey (201) ve Çöğür (199) olurken, Hacıhaliloğlu (67), Kadioğlu (116) ve Alkaya (117) en düşük puanlara sahip çeşitler olarak bulunmuştur. Bilgiler ışığında, çeşitlerin kuraklık stresine toleranttan duyarlıya doğru sıralanışının Kabaası, Hasanbey, Çöğür, Çataloğlu, Şekerpere, Soğancı, Tokaloğlu, Çöloğlu, Şalak, Alkaya, Kadioğlu ve Hacıhaliloğlu şeklinde olduğu söylenebilir. İyileşme sonundaki puanlar incelendiğinde ise yine en fazla puanı alan çeşitlerin Kabaası (198), Hasanbey (191) ve Çöğür (183) şeklinde sıralandığı görülmektedir. Bu dönemde ise çeşitlerin iyileşme kabiliyetleri yüksekten düşüğe Kabaası, Hasanbey, Çöğür, Çöloğlu, Çataloğlu, Soğancı, Alkaya, Şekerpere, Şalak, Kadioğlu, Tokaloğlu ve Hacıhaliloğlu şeklinde sıralanmıştır.

Çizelge 4.29 Tüm Parametre Gruplarına İlişkin Puanlama

KURAKLIK SONRASI					
	MP	FP	BP	AEP	TOPLAM
Kabaası	49	42	73	38	202
Hasanbey	48	33	70	50	201
Çöğür	30	22	98	49	199
Çataloğlu	25	44	77	44	190
Şekerpere	30	29	85	26	170
Soğancı	34	29	72	32	167
Tokaloğlu	39	20	73	29	161
Çöloğlu	26	17	61	43	147
Şalak	20	29	51	35	135
Alkaya	39	22	44	12	117
Kadioğlu	37	20	39	20	116
Hacıhaliloğlu	13	5	37	12	67

Çizelge 4.29. (devamı)

İYİLEŞME SONRASI					
	MP	FP	BP	AEP	TOPLAM
Kabaaşı	45	44	69	40	198
Hasanbey	43	36	75	37	191
Çögür	48	22	63	50	183
Çöloğlu	36	24	71	44	175
Çataloğlu	23	39	69	38	169
Soğancı	30	22	86	25	163
Alkaya	28	22	69	30	149
Şekerpare	23	32	59	29	143
Şalak	28	23	61	25	137
Kadioğlu	36	18	51	31	136
Tokaloğlu	35	25	52	24	136
Hacıhaliloğlu	15	5	55	17	92



Şekil 4.1. Tüm parametrelere ilişkin ısı haritası

Çalışma kapsamında, farklı çeşitlerin kuraklık stresine karşı morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve antioksidan enzim parametrelerine ilişkin sonuçlar bir sıcaklık haritası kullanılarak görselleştirilmiştir (Şekil 4.1). Çeşitlerin parametreler nezdinde göstermiş oldukları performanslarının görsel olarak karşılaştırılması, belirli çeşitlerin hangi parametrelerde üstün veya zayıf olduğunu daha açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Örneğin, Çöğür, Çataloğlu, Kabaası ve Hasanbey antioksidan enzim parametrelerinde yüksek değerlere sahipken bir başka deyişle kuraklık stresi altında antioksidan enzim değerlerini yüksek seviyelerde artırırken (kırmızı renk), Hacıhaliloğlunda ise bu artış daha düşük seviyelerdedir (mavi renk). Benzer şekilde, biyokimyasal parametreler kapsamında da Çöğürün, diğer çeşitlere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Ayrıca, morfolojik ve biyokimyasal parametreler kapsamında, farklı çeşitlerin, farklı parametrelerde ön plana çıktığı anlaşılmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Malatya'da yetiştirilen önemli kayısı çeşitlerinin kuraklık stresine olan tepkilerini değerlendirmek ve stres sonrası yeniden sulama ile iyileşme durumlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

Çeşitler kuraklık stresi altında morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve antioksidan enzim parametreleri açısından farklı tepkiler göstermektedir. Morfolojik ve fizyolojik özellikler kapsamında öne çıkan çeşitler Kabaası, Hasanbey ve Çataloğlu olurken, biyokimyasal özellikler kapsamında Çöğür ve Soğancı, antioksidan enzim aktiviteleri kapsamında da Hasanbey ve Çöğür ön plana çıkmıştır. Puanlamaya göre kuraklık stresine en tolerant ve kuraklık stresi sonrası iyileşme kabiliyeti en yüksek çeşitler Kabaası, Hasanbey ve Çöğür olarak bulunurken, Hacıhaliloğlu, Kadioğlu, Tokaloğlu ve Alkaya en duyarlı çeşitler olarak bulunmuştur. Özellikle stres sonrasında yeniden sulama ile iyileşme kabiliyeti, çeşitler arasında belirgin farklılıklar göstermiştir. Bazı çeşitler, kuraklık stresine karşı daha toleranslı olup stres sonrasında hızla iyileşirken, diğerleri ise stres sonrası iyileşme kabiliyetinde zayıf kalmıştır. Ancak bütün özellikler bir arada değerlendirildiğinde kuraklık stresine en toleranslı çeşit Kabaası, en duyarlı çeşit ise Hacıhaliloğlu olarak belirlenmiştir. Hacıhaliloğlu çeşidinin Malatya'da en yaygın yetiştirilen çeşit olmasına rağmen kuraklığa karşı en duyarlı bulunması, kayısı yetiştiriciliği açısından önemli bir bulgu olarak değerlendirilmelidir. Bu bulgunun temelinde, Hacıhaliloğlu çeşidinin antioksidan enzim aktivitesinin diğer çeşitlere göre belirgin şekilde düşük olması yatmaktadır. Özellikle, süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR) ve peroksidaz (POD) aktivitelerinin kuraklık stresi altında diğer çeşitlere nazaran daha düşük olarak bulunması, bu çeşidin oksidatif stresle başa çıkma yeteneğinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Antioksidan enzimlerin bu düşük aktivitesi, hücrel oksidatif hasarın artmasına ve dolayısıyla kuraklık stresinin daha fazla hissedilmesine yol açmıştır. Ayrıca, Hacıhaliloğlu çeşidinin prolin gibi osmolitleri yeterli miktarda sentezleyememesi, bu çeşidin kuraklık sırasında su kaybını telafi etme kapasitesini daha da sınırlamıştır. Prolin, bitkilerde kuraklık stresinin etkilerini azaltmada önemli bir rol oynar ve bu çeşidin düşük prolin içeriği, hücrel turgor basıncının korunmasını ve oksidatif hasarın azaltılmasını zorlaştırmıştır. Bu bulgular, Hacıhaliloğlu çeşidinin kuraklık koşullarında oksidatif hasarın yönetilmesi ve osmolit sentezinin

güçlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Kuraklık stresine karşı duyarlılığı, bu çeşidin su kısıtlı ortamlar için uygunluğunu sınırlamaktadır ve bu nedenle, kuraklık toleransını artırmaya yönelik genetik ve biyokimyasal iyileştirmelerin bu çeşide yönelik geliştirilmesi önem arz etmektedir. Genetik araştırmalar, çeşitler arasındaki genetik farklılıkların, kuraklık toleransı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşın bu çeşidin kuraklık stresine karşı gösterdiği fizyolojik ve metabolik tepkiler daha detaylı olarak incelenmelidir. Belki de bu çeşidin kuraklık stresine karşı tepki mekanizmaları diğer çeşitlerden daha komplekstir. Bu bulgu, Hacıhaliloğlu çeşidinin ıslah çalışmaları için bir odak noktası olabilir. Bu çalışmalar, çeşidin kuraklığa karşı dayanıklılığını artırmayı amaçlayabilir ve böylelikle Malatya'da yaygın olarak yetiştirilen bu çeşidin sürdürülebilirliğini sağlayabilir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, Hacıhaliloğlu çeşidinin Malatya'da en yaygın yetiştirilen kayısı çeşitlerinden biri olmasına rağmen, kuraklık stresine karşı duyarlılığının yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, Hacıhaliloğlu çeşidinin kuraklık stresine maruz bırakıldığında geri dönüş kabiliyetinin kısıtlı olduğunu ve bu nedenle kuraklık koşullarında bu çeşidin sürekli ve düzenli sulama rejimine tabi tutulmasının gerekliliğini vurgulamaktadır. Kuraklık stresine duyarlılığın, oksidatif stres yönetimi ve osmolit sentezi konularındaki sınırlılıklardan kaynaklandığı göz önüne alındığında, bu çeşidin su kısıtlamasından kaçınılarak optimum sulama programları ile desteklenmesi, verim ve kalite açısından kritik bir önem taşımaktadır. Bu bulgular, Hacıhaliloğlu çeşidinin kuraklık stresine karşı duyarlılığının azaltılması için genetik ve biyokimyasal iyileştirme çalışmalarının gerekliliğine işaret etmektedir. Öte yandan, Kabaası çeşidi ise bu çalışmada kuraklık stresine en toleranslı çeşitlerden biri olarak belirlenmiştir. Kabaası'nın yüksek antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, APX, GR, POD) ve prolin gibi osmolitlerin etkin şekilde birikimi, bu çeşidin oksidatif stresle başa çıkma ve su kaybını telafi etme yeteneğini artırarak, kuraklık koşullarında daha dirençli olmasını sağlamıştır. Bu sonuçlar, Kabaası çeşidinin su kısıtlı bölgelerde yetiştiricilik için uygun bir çeşit olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, çeşitler arasındaki genetik farklılıkların yanı sıra yetiştirme koşullarının da önemli olduğunu göstermektedir. Özellikle çalışmada kullanılan anaçların homojen olmaması ve denemenin son döneminde yüksek sıcaklık stresinin etkileri göz ardı edilmemelidir. Bu faktörler, elde edilen sonuçların yorumlanmasında dikkate alınmalıdır. Ayrıca, bu çalışmanın yarı kontrollü sera koşullarında yürütüldüğü, sera ortamının, arazi koşullarından belirgin

farklılıklar gösterebildiği ve bu da elde edilen sonuçların genel geçerliliğini etkileyebildiği göz önüne alındığında, sera şartlarında tespit edilen en toleranslı ve en duyarlı genotiplerin durumları, arazi şartlarında da incelenmeli ve değerlendirilmelidir. Son olarak, çalışma sonuçlarına göre aşağıda belirtilen maddeler yönünde önerilerde bulunulabilir;

1. Malatya’da yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan Hacıhaliloğlu çeşidinin çalışma kapsamında kuraklığa en duyarlı çeşit olarak bulunması oldukça önemli bir bulgudur. Bu nedenle bu çeşitle ilgili yapılacak olan genetik çalışmalar ve ıslah programlarına önem verilmelidir. Bu çalışmalar, çeşidin kuraklık stresine karşı daha toleranslı hale gelmesini sağlamak için genetik olarak modifiye edilmiş yeni çeşitlerin geliştirilmesine odaklanabilir. Bunun yanında seleksiyon ve melezleme çalışmaları yoluyla kuraklığa toleransı yüksek yeni çeşitlerin geliştirilmesi de oldukça önemlidir.
2. Kabaası çeşidinin kuraklığa tolerant olarak bulunması, sulama imkânlarının kısıtlı olduğu bölgelerde tarımsal üretimi desteklemek ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmek için önemli bir fırsat sunmaktadır. Sulama imkanlarının kısıtlı olduğu bölgelerde Kabaası çeşidi ile bahçelerin kurulması için çiftçilere teknik destek ve eğitim sağlanması önemlidir.
3. Çeşitlerin kuraklık stresine karşı tepkilerinin belirlenmesi için daha geniş kapsamlı ve uzun süreli çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar, farklı iklim koşullarında ve farklı toprak tiplerinde gerçekleştirilmelidir. Ayrıca, çeşitlerin arazi koşullarında da incelenmesi, sera deneylerinde elde edilen sonuçların daha geniş bir perspektiften değerlendirilmesini sağlar.
4. Farklı çevresel koşullara uyumlu çeşitlerin muhafaza edilmesi, tarımın gelecekteki belirsizliklere karşı daha dirençli hale gelmesini sağlayacaktır. Farklı özelliklere sahip kayısı çeşitlerinin korunmasıyla riskin dağıtılması ve çeşit tekelinin oluşturduğu risklerin azaltılması amaçlanmalıdır. Bu nedenle, çeşit diversifikasyonu, kayısı yetiştiriciliğinde önemli bir strateji olarak ön plana çıkmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Abbaspour, H., Saeidi-Sar, S., Afshari, H. (2011). Improving drought tolerance of *Pistacia vera* L. seedlings by arbuscular mycorrhiza under greenhouse conditions. *J. Med. Plants Res.*, **5**(32), 7065-7072.
- Abbaspour, H., Saeidi-Sar, S., Afshari, H., Abdel-Wahhab, M. (2012). Tolerance of mycorrhiza infected pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings to drought stress under glasshouse conditions. *J. Plant Physiol.*, **169**(7), 704-709.
- Adams, H. D., Barron-Gafford, G. A., Minor, R. L., Gardea, A. A., Bentley, L. P., Law, D. J., Huxman, T. E. (2017). Temperature response surfaces for mortality risk of tree species with future drought. *Environ. Res. Lett.*, **12**(11), 115014.
- Ahmed, C. B., Rouina, B. B., Sensoy, S., Boukhris, M., Abdallah, F. B. (2009). Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environ. Exp. Bot.*, **67**(2), 345-352.
- Ajithkumar, I. P., Panneerselvam, R. (2014). ROS scavenging system, osmotic maintenance, pigment and growth status of *Panicum sumatrense* Roth. under drought stress. *Cell Biochem. Biophys.*, **68**(3), 587-595.
- Aksoy, U. (2013). Genetic resources of temperate fruits and nuts. *Springer*.
- Alizadeh, A., Alizade, V., Nassery, L., Eivazi, A. (2011). Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks. *Tech. J. Eng. Appl. Sci.*, **1**(3), 86-94.
- Aljemaa, B. A. (2020). Bazı *Pistacia* genotiplerinin kuraklık stresinde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Améglio, T., Lacomte, A., Julien, J. L., Petel, G., Valentin, V. (1999, September). Sugars exchanges between vessels associated cells and xylem vessels, in relation with the temperature, in walnut. In IV International Walnut Symposium 544 (pp. 309-315).
- Amri, E., Shahsavar, A. (2010). Response of lime seedlings (*Citrus aurantifolia* L.) to exogenous spermidine treatments under drought stress. *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, **4**(9), 4483-4489.
- Anjum, S. A., Xie, X.-y., Wang, L.-c., Saleem, M. F., Man, C., Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Afr. J. Agric. Res.*, **6**(9), 2026-2032.
- Aras, S., Keles, H. (2019). Responses of apple plants to drought stress. *J. Agric. Stud.*, **7**(3), 153-159.

