



**BAZI ÜZÜM ÇEŞİTLERİNİN KURAKLIK STRESİNE KARŞI FİZYOLOJİK
BİYOKİMYASAL VE MOLEKÜLER TEPKİLERİ**

MEHMET KOÇ

DOKTORA TEZİ

BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

PROF. DR. KENAN YILDIZ

Haziran - 2020

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**BAZI ÜZÜM ÇEŞİTLERİNİN KURAKLIK STRESİNE KARŞI
FİZYOLOJİK BİYOKİMYASAL VE MOLEKÜLER TEPKİLERİ**

MEHMET KOÇ

TOKAT

Haziran - 2020

Her hakkı saklıdır

MEHMET KOÇ tarafından hazırlanan “BAZI ÜZÜM ÇEŞİTLERİNİN KURAKLIK STRESİNE KARŞI FİZYOLOJİK BİYOKİMYASAL VE MOLEKÜLER TEPKİLERİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 22 Haziran 2020 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Prof. Dr. Kenan YILDIZ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye

Prof. Dr. Rüstem CANGİ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye

Prof. Dr. Gültekin ÖZDEMİR

Dicle Üniversitesi

.....

Üye

Doç. Dr. Adem YAĞCI

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÇETİNKAYA

Kilis 7 Aralık Üniversitesi

.....

ONAY

.....

Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

---/---/20--

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



MEHMET KOÇ

22 Haziran 2020

ÖZET

DOKTORA TEZİ

BAZI ÜZÜM ÇEŞİTLERİNİN KURAKLIK STRESİNE KARŞI FİZYOLOJİK BİYOKİMYASAL VE MOLEKÜLER TEPKİLERİ

MEHMET KOÇ

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. KENAN YILDIZ)

Bu çalışmada 8 farklı üzüm çeşidinin (Bilecik İrikarası, Çavuş, Horoz Karası, Kabarcık, Manda Gözü, Rumi, Tekirdağ Çekirdeksizi ve Trakya İkeren) kuraklık stresine tolerans mekanizması incelenmiştir. Kuraklık uygulaması su kısıtı şeklinde uygulanmış olup, uygulamanın başlamasından önce (kontrol), su kısıtı uygulamasının 3. ve 7. günlerinde ve kuraklıktan sonra ki 2 gün tarla kapasitesinde sulamanın ardından olacak şekilde 4 farklı dönemde yaprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler kullanılarak, yaprak oransal su kapsamı (YOSK), membran geçirgenlik indeksi (MGİ), klorofil içeriği (Klorofil a-b ve karotenoid), prolin konsantrasyonunun yanı sıra lipid peroksidasyon (MDA), Katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APx) enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Bütün çeşitlerde, YOSK değeri 3 günlük kuraklık uygulamasından etkilenmezken, 7 günlük kuraklık şartlarında önemli derecede azalmıştır. Kuraklık uygulamalarına MDA içeriği açısından verilen tepkiler çeşitlere bağlı olarak değişmiştir. Kuraklık uygulamasından kaynaklanan en yüksek MDA artışı Kabarcık çeşidinde ortaya çıkmıştır. MGİ değeri 3 günlük stres uygulamasında bazı çeşitlerde, 7 günlük stres uygulamasında ise bütün çeşitlerde azalmıştır. Kuraklık uygulamaları bütün çeşitlerin APx aktivitesinde artışlara neden olurken, CAT aktivitesi üzerine kuraklık etkisi çeşit ve stresin süresine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Başta YOSK, MGİ ve MDA değerleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmede çeşitler içinde Horoz Karasının nispeten en toleranslı, Kabarcığın ise en hassas çeşit olduğu belirlenmiştir. Denemenin ikinci aşamasında bu iki çeşit kendi kökleri ve Rupestris du Lot anacı üzerine aşılanarak kuraklık stresine maruz bırakılmış ve kuraklık stresinin akuaporin proteinlerinin ifadesi üzerine etkileri incelenmiştir. Kuraklık uygulaması her iki çeşidin hem aşılı hem de aşısız fidanlarında PIP2-1 akuaporin ifadesi azalamaya, TIP1-1 ifadesinde ise artışa neden olmuştur.

YIL, 2020 SAYFA 104

ANAHTAR KELİMELEER: Vitis Vinifera L. , Akuaporin, Su stresi, MDA, CAT, APx

ABSTRACT

DOCTORATE THESIS

PHYSIOLOGICAL BIOCHEMICAL AND MOLECULAR RESPONSES OF SOME GRAPE VARIETIES AGAINST DROUGHT STRESS

MEHMET KOÇ

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF HORTICULTURE

(SUPERVISOR: PROF. DR. KENAN YILDIZ)

In this study, drought stress tolerance mechanism of 8 different grape varieties (Kabarcık, Manda Gözü, Bilecik İrikarası, Horoz Karası, Rumi, Tekirdağ Çekirdeksizi, Çavuş and Trakya İlkeren) were investigated. Drought application was applied in the form of water constraints, and leaf samples were taken in 4 different periods before the start of the application (control), on the 3rd and 7th days of the water constraint application and after the irrigation at field capacity for 2 days after drought. With the samples of treatments, leaf relative water content (RWC), membrane permeability index (MPI), chlorophyll content (Chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids), proline content, lipid peroxidation (MDA) as well as activities of catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APx) were measured. In all varieties, significant changes weren't noted in RWC with a 3-day drought while RWC significantly decreased after submitting a 7-day drought stress. The responses regarding MDA content varied depending on the varieties. The highest value of MDA was noted in Kabarcık variety in response to drought. MPI values decreased in some varieties after a 3-day drought but a 7-day drought stress caused significant reductions in all varieties. While drought caused increases in APx activities of all cultivars, the responses regarding CAT activity against drought varied depending on variety and duration of stress. Along with the findings of RWC, MPI and MDA, of the varieties, Horoz Karası was relatively tolerant and Kabarcık variety was the most sensitive. For the subsequent and second stage of the experiment, those two cultivars were grafted on their roots and Rupestris du Lot rootstock, which in turn were exposed to drought stress. Then, effects of drought stress on the expression of aquaporin proteins were examined. Accordingly, drought caused a decrease in PIP2-1 aquaporin expression and an increase in TIP1-1 expression in both grafted and non-grafted seedlings of both cultivars.

YEAR, 2020 PAGE 104

KEYWORDS: *Vitis Vinifera* L. , Aquaporin, Water Stress, MDA, CAT, APx

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim süresinde çalışmalarımı engin bilgileriyle yönlendiren ve sabırla sonuna kadar ilgilenen danışmanım sayın Prof. Dr. Kenan YILDIZ' a, tez konusunun belirlenmesinde Carla PİNHEIRO'ya, bunun yanı sıra tez aşamasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Önder KAMILOĞLU' na, Doç. Dr. İlker BÜYÜK'e, Dr. Öğr. Üyesi Bekir Bülent ARPACI' ya, Dr. Öğr. Üyesi Faika Yaralı KARAKAN'a , Dr. Öğr. Üyesi Muhittin KULAK'a , Dr. Öğr. Üyesi Muhammet KARAMAN'a, görsel düzenlemede yardımcı olan Koray TÜRKYILMAZ'a, beni bu günlere getiren aileme ve bu çalışmamı bitirmemde büyük katkılar sağlayan Eşim Deniz ve canım kızım Ekin ADA KOÇ'a sonsuz teşekkürler.

MEHMET KOÇ

22 Haziran 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1. Fizyolojik Tepkiler.....	6
2.2. Biyokimyasal Değişimler.....	10
2.3. Moleküler Değişimler	14
2.4. Kuraklık Stresine Karşı Anaç/Kalem Etkileşimi	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1. Bitki Materyalleri.....	28
3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Denemenin kurulması ve kuraklık stresinin uygulanması (I. Aşama).....	29
3.2.2. Fizyolojik Ölçümler	31
3.2.2.1. Yaprak Oransal Su Kapsamı	31
3.2.2.2. Membran Geçirgenlik İndeksi (MGİ)	32
3.2.2.3. Klorofil içeriğinin belirlenmesi.....	32
3.2.3. Biyokimyasal Ölçümler	32
3.2.3.1. Lipid Peroksidasyon (MDA) aktivitesinin belirlenmesi	32
3.2.3.2. Prolin Konsantrasyonun Belirlenmesi	33
3.2.3.3. Enzim Analizleri	33
3.2.3.3.1. Katalaz Enzim Aktivitesi	34
3.2.3.3.2. Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi.....	34

3.2.4. Denemenin kurulması ve kuraklık stresinin uygulanması (II. Aşama).....	35
3.2.5. Gen İfade Düzeyinin Belirlenmesi	35
3.2.5.1. RNA İzolasyonu.....	35
3.2.5.2. cDNA (Komplementer DNA) Sentezi	36
3.3.5.3. Real-time PCR Uygulaması	36
3.3. İstatistiksel Analiz.....	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	38
4.1. Bitkilerin Kuraklık Stresine Karşı Fizyolojik Tepkileri.....	38
4.1.1. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK)	38
4.1.2. Membran Geçirgenlik İndeksi (MGI)	40
4.1.3. Klorofil Pigment İçeriği.....	42
4.2. Bitkilerin Kuraklık Stresine Karşı Biyokimyasal Tepkileri.....	46
4.2.1. Prolin İçeriği	46
4.2.2. Lipid Peroksidasyon Aktivitesi (MDA).....	47
4.2.3. Askorbat Peroksidaz Aktivitesi (APx).....	49
4.2.4. Katalaz Enzim Aktivitesi (CAT).....	51
4.3. Aşılı ve Aşısız Bitkilerin Kuraklık Stresinde Akuaporin Proteinlerinin Gen İfadesi Değişimi	53
5. TARTIŞMA.....	59
6. SONUÇ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
7. KAYNAKLAR	68
8. EKLER	85
9. ÖZGEÇMİŞ	86

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar	Açıklama
ABA	Absisik asit
APx	Askorbat Peroksidaz
CAT	Katalaz
MDA	Malondialdehit
PIP	Plasma membrane Intrinsic Proteins
TIP	Tonoplast intrinsic protein
SOD	Süperoksit dismutaz
YOSK	Yaprak Oransal Su Kapsamı
MGI	Membran Geçirgenlik İndeksi
ACT	Aktin
RNA	Ribonükleik Asit
mRNA	mesajcı RNA
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
cDNA	Tamamlayıcı DNA