- Araújo, M., Prada, J., Mariz-Ponte, N., Santos, C., Pereira, J. A., Pinto, D. C., Dias, M. C. (2021). Antioxidant adjustments of olive trees (*Olea europaea*) under field stress conditions. *Plants*, **10**(4), 684.
- Arikan, B., Ozfidan-Konakci, C., Yildiztugay, E., Zengin, G., Alp, F. N., Elbasan, F. (2022). Exogenous hesperidin and chlorogenic acid alleviate oxidative damage induced by arsenic toxicity in *Zea mays* through regulating the water status, antioxidant capacity, redox balance and fatty acid composition. *Environ. Pollut.*, **292**, 118389.
- Arji, I., Arzani, K. (2004). Effect of water stress on some biochemical changes in leaf of five olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Acta Hortic.*, **791**, 523-526.
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, **24**, 1-15.
- Asada, K. (1999). The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annu. Rev. Plant Biol.*, **50**, 601-639.
- Asada, K. (1999). The water–water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygen and dissipation of excess photons. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, **50**, 601–639.
- Asma, B. M. (2000). *Kayısı Yetiştiriciliği*. Malatya: İnönü Üniversitesi Yayınları.
- Asraf, M. (2009). Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnol. Adv.*, **27**, 84-93.
- Avcı, V., Esen, F. (2019). Malatya Havzası’nda sıcaklık ve yağışın trend analizi. *İnönü Univ. Int. Soc. Sci. J.*, **8**(1), 230-246.
- Avonce, N., Leyman, B., Mascorro-Gallardo, J. O., Van Dijck, P., Thevelein, J. M., Iturriaga, G. (2004). The Arabidopsis Trehalose-6-P Synthase Attps1 Gene Is a Regulator of Glucose, Absciscic Acid, and Stress Signaling. *Plant Physiol.*, **136**(3), 3649-3659.
- Azza, A. M. M., Aziz, N., Habba, E.-E. (2010). Impact of growth and chemical constituents of *Jatropha curcas* L. seedlings grown under water regime. *J. Am. Sci.*, **6**, 549-556.
- Badenes, M. L., Byrne, D. H. (2012). Fruit breeding. Springer Science & Business Media.
- Barnes, J., Zheng, Y., Lyons, T. (2002). "Plant Resistance to Ozone: The Role of Ascorbate." In *Air Pollution and Plant Biotechnology*, 235-252: Springer.
- Barrs, H. D., Weatherley, P. E. (1962). "A Re-Examination of the Relative Turgidity Technique for Estimating Water Deficits in Leaves." *Aust. J. Biol. Sci.*, **15**(3), 413-428.

- Bartosz, G. (1997). Oxidative stress in plants. *Acta Physiol. Plant.*, **19**, 47-64.
- Bates, L. S., Waldren, R. P., Teare, I. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil*, **39**(1), 205-207.
- Behboudian, M. H., Mills, T. M. (1997). Deficit irrigation in deciduous orchards. *Hortic. Rev.*, **21**, 105-131.
- Behnamnia, M., Kalantari, Kh. M., Rezanejad, F. (2009). Exogenous application of brassinosteroid alleviates drought-induced oxidative stress in *Lycopersicon esculentum* L. *Gen. Appl. Plant Physiol.*, **35**, 22-34.
- Bergmeyer, H. U., Bergmeyer, J., Grassl, M. (1974). *Methods of enzymatic analysis* (2nd Edition). New York: Academic Press.
- Bertamini, M., Zulini, L., Muthuchelian, K., Nedunchezian, N. (2006). Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) plants. *Photosynthetica*, **44**(1), 151-154.
- Beyer, J. R., Fridovich, I. (1987). Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in conditions. *Anal. Biochem.*, **161**(2), 559-566.
- Blum, A. (2011). *Plant breeding for water-limited environments*. Springer Science & Business Media.
- Blum, A., Munns, R., Passioura, J. B., Turner, N. C., Sharp, R. E., Boyer, J. S., Nguyen, H. T., Hsiao, T. C., Verma, D. P. S., Hong, Z. (1996). Genetically engineered plants resistant to soil drying and salt stress: how to interpret osmotic relations? *Plant Physiol.*, **110**(4), 1051.
- Bohnert, H. J., Jensen, R. G. (1996). Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends Biotechnol.*, **14**(3), 89-97.
- Bolat, I., Dikilitas, M., Ercisli, S., Ikinici, A., Tonkaz, T. (2014). The effect of water stress on some morphological, physiological, and biochemical characteristics and bud success on apple and quince rootstocks. *Sci. World J.*, Article ID 769732.
- Bolat, I., Dikilitas, M., Ikinici, A., Ercisli, S., Tonkaz, T. (2016). Morphological, physiological, biochemical characteristics and bud success responses of myrobolan 29 c plum rootstock subjected to water stress. *Can. J. Plant Sci.*, **96**(3), 485-493.
- Boughalleb, F., Mhamdi, M. (2011). Possible involvement of proline and the antioxidant defense systems in the drought tolerance of three olive cultivars grown under increasing water deficit regimes. *Agric. J.*, **6**(6), 378-391.

- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, **72**(1-2), 248-254.
- Bray, E. (1997). Response to abiotic stresses. In *Biochemistry and molecular biology of plants* (pp. 1158-1249). Eds W. Gruissem, B. Buchanan, R. Jones, EA Bray, J. Bailey-Serres, E. Weretilny.
- Cai, Z.-Q., Chen, Y.-J., Guo, Y.-H., Cao, K.-F. (2005). Responses of two field-grown coffee species to drought and re-hydration. *Photosynthetica*, **43**(2), 187-193.
- Catola, S., Marino, G., Emiliani, G., Huseynova, T., Musayev, M., Akparov, Z., Maserti, B. E. (2016). Physiological and metabolomic analysis of *Punica granatum* (L.) under drought stress. *Planta*, **243**(2), 441-449.
- Charles, S. A., Halliwell, B. (1980). Effect of hydrogen peroxide on spinach (*Spinacia oleraceae*) chloroplast fructose biphosphatase. *Biochem. J.*, **189**, 373-376.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought: From genes to the whole plant. *Funct. Plant Biol.*, **30**(3), 239-264.
- Chebouti-Meziou, N., Bissaad, F., Merabet, A., Chebouti, Y., Boualouache, L., Nadour, M., Doumandji, S. (2011). Effect of water stress on morphological and physiological development of the Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* L.). *Int. J. Sci. Adv. Technol.*, **1**(9), 170-176.
- Chehab, H., Mechri, B., Mariem, F. B., Hammami, M., Elhadj, S. B., Braham, M. (2009). Effect of different irrigation regimes on carbohydrate partitioning in leaves and wood of two table olive cultivars (*Olea europaea* L. cv. Meski and Picholine). *Agric. Water Manag.*, **96**(2), 293-298.
- Chen, G., Wang, Y., Liu, X., Duan, S., Jiang, S., Zhu, J., ... Hou, H. (2023). The mdmiR156n regulates drought tolerance and flavonoid synthesis in apple calli and *Arabidopsis*. *Int. J. Mol. Sci.*, **24**(7), 6049.
- Chmielowska-Bąk, J., Deckert, J. (2021). Plant recovery after metal stress—A review. *Plants*, **10**(3), 450.
- Chunxia, H. (2008). Effects of water stress on the physiological and biochemical changes in the leaf of Nanguo-pear. *J. Anhui Agric. Sci.*, **12**.
- Cinque, G., Croce, R., Bassi, R. (2000). Absorption spectra of chlorophyll a and b in Lhcb protein environment. *Photosynth. Res.*, **64**, 233-242.
- Connor, D. J., Gómez-del-Campo, M., Rousseaux, M. C., Searles, P. S. (2014). Structure, management and productivity of hedgerow olive orchards: A review. *Sci. Hortic.*, **169**, 71-93.