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Ülkerlere göre üzüm üretim miktarları (ton)	1
Şekil 2.1. ISI WoS formatı verileri kullanılarak Asmada yapılan kuraklık ile ilgili çalışmaların dağılım şekli Vosviewer yazılımı ile oluşturulmuştur.	6
Şekil 3.1. I. Aşama denemenin kurulması	31
Şekil 3.2. Bitki yapraklarından enzim ekstraksiyonu için fosfat tamponla ile ezilmesi. .	34
Şekil 3.3. Toplam nükleik asit izolasyonuna ait görseller.	36
Şekil 4.1 Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin yaprak oransal su kapsamına (YOSK) etkisi	40
Şekil 4.2. Farklı su kısıntısı uygulamalarının Membran Geçirgenlik İndeksine (MGİ) etkisi.....	41
Şekil 4.3. Farklı su kısıntısı uygulamalarının Klorofil a içeriğine etkisi	43
Şekil 4.4. Farklı su kısıntısı uygulamalarının Klorofil-b içeriğine etkisi	44
Şekil 4.5. Farklı su kısıntısı uygulamalarının Karotenoid içeriğine etkisi.....	45
Şekil 4.6. Farklı su kısıntısı uygulamalarının Prolin aktivitesine etkisi	47
Şekil 4.7. Farklı su kısıntısı uygulamalarının MDA içeriğine etkisi	49
Şekil 4.8. Farklı su kısıntısı uygulamalarının APx enzim aktivitesine etkisi	51
Şekil 4.9. Farklı su kısıntısı uygulamalarının CAT enzim aktivitesine etkisi	53
Şekil 4.10. Kuraklık uygulamasının Aşısız Horoz Karası üzüm çeşidinde yapraktaki PIP2-1, PIP2-2, TIP1-1 ve TIP2-1 aquaporin genlerinin ifade değişimine etkisi	54
Şekil 4.11. Kuraklık uygulamasının Aşısız Kabarcık üzüm çeşidinde yapraktaki PIP2-1, PIP2-2, TIP1-1 ve TIP2-1 aquaporin genlerinin ifade değişimine etkisi.....	55
Şekil 4.12. Kuraklık uygulamasının Lot Amerikan anacı üzerine aşılı Horoz Karası üzüm çeşidinde yapraktaki PIP2-1, PIP2-2, TIP1-1 ve TIP2-1 aquaporin genlerinin ifade değişimine etkisi	56
Şekil 4.13. Kuraklık uygulamasının Lot Amerikan anacı üzerine aşılı Kabarcık üzüm çeşidinde yapraktaki PIP2-1, PIP2-2, TIP1-1 ve TIP2-1 aquaporin genlerinin ifade değişimine etkisi	57
Şekil 7.1. Aktin primerine ait örneklerin amplifikasyon eğrileri.....	85

Şekil 7.2. Aktin primerine ait erime eğrisi grafiği.....	85
--	----



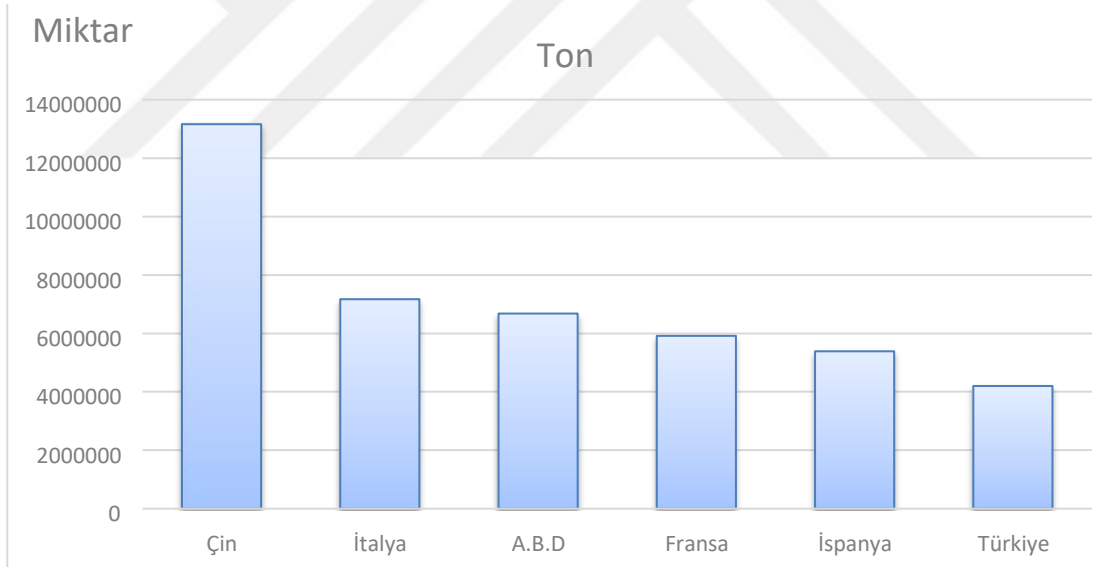
ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Real-Time-PCR reaksiyonları için kullanılan primer listesi	37
Çizelge 3.2. Real-Time PCR Uygulamaları.....	37
Çizelge 4.1. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin yaprak oransal su kapsamına (YOSK) üzerine etkisi.....	38
Çizelge 4.2. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin Membran Geçirgenlik İndeksine (MGİ) olan etkisi.....	41
Çizelge 4.3. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin klorofil-a içeriğine etkisi.....	42
Çizelge 4.4. Farklı su kısıntısı uygulamasının çeşitlerin Klorofil-b içeriğine etkisi	43
Çizelge 4.5. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin Karotenoid içeriğine etkisi..	45
Çizelge 4.6. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin Prolin içeriğine etkisi	46
Çizelge 4.7. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin Lipid Peroksidasyon değişimine (MDA) etkisi	48
Çizelge 4.8. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin askorbat peroksidaz enzim aktivitesine (APx) etkisi.....	50
Çizelge 4.9. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin Katalaz enzim aktivitesine (CAT) etkisi	52
Çizelge 4.10. Kuraklık uygulamasının Horoz Karası ve Kabarcık üzüm çeşitlerine anacın yapraktaki PIP2-1, PIP2-2 akuaporin genlerinin ifade değişimine etkisi	58
Çizelge 4.11. Kuraklık uygulamasının Horoz Karası ve Kabarcık üzüm çeşitlerine anacın yapraktaki TIP1-1 ve TIP2-1 Akuaporin genlerinin ifade değişimine etkisi	58

1. GİRİŞ

Üzüm, dünyada ekonomik olarak ticareti en fazla yapılan tarım ürünleri arasında yer almaktadır. Dünya nüfusunun hızla artması, buna bağlı olarak tarımsal alanların giderek azalması ve iklim değişikliği gibi nedenlerden dolayı tarımsal üretim üzerinde baskı gün geçtikçe daha da artmaktadır.

Asmanın farklı iklim koşullarına adaptasyon yeteneği diğer bitki türlerine göre daha yüksektir. Bu yeteneği sayesinde dünya üzerinde geniş bir alana yayılmıştır. Dünyada yaklaşık olarak 7 milyon ha alanda 75 milyon ton üzüm üretilmektedir. Çin 13 milyon ton üzüm üretimi ile dünya üretiminin yaklaşık %17 sini karşılamakta, İtalya, A.B.D, Fransa ve İspanya Çin'i izlemektedir. Türkiye ise 4,2 milyon ton üzüm üretimi ile 6. sırada yer almaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Ülkelerle göre üzüm üretim miktarları (ton) (Anonim, 2017).

Birim alandan alınan verime bakıldığında bu ülkeler arasında A.B.D. ortalama 17 ton/ha ile ilk sırada, 16 ton/ha ile Çin ikinci sırada, Türkiye ise 9 ton/ha verim ile İtalya'dan sonra 4. sırada yer almaktadır. Bu ülkeleri sırasıyla Fransa ve İspanya takip etmektedir. Dünyada asmanın yetiştiricilik alanları azalırken toplam üzüm üretim miktarında artış söz konusudur (Anonim, 2017).

Türkiye'nin üzüm üretimi toplam 4,2 milyon ton üzümün yaklaşık 1,5 milyon tonu sofralık çekirdekli çeşitlerden oluşmaktadır. Bunu 1 milyon ton ile kurutmalık çekirdeksiz üzüm üretimi takip etmektedir. Sofralık üzümler çeşitlilik gösterirken kurutmalık çekirdeksiz üzüm üretimi büyük ölçüde Sultani Çekirdeksiz çeşidi ile Ege Bölgesi'nde yapılmaktadır. Türkiye dünyada en büyük çekirdeksiz kuru üzüm üreticisi ve ihracatçısı konumundadır. Şaraplık ve çekirdekli kurutmalık üzüm üzerine yoğunlaşan Güneydoğu Anadolu Bölgesi Türkiye'nin toplam üretiminin %16'sını karşılamaktadır (Durmuş ve Yiğit, 2003).

Dünya, iklim değişimi nedeniyle bölgesel olarak farklı iklimsel olaylarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu değişim yarı kurak iklime sahip coğrafyada yer alan Türkiye'yi su kaynaklarının azalması şeklinde etkilemektedir. Bu nedenle sulama kaynaklarına erişim her geçen gün daha maliyetli hale gelmektedir. Daha ekonomik ve sürdürülebilir tarım için bu çevresel etkilerin en aza indirilmesi gerekmektedir. Bunun kısa vadede en ucuz yöntemi ise su kısıntısına toleransı yüksek bitki materyallerinin geliştirilmesidir.

Türkiye asmanın gen merkezi olması nedeniyle büyük bir genetik çeşitliliğe sahiptir. Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde bulunan milli koleksiyon bahçesinde *Vitis vinifera* L. türüne ait 1500'ün üzerinde üzüm çeşidi mevcuttur (Ergül ve ark., 2006). Söz konusu bu genetik zenginlik hem kuraklığa dayanıklılık hem de arzulanan hedefe göre üstün özelliklere sahip bireylerin belirlenmesine yönelik çalışmalar açısından büyük bir potansiyel sunmaktadır.

Vitis vinifera L. zengin genetik çeşitliliğe sahip olsa da filoksera zararlısına karşı hassastır. Filoksera ile mücadele dünyada olduğu gibi Türkiye'de de Amerikan asma anaçları üzerine aşılanarak yapılmaktadır. Amerikan asma anaçlarının genetik zenginliği *Vitis vinefera* L. kadar çeşitli değildir (Serra ve ark., 2014). Ülkemizde filokseranın yayılmadığı bölgelerde az da olsa kendi kökü üzerinde bağcılık yapılmaktadır. Günümüzde bağcılıkta amerikan asma anaçlarından filoksera zararlısı gibi biyotik stres faktörlerinin yanı sıra kuraklık gibi abiyotik stres faktörlerine toleransın yüksek olması beklenmektedir.