- Cornic, G., Fresneau, C. (2002). Photosynthetic carbon reduction and carbon oxidation cycles are the main electron sinks for photosystem II activity during a mild drought. *Ann. Bot.*, **89**(7), 887-894.
- Crafts-Brandner, S. J., Salvucci, M. E. (2000). Rubisco activase constrains the photosynthetic potential of leaves at high temperature and CO₂. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **97**(24), 13430-13435.
- Çerçi, S. (2012). Kuraklık stresinin değişik turuncgil anaçlarında bazı fotosentetik parametreler ve bitki besin maddeleri konsantrasyonları üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 83.
- Çetinkaya, C. (2013). Bazı çilek çeşitlerinde kuraklık stresi ile geri kazanım uygulamalarının fizyolojik etkileri. Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 45.
- Çırak, C., Esendal, E. (2006). Soyada kuraklık stresi. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, **21**(2), 231-237.
- Çulha Erdal, Ş., Eyidoğan, F., Ekmekçi, Y. (2021). Comparative physiological and proteomic analysis of cultivated and wild safflower response to drought stress and re-watering. *Physiol. Mol. Biol. Plants*, **27**(2), 281-295.
- Das, K., Roychoudhury, A. (2014). Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Front. Environ. Sci.*, **2**, 53.
- Dayton, D. F., Mowry, J. B., Williams, E. B., Janick, J., Emerson, F. H., Hough, L. F., Bailey, C. (1979). 'Jonafree' Apple. *HortScience*, **14**(4), 551-552.
- Dbara, S., Boussetta, W., Hafi, M., Mars, M. (2021). Performance assessment of three old pear cultivars (*Pyrus communis* L.) to cope drought caused by climate change. *J. Hortic. Postharvest Res.*, **4**(3), 351-366.
- Demirtaş, M. N., Kırnak, H. (2009). Kayısıda Farklı Sulama Yöntemleri ve Aralıklarının Fizyolojik Parametrelere Etkisi. *Yüzüncü Yıl Univ. Tarım Bilim. Derg.*, **19**(2), 79-83.
- Demmig-Adams, B., Adams III, W. W. (1992). Photoprotection and other responses of plants to high light stress. *Annu. Rev. Plant Biol.*, **43**(1), 599-626.
- Dias, M. C., Correia, S., Serôdio, J., Silva, A. M. S., Freitas, H., Santos, C. (2018). Chlorophyll fluorescence and oxidative stress endpoints to discriminate olive cultivars tolerance to drought and heat episodes. *Sci. Hortic.*, **231**, 31-35.
- Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A., Montanaro, G. (2007). Effects of post-harvest regulated deficit irrigation on carbohydrate and nitrogen partitioning, yield quality and vegetative growth of peach trees. *Plant Soil*, **290**(1-2), 127-137.

- Doğançay, G. (2013). Sulanan ve sulanmayan koşullarda bazı zeytin çeşitlerinin yapraklarındaki biyoaktif bileşiklerin mevsimsel değişimi. (Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Egea, G., Nortes, P. A., Domingo, R., Baille, A., Pérez-Pastor, A., González-Real, M. M. (2013). Almond agronomic response to long-term deficit irrigation applied since orchard establishment. *Irrig. Sci.*, **31**(3), 445-454.
- Egea, I., Sanchez-Bel, P., Martinez-Madrid, M. C., Flores, B., Romojaro, F. (2010). The influence of drought on the physiology, fruit yield, and quality in peach trees. *Sci. Hortic.*, **126**(3), 159-163.
- El-Shazly, S., Mustafa, N., El-Berry, I. (2014). Evaluation of some fig cultivars grown under water stress conditions in newly reclaimed soils. *Middle-East J. Sci. Res.*, **21**(8), 1167-1179.
- Elsheery, N. I., Cao, K.-F. (2008). Gas exchange, chlorophyll fluorescence, and osmotic adjustment in two mango cultivars under drought stress. *Acta Physiol. Plant.*, **30**(6), 769-777.
- Eriş, A. (1990). *Bahçe Bitkileri Fizyolojisi*. U.Ü.Z.F. Yay. Ders Notları No: 11, Bursa.
- Esmailpour, A., Van Labeke, M.-C., Samson, R., Boeckx, P., Van Damme, P. (2016). Variation in biochemical characteristics, water status, stomata features, leaf carbon isotope composition and its relationship to water use efficiency in pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars under drought stress condition. *Sci. Hortic.*, **211**, 158-166.
- Esmailpour, A., Van Labeke, M.-C., Samson, R., Ghaffaripour, S., Van Damme, P. (2015). Comparison of biomass production-based drought tolerance indices of pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings in drought stress conditions. *Int. J. Agron. Agric. Res.*, **7**(2), 36-44.
- Esterbauer, H., Cheeseman, K. H. (1990). Determination of aldehydic lipid peroxidation products: malonaldehyde and 4-hydroxynonenal. In *Methods in Enzymology* (pp. 407-421). Eds: Elsevier.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In *Sustainable Agriculture* (pp. 153-188). Eds: Springer.
- Faust, M. (1989). *Physiology of temperate zone fruit trees* (pp. x+-338).
- Fernández, J. E., Moreno, F. (1999). Water use by the olive tree. *J. Crop Prod.*, **2**(2), 101-162.
- Fernandez, R. T., Perry, R. L., Flore, J. A. (1997). Drought response of young apple trees on three rootstocks. II. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, water relations, and leaf abscisic acid.

- Flexas, J., Medrano, H. (2002). Energy dissipation in C3 plants under drought. *Funct. Plant Biol.*, **29**(10), 1209-1215.
- Flexas, J., Bota, J., Galmes, J., Medrano, H., Ribas-Carbó, M. (2006). Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. *Physiol. Plant.*, **127**(3), 343-352.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). *FAO statistical yearbook*. FAO.
- Food and Agriculture Organization. (2022). *FAO Stats 2022*. Erişim Tarihi: 22 Ekim 2023.
- Fouad, M. O., Essahibi, A., Benhiba, L., Qaddoury, A. (2014). Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of olive plants against oxidative stress induced by drought. *Span. J. Agric. Res.*, **12**(3), 763-763.
- Frank, H. A., Chynwat, V., Desamero, R. Z., Farhoosh, R., Erickson, J., Bautista, J. (1997). On the photophysics and photochemical properties of carotenoids and their role as light-harvesting pigments in photosynthesis. *Pure Appl. Chem.*, **69**(10), 2117-2124.
- Galmés, J., Medrano, H., Flexas, J. (2007). Photosynthesis and photoinhibition in response to drought in a pubescent (var. minor) and a glabrous (var. palauí) variety of *Digitalis minor*. *Environ. Exp. Bot.*, **60**(1), 105-111.
- García-Sánchez, F., Syvertsen, J. P., Gimeno, V., Botía, P., Perez-Perez, J. G. (2007). Responses to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water-use efficiency. *Physiol. Plant.*, **130**(4), 532-542.
- Garnier, E., Berger, A. (1986). Effect of water stress on stem diameter changes of peach trees growing in the field. *J. Appl. Ecol.*, **193**, 193-209.
- Ghaderi, N., Siosemardeh, A. (2011). Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. Kurdistan and Selva). *Hortic. Environ. Biotechnol.*, **52**(1), 6-12.
- Gikloo, S., Elhami, B. (2012). Physiological and morphological responses of two almond cultivars to drought stress and cycocel. *Int. Res. J. Appl. Basic Sci.*, **3**, 1000-1004.
- Gill, S. S., Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.*, **48**(12), 909-930.
- Gillham, D. J., Dodge, A. D. (1987). Chloroplast superoxide and hydrogen peroxide scavenging systems from pea leaves: seasonal variations. *Plant Sci.*, **50**(2), 105-109.
- Glerum, C. (1985). Frost hardiness of coniferous seedlings: principles and applications.