Asmalar birçok fizyolojik mekanizma ile olumsuz çevre şartlarına uyum sağlama yeteneğine sahiptirler. Kuraklık gibi abiyotik stres faktörleriyle başa çıkma yetenekleri çeşitlere göre büyük farklılık göstermektedir (Beis ve Patakas, 2012).

Bitkilerin su stresine karşı gösterdiği ilk fizyolojik tepkilerinden biri stomaların kapanmasıdır. Bu sayede bitki, stomalardan terleme ile oluşan su açığını azaltmaya çalışmaktadır (Chaves, 1991). Bitkiler bir yandan terlemeyi azaltarak suyun korunmasını sağlarken bir yandan topraktan suyun alımını arttırabilmek için asimilasyon enerjisi sonucunda üretilen osmotik potansiyelin ayarlanmasında görev alan koruyucu molekülleri köklere yönlendirir (Poni ve ark., 1993; Palliotti ve ark., 2008). Ancak stomaların kapanması bitkilerde gaz değişimini de azaltır. Bu fotosentezin CO₂ fiksasyon aşamasının engellenmesine yol açar. Fotofosforilasyon aşamasında üretilen ATP enerjisi fiksasyon aşamasında kullanılamadığından enerji ve karbonhidrat metabolizmasında ciddi bozulmalar ortaya çıkar (Jaleel ve ark., 2007). Bu dengenin bozulması elektron taşıma sisteminde bulunan fotosistemlerin işleyişini olumsuz yönde etkiler. Sitoplazma, kloroplastlar ve mitokondri arasında elektron akışındaki bozukluklar reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimini arttırır. Bitkide yüksek ROS birikimi, RNA ve DNA hasarına, enzim inhibisyonuna, protein oksidasyonuna ve membran lipid peroksidasyonuna neden olarak bitkilere zarar verir (Doupis ve ark., 2011). Bitkiler bu ROS'un temizlenmesi ve detoksifiye edilmesi için savunma sistemleri geliştirmiştir (Lascano ve ark., 2001; Yıldız-Aktas ve ark., 2009). ROS'un zararını azaltmak için bitkilerde süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APx), guaiakol peroksidaz (GPx) ve peroksidaz (POX) gibi enzimatik antioksidanların yanı sıra prolin, glutatyon, a-tokoferol ve karotenoidler gibi enzimatik olmayan moleküllerin sentezlendiği bildirilmiştir (Costa ve ark., 2002).

Bitkilerde kuraklık gibi abiyotik stres faktörlerine karşı antioksidan savunma sistemlerinin yanı sıra bitki hormonları da önemli rol oynar. Kuraklığa maruz kalan bitkilerde stres hormonu olarak bilinen Absisik asit (ABA) sentezi artarken (Davies ve Zang, 1991; Stoll ve ark., 2000) sitokin grubu hormonların seviyesi azalır. Antigonistik etkiye sahip olan bu iki hormon birlikte hareket ederek stres koşullarında çeşidin vejetatif gelişimini düzenler. Bu sayede köklerde üretilen hormonlar taç yapısını ve boyutunu etkileyerek kuraklığa toleransı önemli derecede etkilerler (Whiting, 2004). Ayrıca bu

hormonların stres koşullarında köklerin büyümesine de muhtemel bir etkisinin olduğu düşünülmektedir (Sasidharan ve ark., 2011). Köklerde sentezlenen ABA iletim demetleri vasıtasıyla bitkinin üst kısımlarına taşınır. Yapraklara taşınan ABA stoma iletkenliğini azaltarak su kaybını sınırlandırır (Galmés ve ark., 2007).

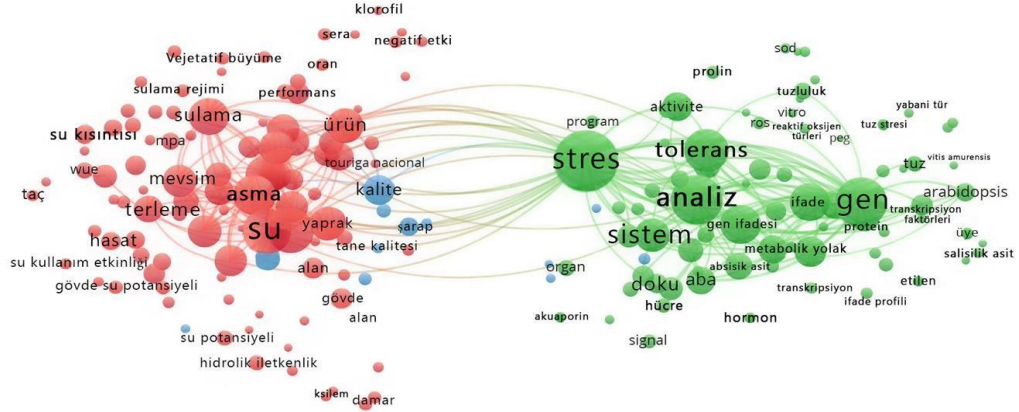
ABA, akuaporin denilen su kanal geçiş proteinleri ile birlikte kök ve yaprak hidroliğini birlikte düzenlerler (Vandeleur ve ark., 2009; Pou ve ark., 2013; Lovisolo ve ark., 2008). Akuaporinler köklerden yapraklara suyun devamlı taşınmasında rol alırlar ve membran su geçirgenliğini düzenleyerek hücrenin hidrolik iletkenliğinde hızlı ve tersine değişimler meydana getirebilirler (Lovisolo ve Schubert, 2006; Hayes ve ark., 2007; Surbanovski ve Grand, 2014). Bu protein kanallarının su stresi altındaki bitkinin su dengesini sürdürebilmesinde rol oynadığına inanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar alınmakla birlikte, genel olarak, su stresinin süresine ve şiddetine bağlı olarak akuaporin gen ifadesinde artma, azalma yönünde değişimlerin olabileceği ifade edilmektedir (Tyerman ve ark., 2002; Galmes ve ark., 2007). Ayrıca kuraklığa toleranslı varyetelerle hassaslar arasında akuaporin ifadesi açısından farklılıkların olduğu bildirilmiştir (Lian ve ark., 2004). Bu bulgular kuraklık stresine toleranslı bitki seçimine yönelik çalışmalarda, Akuaporin gen ifadesindeki değişlerin önemli bir kriter olabileceğini ortaya koymaktadır.

Asmada kuraklık stresi ile ilgili yapılan pek çok çalışmaya rağmen bitkinin stres ile başa çıkma mekanizması halen tam olarak aydınlanabilmiş değildir. Genotiplerin kuraklık stres faktörüne toleranslarının bilinmesi bitkideki stres mekanizmalarının aydınlatılmasına katkı sağlayabilir. İklim tahminleri bağcılığın yoğun olarak yapıldığı Akdeniz bölgesinde bağ alanlarının kuraklık stresine daha fazla maruz kalacağını göstermektedir. Bitkideki stres mekanizmalarının aydınlatılması kuraklık stres faktörüne toleransı yüksek çeşitlerin belirlenip geliştirilmesine imkân tanıyacaktır. Yapılan bu çalışmada Kabarcık, Manda Gözü, Bilecik İrikarası, Horoz Karası, Rumi, Tekirdağ Çekirdeksizi, Çavuş ve Trakya İlkeren üzüm çeşitlerinin kuraklık stresine karşı vermiş olduğu bazı fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler tepkiler incelenmiştir. Kuraklığa karşı farklı tepki veren Horoz Karası (toleranslı) ve Kabarcık (hassas) üzüm çeşitleri seçilerek hem kendi kökleri hem de Rupestris du Lot amerikan asma anacı üzerinde kuraklık stresine karşı yapraktaki akuaporin gen ifadesinin değişimi incelenmiş gen ifadeleri ile fizyolojik tepkiler arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Asma, dünyada tarımı yapılan en eski kültür bitkilerinden biridir. Günümüzde ekonomisinin büyük ölçüde üzüm ve şarap üretimine dayandığı ülkeler dahi bulunmaktadır. Yapılan araştırmalara göre dünyada optimum şartlarda tarımsal üretimin yapılması durumunda verimde %70 oranında artış sağlanabileceği öngörülmektedir (Chaves ve Oliveria., 2004). Optimum şartların bozulmasına neden olan çevresel etkiler arasında ürün dağılımını ve yetiştiriciliğini en fazla etkileyen faktörlerden biri ise kuraklıktır (Schulze, 1986).

Asmalar su kısıntısını tolere edebilmek için kurak koşullara farklı tepkiler verirler. Asmanın kuraklık stresine verdiği tepkiler konusunda literatürde yapılan çalışmaların Vosviewer programı ile değerlendirilmesi sonucunda, çalışmaların genel olarak üç ana küme etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Kırmızı renk ile belirlenen kümede su stresi ve sulama rejimi, yaprak oransal su içeriği, su kullanım etkinliği, stoma ve hidrolik iletkenlik, transpirasyon, verim ve performansı, yeşil renkteki kümede organ, doku ve hücresel düzeyde bitkinin vermiş olduğu biyokimyasal, hormonal ve genetik tepkiler üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Mavi kümede ise antosiyanin, sekonder metabolitler, şarap ve şarap kalitesi üzerine yapılan çalışmalar yer almaktadır (Şekil 2.1). Asmanın kuraklığa verdiği tepkilerin incelendiği çalışmalar aşağıda derlenmiştir.



Şekil 2.1. ISI WoS formatı verileri kullanılarak Asmada yapılan kuraklık ile ilgili çalışmaların dağılım şekli Vosviewer yazılımı ile oluşturulmuştur.