- Gomes, M. d. M. d. A., Lagôa, A. M. M. A., Medina, C. L., Machado, E. C., Machado, M. A. (2004). Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. *Braz. J. Plant Physiol.*, **16**(3), 155-161.
- Gryazev, V. A., Pokataeva, O. P., Kasparova, V. P. (1980). Individual elements of the drought-resistance of vegetatively propagated apple and pear stocks. *Sov. Agric. Sci.*.
- Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Zarrouk, M. (2008). Changes in lipid composition, water relations and gas exchange in leaves of two young 'Chemlali' and 'Chetoui' olive trees in response to water stress. *Plant Soil*, **311**(1-2), 121-129.
- Guo, Y. Y., Yu, H. Y., Kong, D. S., Yan, F., Zhang, Y. J. (2016). Effects of drought stress on growth and chlorophyll fluorescence of *Lycium ruthenicum* Murr. seedlings. *Photosynthetica*.
- Gupta, S., Kaushal, R., Sood, G., Dipta, B., Kirti, S., Spehia, R. (2019). Water stress amelioration and plant growth promotion in capsicum plants by osmotic stress tolerant bacteria. *Int. J. Plant Soil Sci.*, **29**, 1-12.
- Habibi, G., Hajiboland, R. (2013). Alleviation of drought stress by silicon supplementation in pistachio (*Pistacia vera* L.) plants. *Folia Hortic.*, **25**(1), 21-29.
- Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C. (1989). *Free radicals in biology and medicine*. Oxford: Clarendon Press, 10.
- Hamed, S. B., Lefi, E., Chaieb, M. (2016). Physiological responses of *Pistacia vera* L. versus *Pistacia atlantica* Desf. to water stress conditions under arid bioclimate in Tunisia. *Sci. Hortic.*, **203**, 224-230.
- Hand, J. M., Young, E., Vasconcelos, A. C. (1982). Leaf water potential, stomatal resistance, and photosynthetic response to water stress in peach seedlings. *Plant Physiol.*, **69**(5), 1051-1054.
- Havaux, M. (1993). Characterization of thermal damage to the photosynthetic electron transport system in potato leaves. *Plant Sci.*, **94**(1-2), 19-33.
- Herbert, D., Philipps, J., Strange, R. (1971). Determination of total carbohydrates. *Methods Microbiol.*, **58**, 209-344.
- Hussain, M., Malik, M., Farooq, M., Ashraf, M., Cheema, M. (2008). Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. *J. Agron. Crop Sci.*, **194**(3), 193-199.
- INC (International Nut Council). (2003). URL: <https://inc.nutfruit.org/>. Erişim Tarihi: 21 Ekim 2023.

- Ismail, I. A., Salama, M. I., Hamid, N. A., Sadik, A. S. (2005). Production of transgenic banana plants conferring tolerance to salt stress.
- İpek, M., Pirlak, L. (2016). Determination of Myrobolan 29C rootstocks reactions against drought stress in vitro conditions. In *VII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016"*, 6-9 October 2016, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. Proceedings, 684-691.
- İpek, M. (2015). In vitro şartlarda Garnem ve Myrobolan 29C anaçlarının kurak stresine karşı tepkilerinin belirlenmesi. (Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 142).
- Jafari, M., Shahsavari, A. R., Talebi, M., Hesami, M. (2022). Exogenous melatonin protects lime plants from drought stress-induced damage by maintaining cell membrane structure, detoxifying ROS and regulating antioxidant systems. *Horticulturae*, **8**(3), 257.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R., Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Int. J. Agric. Biol.*, **11**(1), 100-105.
- Janiak, A., Kwaśniewski, M., Szarejko, I. (2015). Gene expression regulation in roots under drought. *J. Exp. Bot.*, **67**(4), 1003-1014.
- Jardim-Messeder, D., Caverzan, A., Balbinott, N., Menguer, P. K., Paiva, A. L., Lemos, M., ... Margis-Pinheiro, M. (2023). Stromal ascorbate peroxidase (OsAPX7) modulates drought stress tolerance in rice (*Oryza sativa*). *Antioxidants*, **12**(2), 387.
- Javadi, T., Arzani, K., Ebrahimzadeh, H. (2006). Study of proline, soluble sugar, and chlorophyll a and b changes in nine Asian and one European pear cultivar under drought stress. In *XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Asian Plants with Unique Horticultural* **769** (pp. 241-246).
- Javidi, M. R., Maali-Amiri, R., Poormazaheri, H., Niaraki, M. S., Kariman, K. (2022). Cold stress-induced changes in metabolism of carbonyl compounds and membrane fatty acid composition in chickpea. *Plant Physiol. Biochem.*, **192**, 10-19.
- Jie, Z., Yuncong, Y., Streeter, J. G., Ferree, D. C. (2010). Influence of soil drought stress on photosynthesis, carbohydrates and the nitrogen and phosphorus absorb in different section of leaves and stem of *Fuji/M. 9EML*, a young apple seedling. *Afr. J. Biotechnol.*, **9**(33), 5320-5325.
- Jiménez, S., Dridi, J., Gutiérrez, D., Moret, D., Irigoyen, J. J., Moreno, M. A., Gogorcena, Y. (2013). Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. *Tree Physiol.*, **33**(10), 1061-1075.

- Jung, S. (2004). Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of *Arabidopsis thaliana* subjected to drought. *Plant Sci.*, **166**(2), 459-466.
- Kacar, B. (1989). *Bitki Fizyolojisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1153 Ders Kitabı: 323.
- Kadioğlu, A. (1999). *Bitki Fizyolojisi Ders Kitabı*. Eser Ofset, Trabzon.
- Kaiser, W. M. (1979). Reversible inhibition of the Calvin cycle and activation of the oxidative pentose phosphate cycle in isolated intact chloroplasts by hydrogen peroxide. *Planta*, **145**, 377-382.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekci, Y. (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi Univ. J. Sci.*, **18**(4), 723-740.
- Kapluhan, E. (2013). Türkiye’de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. *Marmara Coğrafya Derg.*, **27**, 487-510.
- Karimi, S., Yadollahi, A., Arzani, K. (2013). Responses of almond genotypes to osmotic stress induced in vitro. *J. Nuts*, **4**(4), 1-7.
- Karimi, S., Yadollahi, A., Nazari-Moghadam, R., Imani, A., Arzani, K. (2012). In vitro screening of almond (*Prunus dulcis* (Mill.)) genotypes for drought tolerance. *J. Biol. Environ. Sci.*, **6**(18), 263-270.
- Kaynaş, N., Kaynaş, K. (1995). Red Haven şeftali çeşidinde kuraklığın mineral madde alımına etkisi. In *Türkiye III. Bahçe Bitkileri Kongresi*, 14-17 Eylül, Ankara.
- Kaynaş, N., Eriş, A. (1995). Bazı nektarin çeşitlerinde toprak su noksanlığının biyokimyasal değişimler üzerine etkileri. *Turk. J. Agric. For.*, **22**, 35-41.
- Kerchev, P. I., Van Breusegem, F. (2022). Improving oxidative stress resilience in plants. *Plant J.*, **109**(2), 359-372.
- Khattab, M. M., Shaban, A. E., El-Shrief, A. H., El-Deen Mohamed, A. (2011). Growth and productivity of pomegranate trees under different irrigation levels. I: Vegetative growth and fruiting. *J. Hortic. Sci. Ornam. Plants*, **3**(2), 194-198.
- Khoyerdı, F. F., Shamshiri, M. H., Estaji, A. (2016). Changes in some physiological and osmotic parameters of several pistachio genotypes under drought stress. *Sci. Hortic.*, **198**, 44-51.
- Kırnak, H., Demirtaş, M. N. (2010). Su stresi altındaki kiraz fidanlarında fizyolojik ve morfolojik değişimlerin belirlenmesi. *Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg.*, **33**(3).
- Kijne, J. W. (2006). Abiotic stress and water scarcity: identifying and resolving conflicts from plant level to global level. *Field Crops Res.*, **97**(1), 3-18.