2.1. Fizyolojik Tepkiler

Asma yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı Akdeniz Bölgesi'nde yaz aylarında mevsimsel kuraklık, yüksek sıcaklıklar ve yüksek ışınım düzeyi sık görülen çevresel olaylardır (Patakas ve Noitsakis, 2001). Bu çevresel etmenlerin etkisinin artmasıyla birlikte yapraklarda terleme oranı da artar. Topraktan yeteri kadar suyun karşılanamaması bitkiyi strese sokar. Kuraklıktan etkilenen ve strese giren asma bitkisinin fizyolojisini incelemek, üzüm verimini ve kalitesini nasıl etkileyebileceğini anlamak için önemli bir araçtır. Asmanın fizyolojik aktiviteleri kuraklık stresinin şiddetine ve seviyesine bağlı olarak değişmektedir (Matthew ve Veerson, 1989; Chone ve ark., 2001). Ayrıca kuraklık stresine karşı *Vitis vinifera* L. çeşitleri farklı davranış mekanizmaları geliştirmişlerdir (Nader ve ark., 2019). Kuraklık stresine tepki olarak geliştirdikleri fizyolojik süreçlerin bu farklılığından dolayı, stresle başa çıkma mekanizması tam olarak aydınlatılamamıştır.

Kuraklık stresi ile birlikte asmada sürgün gelişimi, yaprak genişlemesi ve dalların uzaması yavaşlamaktadır (Schultz ve Matthews, 1988; Hardie ve Martin, 2000). Yıllık sürgünlerin büyümesindeki farklılıklar, yaprak su potansiyelini tespit etmeden su stresinin belirlenmesine yardımcı olabilir (Grimplet ve ark., 2007). Asmanın kuraklık

stresine en duyarlı olduğu dönem gözlerden sürgünlerin uyandığı dönem olarak tespit edilmiştir (Pereira ve Chaves, 1995; Pellegrino ve ark., 2005). Ayrıca bitkide su yetersizliği nedeni ile kök büyümesinde meydana gelen azalma yaprak ve sürgün gelişimindeki azalmadan daha azdır (Dry ve ark., 2000a, 2000b). Yaprak sayısı ve alanının azalması stoma sayısının da azalması anlamına gelmektedir. Stoma sayısının azalmasının yanı sıra stomaların kapanması suretiyle stoma faaliyetlerinde de ayrıca bir azalma meydana gelmektedir. Bitkilerde stomaya bağlı tepkiler kuraklık stresine kısa vadeli tepkiler olarak düşünülürken, stoma haricindeki etkiler genellikle uzun ve şiddetli su kısıntısına tepki olarak yorumlanmaktadır (Rouhi ve ark., 2007). Stomaların kapanması CO₂ fiksasyonunu geçici olarak azaltmaktadır (Liu ve ark., 1978; Naor ve ark., 1998). Stomaların kapanması ile terleme düzenlenerek, hidrolik iletkenlik sistemi harekete geçirilir ve yaprak su potansiyeli korunur. Aynı zamanda CO₂ asimilasyon oranı da düzenlenir (Flexas ve ark., 1998). Sonuç olarak, stomalar aşırı su kaybını önlemek için terleme ve CO₂ değişimini dengelemek gibi ikili bir rol üstlenmektedir. Bu da stomaların fotosentetik aktiviteyi devam ettirmek ile kuraklık stresi ile başa çıkmak için transpirasyonu azaltmak gibi ikilemde kalmasına neden olmaktadır (Cowan ve Farquhar, 1977). Su stresinin bitki tarafından hissedilmeye başladığı ilk aşamada stomalardaki gaz değişimi yaprak su potansiyelindeki değişimden daha fazladır (Flexas ve ark., 2002; Medrano ve ark., 2002). Bu nedenle yaprak su potansiyeli, şiddetli kuraklık stresinde belirleyici bir gösterge iken stoma iletkenliği düşük seviyedeki su stresinin belirlenmesinde önemlidir (Pellegrino ve ark., 2005). Şiddetli su stresi, kloroza, yaprak ve meyvelerde dökülmelere, hücre ölümlerine, meyvelerde küçülmeye, şeker birikiminin gecikmesine ve renk kaybına neden olmaktadır (Selker ve Baer., 2002).

Su stresinin meydana getirdiği fotosentetik sınırlama şeker sentezini azaltarak meyve kalitesi ve verimde düşüşe neden olur (Hardie ve Considine., 1976; Koundouras ve ark., 2006; dos Santos ve ark., 2007). Ancak vejetasyon boyunca düşük seviyede hissedilen su eksikliğinin üzüm kalitesi üzerine bazı olumlu etkileri (artan polifenol konsantrasyonu ve çözünebilir katı madde içeriği) olduğu bildirilmiştir (Roby ve ark., 2004).

Su kullanım etkinliği üzerine yapılan çalışmaların çoğu yapraklarda meydana gelen değişimler üzerine odaklanarak bitkinin bütün olarak su kullanım etkinliğinin tahmine dayanmaktadır. Ancak yaprak üzerinde yapılan çalışmalar bazı yapısal, fizyolojik ve

genetik süreçlerin gözden kaçmasına ve dolayısıyla strese karşı bitkinin tepki mekanizmasının çözümlenmesinde eksikliklere neden olmaktadır (Tomas ve ark., 2014).

Bir çalışmada, 1103P anacı üzerine aşılı Crimson Seedless, Superior Seedless, Razaki ve Horoz Karası üzüm çeşitlerinin kuraklık stresine karşı göstermiş oldukları fizyolojik ve morfolojik tepkiler incelenmiştir. Çalışma sonunda, % 60 su kısıntısı uygulamasında tüm çeşitlerde toplam yaprak alanında ve kuru madde ağırlığında bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmaya bağlı olarak kök büyümesinde de bir azalma gözlemlenmiştir. Yaprak kalınlığı ve dokusunda farklılık bulunmazken klorofil içeriği, yaprak elektrolit sızıntı indeksinde ve yapraktaki K, Fe, Cu ve Zn miktarlarında artış tespit edilmiştir. Kuraklığa adaptasyon açısından çeşitler arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. İncelenen çeşitler içinde kuraklığa toleransı en az olan çeşidin Superior Seedless en toleranslı çeşidin ise Horoz Karası olduğu belirlenmiştir (Kamiloğlu ve ark., 2014).

Kuraklık stresinin Savatiano üzüm çeşidi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, stres koşulları altında, fotosentetik oran, stoma iletkenliği, ozmotik potansiyelde önemli bir düşüş olduğu kaydedilmiştir. Toplam şeker birikiminde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma kaydedilmezken glikoz konsantrasyonu üç kata yakın azalmıştır. Toplam inorganik iyon konsantrasyonu hızlı bir şekilde stresten etkilenecek artmış ve artan bileşiklerin ozmotik basıncı düzenlemede esas bileşikler olduğu görülmüştür (Patakas ve ark., 2002).

Balear Adalarında yetiştiriciliği yapılan 20 çeşit üzerinde kuraklık stresinin fotosentez ve su kullanımı üzerine etkisinin incelendiği çalışmada Cabernet Sauvignon ve Chardonnay üzüm çeşitleri kuraklık stresine verdikleri tepkilere göre değerlendirildiklerinde diğer çeşitler ile ayrılmışlardır. Çeşitler arasında gaz değişim parametreleri (net CO₂ asimilasyonu, stoma iletkenliği ve su kullanım etkinliği) için dikkat çekici farklılıklar gözlemlenirken klorofil floresans parametreleri açısından (maksimum fotokimyasal etkinliği, elektron taşınım oranı ve fotokimyasal olmayan floresans) çeşitler arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Escursach çeşidi yüksek karbon asimilasyonunun yanında düşük su tüketimi göstermiştir. Çalışmada üzüm çeşitlerini kuraklığa olan tepkilerine göre alarmist (stoma iletkenliğinde yüksek bir azalma ve yaprak su potansiyelinde daha düşük bir azalma gösteren) ve luxurious (göreceli olarak stoma

iletkenliğinde daha az bir düşüş) olarak iki ana gruba ayırmışlardır (Flexas ve Medrano, 2001).

Grenache ve Chardonnay üzüm çeşitlerinde yapılan araştırmada su stresinin bitki köklerindeki hücre duvarlarında daha yüksek miktarda suberin birikimi olduğu gözlemlenmiştir. Chardonnay çeşidinde bazı geçiş hücrelerinde daha belirgin olsa da Grenache'de, endodermisin tüm hücreleri suberize olmuştur. Bu hücrel adaptasyonlar, asmada stres tepkilerinin modüle edilmesine yardımcı olmaktadır (Vandeleur ve ark., 2009).

Asma yapraklarında kuraklık tolerans mekanizmaları rapor edilmekle birlikte su stresinin neden olduğu emboli ile daha az bilgi bulunmaktadır. Yapraklarda ksilem hidrolik özellikleri ile kuraklık tolerans mekanizmaları arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek için yapılan bir çalışmada, Akdeniz iklim koşullarında açık alanda yetiştirilen 8 asma çeşidi (Sauvignon Blanc, Chardonnay, Cabernet Sauvignon, White Grenache, Black Grenache, Alicante Bouschet, Tempranillo ve Parellada) üzerinde çalışılmıştır. Her çeşit için yapraktaki maksimum ve minimum turgor değerleri ile yaprak elastikiyet modülü (ϵ) kullanılarak hesaplanarak oluşturulan emboli açığı eğrileri çizilmiştir. Chardonnay dışındaki tüm çeşitler osmoregülasyon göstermiş, ancak her çeşit için emboli açığı eğrilerinde farklı desenler bulunmuştur. Parellada, Tempranillo ve Black Grenache çeşitlerin ksilemlerinin emboliye en savunmasız olduğunu kanıtlarken, Chardonnay ve Sauvignon Blanc çeşitlerinin emboliye karşı daha dirençli ksileme sahip olduğu belirlenmiştir. Emboliye karşı direnç ile yaprakta kuraklık tolerans mekanizmaları arasında bir ilişki bulunamamıştır. Üzüm çeşitlerinin kuraklık stresi ile başa çıkma mekanizmalarına bakıldığında farklı tepkiler verdiği gözlemlenmiştir (Herralde ve ark., 2002).

Yazları sıcak ve kurak iklim tipinin görüldüğü Akdeniz bölgesinde bulunan Portekiz'de yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan iki asma çeşidinin bu bölgeye hangisinin daha iyi adapte olduğunu belirlemek amacıyla çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada, Muscat Blanc Pet Petits Grains ve Semillon çeşitlerinin yaprak suyu potansiyeli, stoma iletkenliği, CO₂ asimilasyon oranı, terleme hızı, su kullanım etkinliği, lipid peroksidasyonu ve yaprak biyokimyasal bileşimi ve verimi 2011- 2012 yılları arasında

Akdeniz iklimi şartlarında, incelenmiştir. Her iki yılda Muscat Blanc Pet Petits Grains çeşidinde CO₂ asimilasyon oranı, fotosentetik pigment konsantrasyonu ve yaprak su potansiyeli daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca Muscat Blanc Pet Petits Grains çeşidinde daha yüksek SÇKM ve düşük toplam fenol konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak Semillon, 2011 yılında daha verimli bulunurken daha kurak bir yıl olan 2012'de daha düşük bir verim göstermiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde Muscat Blanc à Petits Grains çeşidinin daha stresli iklim koşullarına daha iyi adapte olduğu bildirilmiştir (Dinis ve ark., 2014).

2.2. Biyokimyasal Değişimler

Olumsuz iklim ve toprak koşullarının bitki büyüme ve gelişimine olumsuz etkisi bulunmaktadır. Genellikle su eksikliği bitkilerde reaktif oksijen türlerinin (ROS) dengesini bozabilir (Miller ve ark., 2010). Uygun olmayan bu çevresel koşullar altında, bitkide üretilen süperoksit anyon (O₂⁻), hidrojen peroksit (H₂O₂), hidroksil radikali (OH[•]) ve singlet oksijen (1/2 O₂) gibi reaktif oksijen türlerinde bir artış görülmektedir. Bitkilerin kuraklık stresiyle başa çıkma kabiliyetinin, su kaybı sırasında antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırarak ROS'u temizleme yetenekleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Mittler, 2002; Costa ve ark., 2002; Kolarovic ve ark., 2009). ROS'ları temizlemek ve hücreleri su stresinden korumak için, bitkiler karmaşık koruyucu mekanizmalar geliştirmiştir (Wang ve ark., 2019). Oksidatif hasarlarla baş edebilmek için bitkiler, enzimatik (Foyer ve Noctor, 2005) ve enzimatik olmayan (Apel ve Hirt, 2004) bir dizi antioksidan sistemi geliştirmişlerdir.

Enzimatik antioksidanlar, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APx), guaiakol peroksidaz (GPX) ve peroksidaz (POX) gibi çeşitli enzimleri içerir. Stres koşulları altındaki bitkilerde ROS üretimi, antioksidan enzim aktivitelerinde değişikliklere neden olur. Antioksidan enzimler, ROS oluşumu ve eliminasyonu arasındaki dengeyi korur (Auler ve ark., 2017). SOD, süperoksit anyonunun hidrojen peroksit (H₂O₂) içerisine ayrışmasını katalize eder. SOD sadece bir O₂⁻ temizleyici değil, aynı zamanda antioksidan sistemde önemli bir rol oynayan H₂O₂ üreten ana enzimdir (Sadeghnezhad ve ark., 2016). H₂O₂ birikimi ise bitkilerin kuraklığa direncini artıran bir sinyal molekülü olarak işlev görür (Noctor ve ark., 2018). CAT enzimi, H₂O₂'nin O₂ ve

H₂O₂'ya parçalanmasını katalize eder. Böylece membran stabilitesini bozan H₂O₂'yi hücreden uzaklaştırmış olur (Kim ve ark., 2004). CAT enziminin fotorespirasyon tarafından yaratılan H₂O₂ birikimini azaltılmasında yer alan peroksizomlarda lokalize olduğu bilinmektedir. Bitkilerde, bir dizi enzim H₂O₂ hücre içi seviyelerini düzenler. CAT bu enzimlerin en önemlisi olarak kabul edilir (Noctor ve ark., 2000). CAT, stoma iletkenliğini azaltarak aşırı su kaybının önlenmesine katkıda bulunur (Beis ve Patakas, 2012). POD, APX ve GPX gibi enzimler CAT enzimi gibi, SOD tarafından üretilen H₂O₂ toksisitesinin temizlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Noctor ve ark., 2000; Caverzan ve ark., 2012).

Yüksek sıcaklık ve su stresi uygulamalarının Shenfeng ve Shenhua (*Vitis vinifera* X *Vitis labrusca*) çeşitleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada sıcaklık ve kuraklık stresleri ile ilgili genlerin transkripsiyon seviyesi, Fotosistem II (PS II) aktivitesi, antioksidan enzim (SOD, CAT ve POD) aktiviteleri ve ABA değişimi incelenmiştir. Yalnızca sıcaklık uygulamasına kıyasla yüksek sıcaklık ve su stresi altında PSII ve enzim aktiviteleri daha düşük bulunmuştur. Her iki stres uygulamasında ABA konsantrasyonu ve ABA biyosentezi ile ilişkili genlerin transkript seviyesinde bir artış bulunmuştur (Zha ve ark., 2019).

Kuraklığın etkisinin, UV-B radyasyon uygulaması ile birlikte değerlendirildiği bir çalışmada, iki faktörün kombine uygulamasının, sürgün büyüme oranını ve yaprak kuru ağırlığını önemli ölçüde etkilediği ifade edilmiştir. Gelişmiş UV-B radyasyon uygulamasında, guaiakol peroksidaz (GPX, EC 1.11.1.7), askorbat peroksidaz (APX, EC 1.11.1.11), süperoksit dismutaz (SOD, 1.15.1.1) ve katalaz (CAT, 1.11.1.6) aktiviteleri önemli ölçüde artmıştır. Tek başına kuraklık uygulaması, prolin konsantrasyonunda önemli bir artışa yol açarken SOD, CAT, GPX ve APX gibi enzimlerin aktivitesinde herhangi bir değişime neden olmamıştır (Doupis ve ark., 2011).

Kamangar ve Haddad, (2016) sodyum silikat (Si) uygulamasının, kurak koşullar altında yetiştirilen iki farklı asma çeşidinin (*Vitis vinifera* L., cvs Mish Pestan ve Sahebi) antioksidan enzim aktivitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, araştırmacılar Si uygulamasının antioksidan enzim aktivitelerini ve çözülebilir protein içeriğini artırarak asmada kuraklık stresinin olumsuz etkilerini kısmen telafi ettiğini

göstermişlerdir. Si uygulaması, her iki çeşidin de enzim aktivitelerini önemli ölçüde etkilemiştir. Ayrıca su stresi, toplam klorofil ve toplam protein içeriğinde bir azalmaya neden olsa da Si uygulamasının yapılmadığı bitkilerde azalmanın daha fazla olduğu bulunmuştur.

Su stresinin asma yapraklarındaki uçucu bileşiklerin ve stoma morfolojisi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için mikromorfolojik ve metabolomik analizlerin yapıldığı çalışmada; prolin içeriği, hidrojen peroksit içeriği, lipid peroksidasyonu ve antioksidan aktivitelerin yanı sıra fotosentetik parametreler ve klorofil floresansındaki değişiklikler su stresinin belirteçleri olarak saptandı. Ayrıca asma yapraklarında sekonder uçucu bileşik olarak aldehid, keton ve alkollerin de içinde bulunduğu toplam 12 volatil bileşiğin varlığı tespit edilmiştir. Bu 12 sekonder uçucu bileşikler arasında 3-Heksenal ve (E)-2-Heksenal'da kuraklık stresi ile birlikte kontrole göre önemli bir artış gözlemlenmiştir. Çok değişkenli istatistiksel analiz ile 3-heksenal ve (E) -2heksenal seviyelerinin prolin, hidrojen peroksit (H_2O_2), malondialdehit (MDA), katalaz (CAT) ve süperoksit dismutaz (SOD) değişiklikleriyle yakından ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Bu sonuçlara bakıldığında bu bileşiklerin kuraklık stresinde sinyal bileşikleri olarak görev yaptığı düşünülmektedir (Ju ve ark., 2018).

ROS'un ilk hedefleri hücre zarları olduğundan kuraklık, yüksek sıcaklık ve tuzluluk gibi abiyotik stres koşulları altında bitkideki lipid peroksidasyonu artacaktır (Beis ve Patakas, 2012). Lipid peroksidasyonu sonunda ortaya çıkan bir ürün olan Malondialdehit miktarı ölçülerek hücre zarının hasar oranı belirlenebilmektedir (Güneş ve ark., 2006; Upadhyaya ve Khan, 2007; Catola ve ark., 2016; Yuan ve ark., 2017; Karami ve ark., 2017).

Lipid birikimindeki ve bileşimindeki farklılıklar ile bu değişikliklerin kuraklık stresi sırasındaki rolünü incelemek için dört asma çeşidi su kısıntısına maruz bırakılmıştır. Kuraklığa toleranslı Kahli Kerkennah ve Cardinal çeşitleri, hassas olan Guelb Sardouk ve Superior Seedless ile kıyaslandığında toleranslı olan çeşitler, stres sırasında düşük lipid peroksidasyon aktivitesi yanında daha yüksek yaprak su potansiyeline (Ψ_w) sahip olmuşlardır. Toplam lipid miktarları sadece toleranslı çeşitlerin yapraklarında stres sırasında artmıştır. Kuraklık, çeşitlerin hemen hemen hepsinde digalaktosildiasilgliserol/monogalaktosildiasilgliserol ve

fosfatidilkolin/fosfatidiletanolamin oranlarında bir artışa neden olmuştur. Tüm çeşitlerde su stresi altında lipidlerin doygunluk seviyesinin arttığını belirlenmiştir (Toumi ve ark., 2008). Ayrıca kuraklık stresi Kiszmisz Luczistyj üzüm çeşidinde toplam fenolik bileşiklerde azalmaya neden olmuştur. Tüm fenolik asit seviyesi yaprak ve köklerde kuraklık stresi altında istatistiksel olarak azalmıştır (Król ve ark, 2014).

Birçok bitki türü, farklı abiyotik streslere maruz kaldıklarında doğal olarak prolin, glisin betain (Gb), gliserol, mannitol ve sorbitol gibi organik osmolitleri biriktirirler (Irigoyen ve ark., 1992; Hare ve Cress, 1997; Ashraf ve Harris, 2004). Gb temelde kloroplastlarda bol miktarda bulunur ve burada tilakoid membranın düzenlenmesinde ve korunmasında hayati bir rol oynar. Ayrıca fotosentetik verimliliği de korur (Genard ve ark., 1991). Stresin çeşitli biyokimyasal indekslerinden birisi olan prolinin pirinç (Hsu ve ark., 2003), buğday (Nayyar ve Walia, 2003), zeytin (Sofa ve ark., 2004) ve üzüm (Karami ve ark., 2017) gibi pek çok bitkide arttığı bildirilmiştir. Prolin birikimi, osmoz düzenlenmesine ek olarak, biyolojik makro moleküler yapıyı stabilize etmede, hücre asiditesini ve amonyak toksisitesinin salınımını azaltmada ve hücre redoks potansiyelini düzenlemede enerji havuzu olarak önemli bir rol oynar (Szabados ve Savoure, 2010). Su stresi altında asma yapraklarında prolinin önemli miktarda birikmesi kuraklığa karşı toleransı artırmada önemli bir belirteç olabilir (Ju ve ark., 2018).

Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde yapılan bir araştırmada, kuraklık stresinde bitkinin tuz stresine oranla daha fazla prolin biriktirdiği tespit edilmiştir (Cramer ve ark., 2007). Bazı çalışmalar prolinin bitki metabolizmasında sadece ozmotik olarak değil aynı zamanda bir antioksidan olarak da görev yaptığını göstermiştir (Matysik ve ark., 2002, Sharma ve Dietz 2006). Ancak antioksidan enzimlerin aktivasyonu, daha yoğun stres koşullarında üretilen daha yüksek ROS konsantrasyonlarını temizlemek için prolinden daha etkili bir mekanizma olabilir (Kartashov ve ark., 2008).

Türkiye’de yetiştirilen önemli şaraplık üzüm çeşitleri (Narince, Sultani Çekirdeksiz, Öküzgözü, Boğazkere, Emir ve Çalkarası) üzerinde *in vitro* ortamda yüksek sıcaklık ve kuraklık stres uygulaması ile çeşitlerin prolin, MDA, hücre zarı zararlanma oranı, sürgün uzaması, yaş ve kuru ağırlık gibi parametreleri incelenmiştir. Yüksek sıcaklık ve PEG ile oluşturulan kuraklık stresi uygulamalarında prolin ve MDA içeriğinde bir artış tespit

edilmiştir. Araştırmada kullanılan altı çeşit arasından Narince çeşidi kuraklık ve yüksek sıcaklık stresine karşı en hassas çeşit olarak belirlenirken Öküzgözü çeşidinin diğer çeşitlere oranla daha toleranslı olduğu saptanmıştır (Altıncı, 2016).

2.3. Moleküler Değişimler

Asma 1970'lerden bu yana su stresine eko-fizyolojik tepkileri incelemek için model bitki olarak kullanılmaktadır. Moleküler çalışmalar 1990'larda hız kazanmış ve daha yakın zamanlarda transkriptomik ve proteomik gibi '-omiks' teknoloji uygulamalarındaki gelişmeler, asma genom dizisinin kullanılabilirliğine imkân sağlamıştır (Jaillón ve ark., 2007; Zharkikh ve ark., 2008). Bu sayede moleküler analizler fizyolojik analizlere güçlü bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Troggio ve ark., 2007).

Bitkilerde stres hormonu olan ABA'nın köklerde sentezlenerek yapraklara taşınması sadece stomaların kapanması gibi fizyolojik etkilere yol açmaz. Bunun yanı sıra genlerin ifadesinde ABA'ya bağlı yollarda değişiklik meydana getirir. Ayrıca yüksek ROS ve kalsiyum iyonlarının konsantrasyonu da genetik programda bir değişikliğe neden olur (Shao ve ark., 2008). Kuraklık sırasında aktive olan genlerin ekspresyon ürünleri, bitkilerin strese alışmasına katkıda bulunur. Çok yıllık bitkilerde kuraklık toleransının genetik mekanizması yaygın olarak incelenmektedir (Joshi ve ark., 2016).

Asma bitkisinde ise verim bileşenleri, meyve rengi, çekirdeksizlik, aroma, hastalık veya haşere direnci ile ilgili QTL (niceliksel özellik lokusu) analizleri üzerine yoğun çalışmalar bulunmaktadır (Zapater ve ark., 2010). Ancak abiyotik streslere karşı asma bitkisinin tepkilerinin genetik mekanizmasını çözümlemeye yönelik hem fonksiyonel haritalama hem de çok yıllık QTL analizleri ile ilgili yayınlanmış çalışmalar son derece sınırlıdır (Marguerit ve ark., 2012). QTL'ler, belirli bir niceliksel özellik ile ilişkili genleri içeren genom bölgeleridir (Jones ve ark., 1997). Kuraklığa tolerans, su stresine bitki tepkisinin moleküler düzeyde anlaşılmasını zorlaştıracak niceliksel özellikler olarak bilinen pek çok gen tarafından kontrol edilmektedir (Bartels ve Sunkar 2005).

QTL'ler üzerinde yapılan bir araştırma, asma kökünün topraktan su alma kapasitesi, kalem transpirasyonu ve aklımasyonu ile ilgili olarak bir genomik bölge tanımlanmıştır

(Marguerit ve ark., 2012). *V. vinifera* L.'de, gövde çeliklerinde kök dallanmasından sorumlu VvPRP1 ve VvPRP2 olarak adlandırılan iki gen tanımlanmıştır (Thomas ve ark., 2003). Homolog bir gen olan ve oksin aracılığıyla lateral kök gelişimine etki eden NAC1 gen bölgesi, su stresine tepki olarak da yer aldığı QTL ile ilişkilendirilmiştir (Marguerit ve ark., 2012).

Bitkilerde kuraklık stresi sırasında meydana gelen transkriptom modifikasyonlar yaygın olarak tanımlanmıştır. Transkriptom çalışmalar sayesinde abiyotik strese karşı ifade olunan pek çok gen bölgesi saptanmış olup bu çalışmalar halen devam etmektedir. BZIP (The basic leucine zipper), DREB (dehydration responsive element binding), NAC, ERF (ethylene response factor), MYB ve WRKY gibi transkripsiyon faktörleri (TFs), bitkilerde kuraklık stresine tepki sırasında önemli rol oynamaktadır (Zhang ve ark., 2018).

Bitkilerdeki en büyük transkripsiyon faktörleri arasında olan WRKY ailesi, yüksek bitkilerde transkripsiyonel düzenleyicilerin önemli bir sınıfıdır ve çoklu stres yanıtlarının önemli bir bileşenidir (Rushton ve ark., 2010). Transkripsiyonel düzenleme mekanizmaları da kuraklık stresine bitki yanıtında kritik rol oynamaktadır. Bu gen ailesinin üyeleri, zinc finger motifine bitişik korunmuş bir heptad wrkygqk amino asit motifi içeren yaklaşık 60 amino asit uzunluğunda bir DNA bağlayıcı bölge içerir. (Ülker ve Somssich 2004). İlk WRKY TFs tatlı patatesten (*Ipomoea batatas*) klonlanmıştır. Ardından farekulağı teresi, pirinç ve asma da dahil olmak üzere çeşitli türlerde artan sayıda WRKY ailesi geni tespit edilmiştir. Kuraklığa ve soğuk stresine tepki veren bir WRKY geni *Vitis amurensis*'ten klonlanmış ve VaWRKY14 olarak adlandırılmıştır. VaWRKY14'ün bitki kuraklık yanıtlarında olumlu bir rol oynadığını ve kuraklığa yüksek toleranslı yeni çeşitlerin geliştirilmesinde önemli bir aday gen olabileceğini göstermektedir (Zhang ve ark., 2018).

Varsayılan 59 adet WRKY transkripsiyon faktörü çeşitli asma genomik ve proteomik bankası analizlerine dayandırılarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırılan transkripsiyon faktörlerinin yapısal ve filogenetik özelliklerine göre asma WRKY transkripsiyon faktörleri üç ana grupta sınıflandırılmıştır. Bu transkripsiyon faktörleri, asmanın organlarına, dokularına, gelişim aşamalarına ve biyotik-abiyotik stres faktörlerine göre farklı seviyede ifade profili sergilemiştir (Wang ve ark., 2014).

Kuraklığa yanıt olarak VvWRKY07, VvWRKY08 ve VvWRKY28 gen ifadelerinin arttığı ve ayrıca Vvwrky08 geninin Pinot Noir üzüm çeşidinin farklı dokularında soğuk, tuzluluk, salisilik asit ve etilen uygulamalarında da aktivitesinin değiştiği ifade edilmiştir (Wang ve ark., 2014a). Tersine, WRKY TF-B, Myb ile ilgili TF MybB1-2, spf1 proteini (transkripsiyon aktivasyonu) ve NAC domain protein NAC1'in Cabernet Sauvignon çeşidinin yapraklarında sıcaklık stresi tarafından ifadesinin azaldığı tespit edilmiştir (Liu ve ark., 2012). Ayrıca Rocheta ve ark. (2016), sıcaklık stresi altında Trincadeira ve Touriga Nacional yapraklarında birkaç WRKY Tfs'nin indirgendiği bildirirken, UV-B stresi altında bazı Wrky Tfs ifadesinin Malbec üzüm çeşidinin yapraklarında arttığını bildirmişlerdir.

Asma üzerindeki abiyotik stres etkilerini incelemek için cDNA mikroyarrays ve RNA-Seq tekniklerini kullanan çeşitli transkriptomik pek çok çalışma bildirilmiştir. En çok sıcaklık şoku proteinlerinin (HSPs) stres yanıtında ifadesinin değiştiğini ortaya koymuşlardır (Liu ve ark., 2012; Carvalho ve ark., 2014; Rocheta ve ark., 2016). Hsp20 ailesi, abiyotik streslere tepkide güçlü bir düzenleyicidir (Swindell ve ark., 2007). Liu ve ark., (2012), sıcaklık stresinde Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinin yapraklarında sıcaklık stresine karşı Hsp20 geninin ifadesinin değiştiğini bildirirken Carvalho ve ark., (2014) ise Touriga Nacional yapraklarında Hsp17.9 genini ifadesinin arttığını bildirmişlerdir.

Soğuya karşı toleransı yüksek yabani *Vitis vinifera* ve *Vitis amurensis* türlerinde ekstrem ısı stresine adaptasyona izin veren yüksek bir transkript varlığına sahip ısı şoku transkripsiyon faktörlerinin (VvHsfA1a, VaHsfA1a, VvHsfA2a, VaHsfA2a ve VvHsfB2b) kodlandığı ortaya çıkmıştır (Shiratake ve Suzuki 2016). Ek olarak sıcaklık stresine maruz bırakılmış üzüm tanelerinde VvHsfA2a geninin ifade olduğu rapor edilirken (Pillet ve ark., 2012), *V. pseudoreticulata*'dan izole edilen homolog VpHsfB2b geninin sıcaklığa toleransta düzenleyici rolü ifade edilmiştir (Peng ve ark., 2013).