- Klamkowski, K., Treder, W. (2008). Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. *J. Fruit Ornament. Plant Res.*, **16**, 179-188.
- Klepper, B. (1968). Diurnal pattern of water potential in woody plants. *Plant Physiol.*, **43**(12), 1931-1934.
- Kögler, F., Söffker, D. (2017). Water (stress) models and deficit irrigation: system-theoretical description and causality mapping. *Ecol. Modell.*, **361**, 135-156.
- Kramer, P. J., Boyer, J. S. (1995). *Water Relations of Plants and Soils*. Academic Press.
- Kusaka, M., Ohta, M., Fujimura, T. (2005). Contribution of inorganic components to osmotic adjustment and leaf folding for drought tolerance in pearl millet. *Physiol. Plant.*, **125**(4), 474-489.
- Kuşvuran, Ş. (2010). Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 356.
- Kutlu, İ. (2010). Tahıllarda kuraklık stresi. *Türk Bilimsel Derlemeler Derg.*, **3**(1), 35-41.
- Küçükyumuk, C., Yıldız, H., Sarısu, H. C., Kaçal, E., Kocal, H. (2015). Response of sweet cherry grafted on different rootstocks to water stress. *Fresenius Environ. Bull.*, **24**(9a), 3014-3024.
- Lauer, M. J., Boyer, J. S. (1992). Internal CO₂ measured directly in leaves: abscisic acid and low leaf water potential cause opposing effects. *Plant Physiol.*, **98**(4), 1310-1316.
- Laxa, M., Liebthal, M., Telman, W., Chibani, K., Dietz, K. J. (2019). The role of the plant antioxidant system in drought tolerance. *Antioxidants*, **8**(4), 94.
- Ledjal, M., Epron, D., Ducrey, M. (2000). Effects of drought preconditioning on thermotolerance of photosystem II and susceptibility of photosynthesis to heat stress in cedar seedlings. *Tree Physiol.*, **20**, 1235-1241.
- Leung, J., Giraudat, J. (1998). Abscisic acid signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.*, **49**(1), 199-222.
- Levitt, J. (1972). *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Academic Press, New York.
- Levitt, J. (1986). Recovery of turgor by wilted, excised cabbage leaves in the absence of water uptake: a new factor in drought acclimation. *Plant Physiol.*, **82**(1), 147-153.

- Li, Y., Fan, W., Chen, S. (2008). Soil drought stress on membrane lipid per-oxidation and antioxidant enzymes in pear rootstock. *J. Zhejiang For. Coll.*, **25**(4), 437-441.
- Lisar, S. Y., Motafakkerazad, R., Hossain, M. M., Rahman, I. M. (2012). Causes, effects and responses, water stress. *Water Stress*, 1.
- Liu, B., Cheng, L., Ma, F., Zou, Y., Liang, D. (2012). Growth, biomass allocation, and water use efficiency of 31 apple cultivars grown under two water regimes. *Agrofor. Syst.*, **84**(2), 117-129.
- Liu, Y. C., Zuo, Z. W., Hu, J. J. (2010). Effects of exogenous polyamines on growth and drought resistance of apple seedlings. *J. Northwest For. Univ.*
- Lotfi, A., Zahra, J., Jinggui, F., Faezeh, F., Seyed, S. (2015). Differential response of organic metabolites and antioxidant defense systems to drought stress in five varieties of pistachio (*Pistacia vera* L.). *Int. J. Curr. Life Sci.*, **5**(2), 287-295.
- Lotfi, N., Vahdati, M., Kholdebarin, B., Hassani, D., Amiri, R. (2010). Mineral composition of some walnut cultivars (*Juglans regia* L.) for evaluation of ionome and ionomics under salt stress condition. *Acta Hortic.*, **839**, 293-300.
- Lutts, S., Kinet, J. M., Bouharmont, J. (1996). Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Plant Growth Regul.*, **19**, 207-218.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P., Sohrabi, Y. (2010). Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Aust. J. Crop Sci.*, **4**(8), 580.
- Maggio, A., De Pascale, S., Ruggiero, C., Barbieri, G. (2005). Physiological response of field-grown cabbage to salinity and drought stress. *Eur. J. Agron.*, **23**(1), 57-67.
- Mahajan, S., Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Arch. Biochem. Biophys.*, **444**(2), 139-158.
- Mancinelli, A., Yang, C.-P. H., Lindquist, P., Anderson, O., Rabino, I. (1975). Photocontrol of anthocyanin synthesis: III. The action of streptomycin on the synthesis of chlorophyll and anthocyanin. *Plant Physiol.*, **55**(2), 251-257.
- Marsal, J., Girona, J. (1997). Relationship between leaf water potential and gas exchange activity at different phenological stages and fruit loads in peach trees.
- McCord, J. M. (2000). The evolution of free radicals and oxidative stress. *Am. J. Med.*, **108**, 652-659.
- McKersie, B. D., Leshem, Y. (1994). *Stress and stress coping in cultivated plants*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 79-100.

- McKersie, B. D., Leshem, Y. A. Y. (1994). Oxidative stress. In *Stress and stress coping in cultivated plants* (pp. 15-54).
- Mihaljević, I., Viljevac Vuletić, M., Šimić, D., Tomaš, V., Horvat, D., Josipović, M., ... Vuković, D. (2021). Comparative study of drought stress effects on traditional and modern apple cultivars. *Plants*, **10**(3), 561.
- Min, Z., Li, R., Chen, L., Zhang, Y., Li, Z., Liu, M., ... Fang, Y. (2019). Alleviation of drought stress in grapevine by foliar-applied strigolactones. *Plant Physiol. Biochem.*, **135**, 99-110.
- Mitra, J. (2001). Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Curr. Sci.*, 758-763.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.*, **7**, 405-410.
- Mobin, M., Khan, N. A. (2007). Photosynthetic activity, pigment composition and antioxidative response of two mustard (*Brassica juncea*) cultivars differing in photosynthetic capacity subjected to cadmium stress. *J. Plant Physiol.*, **164**(5), 601-610.
- Molinari, H. B. C., Marur, C. J., Daros, E., De Campos, M. K. F., De Carvalho, J. F. R. P., Pereira, L. F. P., Vieira, L. G. E. (2007). Evaluation of the stress-inducible production of proline in transgenic sugarcane (*Saccharum spp.*): osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. *Physiol. Plant.*, **130**(2), 218-229.
- Mullineaux, P. M., Rausch, T. (2005). Glutathione, photosynthesis and the redox regulation of stress-responsive gene expression. *Photosynth. Res.*, **86**(3), 459-474.
- Mundree, S. G., Whittaker, A., Thomson, J. A., Farrant, J. M. (2000). An aldo reductase homolog from the resurrection plant *Xerophyta viscosa* Baker. *Planta*, **211**(5), 693-700.
- Munné-Bosch, S., Peñuelas, J. (2004). Drought-induced oxidative stress in strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) growing in Mediterranean field conditions. *Plant Sci.*, **166**(4), 1105-1110.
- Munns, R., Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, **59**, 651-681.
- Naser, L., Kourosh, V., Bahman, K., Reza, A. (2010). Soluble sugars and proline accumulation play a role as effective indices for drought tolerance screening in Persian walnut (*Juglans regia* L.) during germination. *Fruits*, **65**(2), 97-112.
- Niu, T., Zhang, T., Qiao, Y., Wen, P., Zhai, G., Liu, E., ... Yang, X. (2021). Glycinebetaine mitigates drought stress-induced oxidative damage in pears. *PLoS One*, **16**(11), e0251389.

- Niyogi, K. K., Björkman, O., Grossman, A. R. (1997). The roles of specific xanthophylls in photoprotection. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **94**(25), 14162-14167.
- Noctor, G., Foyer, C. H. (1998). Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annu. Rev. Plant Biol.*, **49**(1), 249-279.
- Ölmez, H. A. (2004). Malatya yöresindeki önemli kurutmalık kayısı çeşitlerinin kuraklık stresine dayanımlarının ve yapılarındaki bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin belirlenmesi. (Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Özcan, S., Babaoğlu, M., Gürel, E. (2004). *Bitki Biyoteknolojisi Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları*. S.Ü. Vakfı Yayınları, Konya.
- Özer, H., Karadoğan, T., Oral, E. (1997). Bitkilerde su stresi ve dayanıklılık mekanizması. *Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg.*, **28**(3).
- Parvaneh, T., Afshari, H. (2013). Comparative study of the response of different almond rootstocks to water stress. *Int. J. Agron. Plant Prod.*, **4**, 2244-2250.
- Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S., Giannakoula, A. (2012). Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Plant Physiol. Biochem.*, **60**, 1-11.
- Pirasteh-Anosheh, H., Saed-Moucheshi, A., Pakniyat, H., Pessarakli, M. (2016). Stomatal responses to drought stress. In *Water stress and crop plants: A sustainable approach* (2 Volumes), 24.
- Pompelli, M. F., Barata-Luís, R., Vitorino, H. S., Gonçalves, E. R., Rolim, E. V., Santos, M. G., Almeida-Cortez, J. S., Ferreira, V. M., Lemos, E. E., Endres, L. (2010). Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficit and recovery. *Biomass Bioenergy*, **34**(8), 1207-1215.
- Poonam, R. B., Handa, N., Kaur, H., Rattan, A., Bali, S. (2016). Sugar signalling in plants: a novel mechanism for drought stress management. In P. Ahmad (Ed.), *Chichester: John Wiley & Sons, Ltd*, pp. 287-302.
- Pourghayoumi, M., Rahemi, M., Bakhshi, D., Aalami, A., Kamgar-Haghighi, A. A. (2017). Responses of pomegranate cultivars to severe water stress and recovery: changes on antioxidant enzyme activities, gene expression patterns and water stress responsive metabolites. *Physiol. Mol. Biol. Plants*, **23**(2), 321-330.
- Pouyafard, N., Akkuzu, E., Kaya, Ü. (2016). Determination of some physiologic and morphologic changes of young olive (Cv Ayvalık) trees under different water stress in coastal part of Aegean region. *J. Tekirdag Agric. Fac.*, **13**(1), 88.
- Praxedes, S. C., DaMatta, F. M., Loureiro, M. E., Ferrao, M. A., Cordeiro, A. T. (2006). Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate

- metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* pierre var. kouillou) leaves. *Environ. Exp. Bot.*, **56**(3), 263-273.
- Proebsting, L., Jerie, P. H., Irvine, J. (1989). Water deficits and rooting volume modify peach tree growth and water relations. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, **114**(3), 368-372.
- Proietti, P., Nasini, L., Del Buono, D., D'Amato, R., Tedeschini, E., Businelli, D. (2013). Selenium protects olive (*Olea europaea* L.) from drought stress. *Sci. Hortic.*, **164**, 165-171.
- Rahmati, M., Davarynejad, G. H., Génard, M., Bannayan, M., Azizi, M., Vercambre, G. (2015). Peach water relations, gas exchange, growth and shoot mortality under water deficit in semi-arid weather conditions. *PLoS One*, **10**(4), e0120246.
- Rajput, V. D., Harish, Singh, R. K., Verma, K. K., Sharma, L., Quiroz-Figueroa, F. R., ... Mandzhieva, S. (2021). Recent developments in enzymatic antioxidant defence mechanism in plants with special reference to abiotic stress. *Biol.*, **10**(4), 267.
- Rao, P., Kaur, A., Tewari, A. (2008). Drought resistance in seedlings of five important tree species in Tarai region of Uttarakhand. *Trop. Ecol.*, **49**(1), 43.
- Rasmusson, A. G., Møller, I. M. (1990). NADP-utilizing enzymes in the matrix of plant mitochondria. *Plant Physiol.*, **94**(3), 1012-1018.
- Reddy, A. R., Chaitanya, K., Jutur, P., Sumithra, K. (2004). Differential antioxidative responses to water stress among five mulberry (*Morus alba* L.) cultivars. *Environ. Exp. Bot.*, **52**(1), 33-42.
- Rieger, M., Lo Bianco, R., Okie, W. (2003). Responses of *Prunus ferganensis*, *Prunus persica* and two interspecific hybrids to moderate drought stress. *Tree Physiol.*, **23**(1), 51-58.
- Romero, P., Navarro, J. M., García, F., Ordaz, P. B. (2004). Effects of regulated deficit irrigation during the pre-harvest period on gas exchange, leaf development and crop yield of mature almond trees. *Tree Physiol.*, **24**(3), 303-312.
- Rostami, A. A., Rahemi, M. (2013). Responses of caprifig genotypes to water stress and recovery. *J. Biol. Environ. Sci.*, **7**(21), 131-139.
- Rouhi, V., Samson, R., Lemeur, R., Van Damme, P. (2007). Photosynthetic gas exchange characteristics in three different almond species during drought stress and subsequent recovery. *Environ. Exp. Bot.*, **59**(2), 117-117.
- Ruiz-Sánchez, M. C., Domingo, R., Pérez-Pastor, A. (2007). Daily variations in water relations of apricot trees under different irrigation regimes. *Biol. Plant.*, **51**, 735-740.
- Ruiz-Sanchez, M. C., Pérez-Pastor, A., Torrecillas, A., Domingo, R. (2000). Regulated deficit irrigation in apricot trees. *Acta Hortic.*, **2**, 759-766.

- Sairam, R., Saxena, D. (2000). Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agron. Crop Sci.*, **184**(1), 55-61.
- Salisbury, F. B., Ross, C. W. (1992). *Plant physiology*. California: Wadsworth Publishing Comp., 682 p.
- Sarkar, J., Ray, A., Chakraborty, B., Chakraborty, U. (2016). Antioxidative changes in *Citrus reticulata* L. induced by drought stress and its effect on root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi. *Eur. J. Biol. Res.*, **6**(1), 1-13.
- Sarwat, M., Tuteja, N. (2017). Hormonal signaling to control stomatal movement during drought stress. *Plant Gene*, **11**, 143-153.
- Schulze, E. D. (1986). Whole-plant responses to drought. *Funct. Plant Biol.*, **13**(1), 127-141.
- Schulze, E., Beck, E., Hohenstein, K. (2005). Environment as stress factor: stress physiology of plants. *Plant Ecol.*, **702**, 7-11.
- Schurr, U., Heckenberger, U., Herdel, K., Walter, A., Feil, R. (2000). Leaf development in *Ricinus communis* during drought stress: dynamics of growth processes, of cellular structure and of sink-source transition. *J. Exp. Bot.*, **51**(350), 1515-1529.
- Sgherri, C. L. M., Loggini, B., Puliga, S., Navari-Izzo, F. (1994). Antioxidant system in *Sporobolus stapfianus*: changes in response to desiccation and rehydration. *Phytochemistry*, **35**(3), 561-565.
- Sgherri, C. L. M., Pinzino, C., Navari-Izzo, F. (1996). Sunflower seedlings subjected to increasing water stress by water deficit: changes in O₂ - production related to the composition of thylakoid membrane. *Physiol. Plant.*, **96**, 446-452.
- Shao, H.-b., Chu, L.-y., Shao, M.-a., Jaleel, C. A., Hong-mei, M. (2008). Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. *Comptes Rendus Biol.*, **331**(6), 433-441.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *J. Bot.*, **2012**, 1-26.
- Sharma, S., Sharma, N. (2009). Changes in leaf water potential, electrolyte leakage, antioxidant system and anatomical characteristics in 'Flemish Beauty' pear induced by paclobutrazol during drought stress. *Adv. Hortic. Sci.*, **23**(1), 8-12.
- Shen, N., Wang, T., Gan, Q., Liu, S., Wang, L., Jin, B. (2022). Plant flavonoids: classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food Chem.*, **383**, 132531.