Vitis pseudoreticulata'da belirlenen 19 VpHsfs gen bölgesinden 10 tanesinin stres uygulamasının olmadığı optimum şartlar altında düşük seviyede de olsa devamlı bir şekilde ifade olduğu, VpHsfA2a, VpHsfA3a, VpHsfA6a, VpHsfB1a ve VpHsfC1a genlerinin sıcaklık stresi altında koruyucu özelliklerinden dolayı yükseltgen olarak görev yaptığı ifade edilmiştir. Bu çalışmalar birlikte ele alındığında sıcaklık stres şoku

proteinlerinin sadece yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres faktörlerine karşı değil aynı zamanda soğuk zararına da asmanın adaptasyonunda önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir (Yang hu ve ark., 2016).

Kuraklık stresine karşı tepkide farklı 12,451 genin işlev gördüğü kaydedilmiştir. Stres koşullarında bunlardan 7,983'ünün ifadesi artarken 4,468'inin ise ifadesinde azalma tespit edilmiştir. Biyolojik ve fizyolojik analizler asma yapraklarında kuraklık stresinin fotosentetik aktivite ve klorofil metabolizmasını etkilediğini göstermektedir. Bunun yanında, ROS, hormonal sinyallerinin üretimi, prolin metabolizması, ikinci metabolitlerin biyosentezi, ısı şoku proteinleri ve patojenlerle ilişkilendirilmiş proteinleri içeren çeşitli koruyucu mekanizmaların yolları kuraklığa toleransın anlaşılmasını sağlamıştır. ROS'un transkripsiyonel aktivitesi, antioksidant enzimler ile birlikte stresle ilişkilendirilmiş proteinler, prolin ve ikinci metabolitler kuraklık stresine tepkide rol oynamışlardır. ABA ve brassinosteroidlerin (BRs) fizyolojik ve transkriptomik seviyede asma yapraklarında kuraklık stresine karşı koruyucu rollerinin olduğu ispat edilmiştir (Muhammad Salman Haider ve ark., 2017). Yine farklı bir mikroarray çalışmasında, 110R, 5BB anaçları ve Sultani Çekirdeksiz (K-7 klonu) çeşidinde kuraklık stresine karşı köklerde özellikle 110R anacında MtN3 ve LTP proteinlerine ait transkriptler diğer çeşitlere göre çok yüksek seviyede ifade göstermiştir (Sucu, 2016).

Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde mikroarray teknolojisi ile aşamalı kuraklık ve tuz stresinde transkript profili incelenmiştir. Kuraklık ve tuz stresinin 16 gün boyunca uygulandığı çalışmada iki stres arasındaki farklılıklar belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmada, su stresi, tuz stresi ile karşılaştırıldığında gövde su potansiyelinde benzer tepkiler görülmüş, sürgün büyümesinde ise azalmaya neden olduğu anlaşılmıştır. RuBisCo aktivaz transkript miktarında artış su stresinde 4. günde gözlemlenirken, tuz stresinde 12. günde meydana gelmiştir. Su eksikliği ilerledikçe hücresel bileşenlerin metabolizmasında, taşınmasında ve biyolojik oluşumunda tuzluluktan daha fazla sayıda transkript etkilenmiştir. Metabolit profili daha yüksek konsantrasyonlarda olan glukoz, malat ve prolin ile kuraklık stresi arasında ilişki bulunmuştur. Su stresi uygulanmış bitkilerin tuz stresi uygulanmış bitkilere kıyasla ozmotik düzenleme, foto inhibisyon ve serbest radikallerin olumsuz etkisiyle başa çıkmak için daha fazla enerjiye ihtiyaç duydukları bildirilmiştir (Cramer ve ark., 2007).

Kuraklık ve tuza tolerans mekanizmalarını transkriptomik düzeyde belirlemek amacıyla 5BB ve 41B Amerikan asma anaçları üzerine aşıllı Cabernet Sauvignon üzüm çeşidi kullanılmıştır.

Transkripsiyon faktörleri transkriptleri (NAC domain, Myb-related transcription factor), metabolit transkriptleri (1-prolin-5 –Karboksilat sintetaz, arjinin dekarboksilaz) ve hormonlarla ilgili transkriptlerin (ABA, oksin ve etilen) stresle indüklendiği ve bu transkriptlerin oranlarının stres tipine bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Bakır, 2015).

Ksilem yoluyla bitkinin üst bölgelerine taşınan ABA, stomaların çalışmasını ve sürgün meristemlerinin aktivitesini düzenler (Jiang ve Hartung, 2008). *Vitis vinifera*'da köklerde oluşan su açığına cevaben (Seo ve Koshiba, 2002) ABA biyosentetik yolağında VvNCED ve VvZEP olarak adlandırılan iki adet gen tanımlanmıştır (Soar ve ark., 2004).

Asmada bulunan 13 zinc finger protein transkripsiyon faktörünün (ZFP-TFs) en az 5'i su ve tuzluluk stresleri altında farklı bir şekilde düzenlendiği; çeşitli dokularda ve gelişimsel aşamalarda diğer strese bağlı olarak genlerin ekspresyonunun değiştiği bildirilmiştir (Wang ve ark., 2014b; Yuve ark., 2016).

Dubrovina ve ark. (2013) yapmış oldukları çalışmada, çevresel streslere toleransı yüksek ve yüksek adaptasyon potansiyeli bulunan yabani üzüm çeşidi *Vitis amurensis* Rupr. da yüksek tuz, kuraklık ve yüksek sıcaklık gibi çevresel streslerle 13 CDPK (Calsium-dependent protein kinases) genlerinden 10 tanesinin aktif olduğunu; VaCPK1,2,3,9,13,16,20,21,16 ve VaCPK29 genlerinin osmotik ve yüksek sıcaklık streslerinde üzümlerde önemli bir rol oynadıklarını ileri sürmüşlerdir.

Kuraklık stres çalışmalarında sınıflandırılan bir diğer protein ailesi ise Major Intrinsic Proteins (MIPs) ailesi içinde yer alan akuaporinlerdir. Akuaporinler farklı fizyolojik süreçlerde yaşayan organizmaların çoğunda bulunan su kanal geçiş proteinleridir. Bitkilerde plasma membrane intrinsic proteins (PIPs), tonoplast intrinsic proteins (TIPs), nodulin-26-likeintrinsic proteins (NIPs), small intrinsic proteins (SIPs), GlpF-like intrinsic proteins (GIPs), hybrid intrinsic proteins (HIPs) ve uncategorized X intrinsic

proteins (XIPs) olmak üzere 7 alt aileye ayrılmaktadır (Chaumont ve ark., 2001). Ayrıca bu ailelere ait asma genomunda yapılan filogenetik analizler sonucu 28 adet akuaporin geni sınıflandırılmıştır (Fouquet ve ark., 2008).

Akuaporin genlerinin aktivitesi bitkide bulunduğu bölgeye, bitkinin gelişim aşamasına ve çevresel faktörlere göre değişiklik göstermektedir (Kaldenhoff ve ark., 2008, Heinen ve ark., 2009; Leitão ve ark., 2012; Turgay 2015). PIP grubu akuaporinler hücrenin etrafını saran plazma membranında yoğun olarak bulunurken TIP akuaporinleri hücre vakuol membranı etrafındaki tonoplast üzerinde yoğun olarak bulunmaktadır. Asmada, akuaporinler değişen çevre şartlarında bitkilerin iyon ve su dengelenmesini devam ettirerek kuraklığa adaptasyonda önemli bir rol oynarlar. Farklı bitki türlerinde yapılan çalışmalarda kuraklık stresi uygulanmamış bitkilerde PIP1;1 akuaporin geninin yapraklarla kıyaslandığında köklerde çok daha fazla ifade olduğu görülmüştür (Jang ve ark., 2004; Galmes ve ark., 2007; Weig ve ark., 2007). Akuaporinler köklerden yapraklara suyun devamlı taşınmasında rol alırlar. Bu nedenle asmanın değişen çevre şartlarına bağlı kuraklığa adaptasyonunda akuaporinlerin önemli bir rolü olduğu bilinmektedir (Vandeleur ve ark., 2009). Akuaporinler hücreden hücreye metabolik yolda plazma membranları boyunca su hareketinin düzenlenmesinde ve ksilem embolizasyonun düzeltilmesinde görev almaktadır (Lovisolo ve Schubert 2006). Kuraklık stresi altında farklı *V. vinifera* çeşitlerinin köklerindeki akuaporin aktivitesinin yoğunluğu, toprak su eksikliğini tolere etme yeteneklerini belirler (Vandeleur ve ark., 2009). Kuraklık stresine karşı akuaporin aktivitesi bakımından, köklerin uç kısmının olgun kök bölgesine kıyasla daha aktif olduğu vurgulanmıştır (Gambetta ve ark., 2012).

İlk kez *Vitis* türlerinde Akuaporinlerin nükleoit dizinlerini belirlemek amacıyla *Vitis Berlandieri* X *Vitis Rupestris* melezi olan 110R Amerikan anacı kullanılarak, iki alt aileye ait PIP (PIP1 ve PIP2) ve TIP (γ -TIP ve δ -TIP) akuaporin izoformları sınıflandırılmıştır. Ters-Northern blotlama metoduna göre dokulara özgü ifade seviyesi test edilmiş ve iki referans gen (malik enzim ve Glutamat dehidrojenaz) ile ifade seviyeleri karşılaştırılmıştır. Sınıflandırılan PIP ve TIP grubu varsayılan akuaporinler köklerde daha yüksek seviyede ifade edildiği bulunurken gövde ve yapraklarda ifade edilen akuaporin genlerinin referans genlerden bile daha zayıf ifade olduğu tespit edilmiştir (Baiges ve Scha, 2001).