- Siddique, M., Hamid, A., Islam, M. (2000). Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **41**, 35-45.
- Šircelj, H., Tausz, M., Grill, D., Batič, F. (2007). Detecting different levels of drought stress in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters. *Sci. Hortic.*, **113**(4), 362-369.
- Sivritepe, N., Erturk, U., Yerlikaya, C., Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F. (2008). Response of the cherry rootstock to water stress induced in vitro. *Biol. Plant.*, **52**(3), 573-576.
- Smirnoff, N. (1993). The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytol.*, **125**, 27-58.
- Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., Masia, A. (2005). Antioxidant defences in olive trees during drought stress: changes in activity of some antioxidant enzymes. *Funct. Plant Biol.*, **32**(1), 45-53.
- Sperdouli, I., Moustakas, M. (2012). Interaction of proline, sugars, and anthocyanins during photosynthetic acclimation of *Arabidopsis thaliana* to drought stress. *J. Plant Physiol.*, **169**(6), 577-585.
- Stankovic, Z. S., Pajevic, S., Duric, B., Keserovic, Z. (1997). Water relation of apricot cultivars in ecological conditions of Vojvodina. In *XI International Symposium on Apricot Culture*, **488**, 495-500.
- Stuhlfauth, T., Scheuermann, R., Fock, H. P. (1989). Light energy dissipation under water stress conditions. *Plant Physiol.*, **92**, 1053-1061.
- Tardieu, F., Simonneau, T. (1998). Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. *J. Exp. Bot.*, **49**, 419-432.
- Templeton, G. F. (2011). A two-step approach for transforming continuous variables to normal: implications and recommendations for IS research. *Commun. Assoc. Inf. Syst.*, **28**, 41-65.
- Torrecillas, A., Domingo, R., Galego, R., Ruiz-Sánchez, M. C. (2000). Apricot tree response to withholding irrigation at different phenological periods. *Sci. Hortic.*, **85**(3), 201-215.
- Toscano, S., Ferrante, A., Romano, D. (2019). Response of Mediterranean ornamental plants to drought stress. *Horticulturae*, **5**(1), 6.
- Tuteja, N., Gill, S. S., Tuteja, R. (2011). Plant responses to abiotic stresses: shedding light on salt, drought, cold and heavy metal stress. In *Omics and Plant Abiotic Stress Tolerance* (pp. 39-64).

- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (2022). Bitkisel ürün denge tabloları, 2023. URL: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Urun-Denge-Tablolari-2023-53451>. Erişim Tarihi: 21 Ekim 2023.
- Vanlerberghe, G. C., McIntosh, L. (1997). Alternative oxidase: from gene to function. *Annu. Rev. Plant Biol.*, **48**(1), 703-734.
- Vanlerberghe, G. C. (2013). Alternative oxidase: a mitochondrial respiratory pathway to maintain metabolic and signaling homeostasis during abiotic and biotic stress in plants. *Int. J. Mol. Sci.*, **14**(4), 6805-6847.
- Vendruscolo, E. C. G., Schuster, I., Pileggi, M., Scapim, C. A., Molinari, H. B. C., Marur, C. J., Vieira, L. G. E. (2007). Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. *J. Plant Physiol.*, **164**(10), 1367-1376.
- Wang, H., Yamauchi, A. (2016). Growth and function of roots under abiotic stress in soils. In B. Huang (Ed.), *Plant–Environment Interactions* (pp. 271–320). New York: CRC Press.
- Wang, J., Ou, Y., Zhou, X., Zhang, Y. (2008). Effects of soil water stress on the leaf physiological and biochemical indexes of pear. *Southwest China J. Agric. Sci.*, **21**(1), 62-65.
- Wang, S. Y., Jiao, H. J., Faust, M. (1991). Changes in ascorbate, glutathione, and related enzyme activities during thidiazuron-induced bud break of apple. *Physiol. Plant.*, **82**(2), 231-236.
- Wang, W., Vinocur, B., Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, **218**(1), 1-14.
- Wang, Z., Quebedeaux, B., Stutte, G. (1995). Osmotic adjustment: effect of water stress on carbohydrates in leaves, stems and roots of apple. *Funct. Plant Biol.*, **22**(5), 747-754.
- Wise, R. R. (1995). Chilling-enhanced photooxidation: the production, action and study of reactive oxygen species produced during chilling in the light. *Photosynth. Res.*, **45**, 79-97.
- Woisky, R., Salatino, A. (1998). Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *J. Apic. Res.*, **37**, 99-105.
- Wu, D. X., Wang, G. X. (2000). Interaction of CO₂ enrichment and drought on growth, water use, and yield of broad bean (*Vicia faba*). *Environ. Exp. Bot.*, **43**(2), 131-139.
- Xie, S., Lu, X., Zhao, X., Nie, Q. (2015). Effect of water stress on vegetative growth and nitrogen metabolism of pomegranate seedlings. *Acta Hortic.*, **1089**, 63-69.

- Yadolahi, A., Arzani, K., Ebadi, A. (2009). An evaluation of morphological markers linked to drought resistance in cultivated almond seedlings (*Prunus dulcis* Mill.). *Iran. J. Hortic. Sci.*, **40**(1), 1-12.
- Yağmur, Y. (2008). Farklı asma (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin kuraklık stresine karşı bazı fizyolojik ve biyokimyasal tolerans parametrelerinin araştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yakushiji, H., Nonami, H., Fukuyama, T., Ono, S., Takagi, N., Hashimoto, Y. (1996). Sugar accumulation enhanced by osmoregulation in satsuma mandarin fruit. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, **121**(3), 466-472.
- Yancey, P. H., Clark, M. E., Hand, S. C., Bowlus, R. D., Somero, G. N. (1982). Living with water stress: evolution of osmolyte systems. *Science*, **217**(4566), 1214-1222.
- Yuhua, M., Fengwang, M., Xiaowei, M. (2008). Effects of drought stress on ascorbic acid contents and activities of related metabolic enzymes in apple leaves. *J. Northwest Sci-Tech Univ. Agric. For.*, **36**(3), 150-154.
- Zaefyzadeh, M., Quliyev, R. A., Babayeva, S. M., Abbasov, M. A. (2009). The effect of the interaction between genotypes and drought stress on the superoxide dismutase and chlorophyll content in durum wheat landraces. *Turk. J. Biol.*, **33**(1), 1-7.
- Zaherara, T., Boroomand, N., Sadat-Hosseini, M. (2016). Physiological and morphological response to drought stress in seedlings of ten citrus cultivars. *Trees*, **30**(3), 985-993.
- Zandi, P., Schnug, E. (2022). Reactive oxygen species, antioxidant responses and implications from a microbial modulation perspective. *Biol.*, **11**(2), 155.
- Zhang, B., Du, H., Sun, M., Wu, X., Li, Y., Wang, Z., ... Peng, F. (2022). Comparison of lauric acid and 12-hydroxylauric acid in the alleviation of drought stress in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *Front. Plant Sci.*, **13**, 1025569.
- Zhao, T.-J., Sun, S., Liu, Y., Liu, J.-M., Liu, Q., Yan, Y.-B., Zhou, H.-M. (2006). Regulating the drought-responsive element (DRE)-mediated signaling pathway by synergic functions of trans-active and trans-inactive DRE binding factors in *Brassica napus*. *J. Biol. Chem.*, **281**(16), 10752-10759.
- Zohary, D., Hopf, M. (2000). *Domestication of plants in the Old World*. Oxford University Press.
- Zokaee-Khosroshahi, M., Esna-Ashari, M., Ershadi, A., Imani, A. (2014). Morphological changes in response to drought stress in cultivated and wild almond species. *Int. J. Hortic. Sci. Technol.*, **1**(1), 79-92.
- Zonouri, M., Javadi, T., Ghaderi, N. (2014). Effect of foliar spraying of ascorbic acid on cell membrane stability, lipid peroxidation, total soluble protein, ascorbate

peroxidase and leaf ascorbic acid under drought stress in grapes. *Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res.*, 4(2), 349-354.