Turgay (2015), asmanın farklı organlarında gelişim zamanlarına göre akuaporin genlerinin ifadelerindeki değişimini incelemiştir. Yaptığı çalışmada, tanede incelenen tüm akuaporinlerin ifadelerinin olgun ve aşırı olgun dönemde azaldığını; bununla birlikte VvTIP1, VvBRX4 genlerinin aşırı olgunlaşma aşamasında arttığını ifade etmişlerdir. VvNIP5, VvPIP6, VvPIP9, VvPIP12 ve VvTIP18 akuaporin genlerinin Red Globe üzüm çeşidinde genç yaprakta ifadesinin olgun yaprağa göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Bazı akuaporin genlerinin (VvNIP19, VvBRX4, VvNIP7 ve VvTIP10) genç sürgünlerde ve sülüklerdeki ifade düzeylerinin tane gelişim dönemlerindeki ifade düzeyinden yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Portekiz’de Tourigo Nacional olarak isimlendirilen yerel bir üzüm çeşidi kuraklık stresine maruz bırakılmış kök ve yapraklardan alınan örnekler üzerinde bazı akuaporin (VvPIP2-1 ;VvTIP1-1; VvTIP2-2 ve VvSIP) ifadeleri incelenmiştir. PIP ve TIP grubu akuaporinlerin stresin farklı aşamalarında köklerde ve yapraklarda farklı düzeylerde ifade olduğu; VvSIP geninde herhangi bir değişim olmadığı saptanmıştır. Özellikle VvTIP1-1 geninin kökte ve yapraklarda vakuoller aracılığı ile sitoplazmanın ozmotik düzenlenmesinde önemli bir rolü olduğunu ileri sürmüşlerdir (Zarrouk ve ark., 2015).

Arabidopsis thaliana üzerinde farklı sürelerde uygulanan bor toksitesinin köklerde ve sürgünlerde kodlanan bazı akuaporin genlerinin ifadesini azalttığı tespit edilmiştir. Uygulamanın ilk 24 saati boyunca sürgünlerdeki ABA içeriği artmıştır. Bor dozunun artması stoma iletkenliğinde, transpirasyon oranında ve sürgünlere suyun taşınmasında azalmaya neden olmuştur. Bu fizyolojik tepkiler 48 saat süreli bor uygulamasında devam etmiştir. Akuaporin genlerinin ifadesindeki azalma bitki dokularındaki hücreden hücreye suyun hareketini azaltmıştır (Macho-Rivero ve ark., 2018).

Yaprak hidroliğinin düzenlenmesinde akuaporinlerin rolünü belirlemeye yönelik bir çalışmada, Chardonnay üzüm çeşidinde kuraklık stresinin yanı sıra akuaporinlerin etkilerini yavaşlatmak için civa klorür ($HgCl_2$) ve potasyum klorür (KCl) uygulanmıştır. Su stresi, yaprak hidrolik iletkenliğinde %30 oranında bir düşüşe neden olmuş ve stoma iletkenliği ile bir korelasyon tespit edilmiştir. Ayrıca TIP2-1 ve PIP2-1 ile yaprak hidrolik iletkenliği arasında ve TIP2-1 ile stoma iletkenliği arasında da bir korelasyon bulunmuştur. Su stresi, toparlanma ve $HgCl_2$ ile yaprak hidrolik iletkenliğinin

yavaşlatılması aşamalarında akuaporinlerin ifadeleri arasında bir ilişki bulunamamıştır. Bununla birlikte, HgCl₂ uygulaması PIP2;3 ifadesinde bir artışa neden olurken PIP2;1 gen ifadesinde bir azalmaya neden olmuştur (Pou ve ark., 2013).

Genotip ve çevre arasındaki etkileşimlerin önemi Orta İtalya'da (Toskana ve Adriyatik kıyılarında) yetişen Sangiovese ve Cabernet Sauvignon çeşitlerinin tanelerinde rapor edilmiştir. Bağ yeri seçiminin üzümlerdeki transkriptom değişikliklerinin kapsamı üzerinde küçük bir etkisi bulunurken şarap aroması ve rengi ile ilgili ikincil metabolitlerin birikimi gibi niteliksel özelliklere önemli ölçüde etki ettiği bildirilmiştir (Dal Santo ve ark., 2013).

ERF3'ün, antioksidan mekanizmalarına etki ederek abiyotik stres koşullarına tepkileri düzenlediği bilinmektedir (Daldoul ve ark., 2010). ERF3 ve ERF4'ün Cabernet Sauvignon'un sürgünlerinde tuz ve su stresi ile ifadelerinin değiştiği belirtilmiştir (Cramer ve ark., 2007).

Kuraklığa farklı tepkiler veren 9 asma tür ve çeşidi ile (RGM-101-14Mgt, SO4, 161-49C, 41B, 110R, 140Ru; Syrah ve Grenache) yapılan kuraklık çalışmasında, *Vitis vinifera* (Syrah ve Grenache) ve *Vitis berlandieri* X *Vitis rupestris* hibritleri (110R ve 140Ru) diğer çeşitler ile karşılaştırıldığında kuraklığa karşı daha belirgin tepkiler vermişlerdir. Köklerdeki transkript miktarındaki değişimlerin hibritlerde *Vitis vinifera*'lara oranla daha belirgin olduğu bulunmuştur. Değişimler *Vitis vinifera* genotiplerinde ABA biyosentez geni VviNCED1 ve ABA transkripsiyonel düzenleme ile ilişkili VviABF1 genleri ile ilişkilendirilirken, VviNCED geni diğer *Vitis* hibritlerinde kuraklığa tepki olarak devreye girmektedir (Rossdeutsch ve ark., 2016).

Stres etmenlerine yanıt olarak biriken çok sayıda protein, bitkilerin yeni çevre koşullarına uyumunu artırır ve anahtar hücrel süreçlerde yer alan enzimlerin aktivitesinde değişikliklere neden olur (Budak ve ark., 2013). Transkriptom analizi, bitkilerin strese moleküler tepkisini tamamen açıklamaz. mRNA ekspresyon seviyesi post transkripsiyonel faktörler nedeniyle her zaman kodladığı protein miktarı ile ilişkili olmayabilmektedir. Son yıllarda proteomik yöntemlerin geliştirilmesi sayesinde tüm

translasyon sonrası protein modifikasyonları hesaba katılarak transkripsiyon işleminin gerçek ürünlerini analiz etmek mümkün olmuştur (Siu ve ark., 2015).

Kurak koşullarda ilk olarak hücrede yer alan apoplast, sitoplazmadan pompalanan protonlar tarafından asidik hale getirilir. Bu asitlendirme hücre duvarlarındaki büyüme ile ilişkili enzimatik olmayan proteinlerden expansinleri uyarır. Asmada bulunan bu expansin genlerinden Vlexp2'nin kök bölgesinde yüksek seviyede ifade edildiği bildirilmiştir (Ishimaru ve ark., 2007). Arka Neelamani üzüm çeşidinde yapılan bir çalışmada, ana hücre duvarı proteinleri kategorisinde yer alan ve prolin bakımından zengin bir protein türünü kodlayan VvPRP1 ve VvPRP2 genleri belirlenmiştir. Bu proteinler abiyotik streslere karşı farklı gelişimsel ve çevresel tepkilerde rol oynamaktadır. Bu iki genin ifade düzeylerinin stres tipine bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Thomas ve ark., 2003).

Kiszmisz Luczistyj üzüm çeşidinde, uzun süre kuraklık stresinin yapraklardaki kuru madde miktarını artırırken yaprak su içeriğini azalttığı belirlenmiştir. Kuraklık stresi altında en fazla değişimin özellikle enerji ve karbonhidrat metabolizması ile ilişkilendirilmiş proteinlerde gerçekleştiği saptanmıştır. Çalışmada kuraklıkla birlikte kimyasal reaksiyonları katalizleyen bir tür enzim olan kynurenine formamidase birikiminin arttığı ilk kez ifade edilmiştir. Kuraklık ile birlikte glikoliz yollarındaki anahtar enzimlerin birikiminde bir azalma görülürken fotosentez ve fotorespirasyon ile ilgili proteinlerde ise bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Krol ve Weidner, 2017).

Cabernet Sauvignon çeşidi ve bu çeşide kıyasla kuraklığa daha toleranslı olan Chardonay üzüm çeşidi ile yapılan bir çalışmada, strese adaptasyonda PR-10, PRX ve bHLH proteinlerinin ifade edildiği vurgulanmış; ayrıca ilk kez NMCP1, RPL39, DEL ve PPR proteinlerinin de abiyotik stres tarafından etkilendiği ifade edilmiştir (Vincent ve ark., 2007).

2.4. Kuraklık Stresine Karşı Anaç/Kalem Etkileşimi

Asmada aşı ile üretim en yaygın çoğaltma yöntemidir. Asmada Amerikan asma anaçları üzerine aşılama, filokseranın bağlarda neden olduğu olumsuz etkilerden kaçınmak

amacıyla yapılmaktadır. Günümüzde Amerikan asma anaçlarından filoksera, nematod, fungus, bakteriler gibi biyotik streslere karşı dayanımın yanında kuraklık, tuzluluk, topraktaki yüksek kireç seviyesi gibi abiyotik streslere karşı da toleranslı olması beklenmektedir. Bu nedenle bağ tesisinde çeşitle birlikte toprak ve iklim koşullarına uygun anaç seçimi en önemli faktörlerden bir tanesidir. Üzüm üretiminin yoğun olarak yapıldığı bölgelerde devam eden iklim değişikliklerinin etkileri nedeniyle kuraklığa toleranslı anaçların seçimi, sürdürülebilir bir bağcılığın geliştirilmesi için önemli bir faktör haline gelmektedir (Serra ve ark., 2014).

Asmada kalem ve anaç arasındaki ilişkileri açıklayan pek çok teori bulunmaktadır (Tsegay ve ark., 2014). Aşılı asmalarda, anaç ksileminin anatomik özellikleri su alımını ve taşıma kapasitesini etkileyebilir. Anaçlar suyun topraktan alımını kontrol ederek ve transpirasyonu düzenleyerek kuraklığa toleransta önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir (Soar ve ark., 2006; Tramontini ve ark., 2013). Anaçların kalemin sadece yaşam gücünü etkilemediği, ayrıca kalem genotiplerinin de anaçların büyümesi üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Lovisolo ve ark., 2010). Kök sistemi su ve besin alımının yanı sıra ayrıca birçok bitki hormonu için bir kaynaktır (Richards 1983; Keller 2015). Kuraklık stresi altında köklerde sentezlenen ABA hormonunun da köklerin büyümesinde rolü vardır. Yeterli miktarda su bulunmayan toprak şartları altında köklerdeki sitokinin hormon seviyesinin azalmasıyla beraber kalemlerin vegetatif gelişimi azalır (Wilkinson ve Davies, 2010).

Su eksikliğine kalem ve kökler farklı tepkiler verirler. Kurak şartlar altında, transpirasyonun yanında vegetatif gelişme de azalacaktır (Lovisolo ve ark., 2010). Kök sistemi kaleme oranla kuraklığa daha az hassastır bu nedenle asma kök gelişimi orta şiddetteki bir su eksikliğinde gelişimine devam ederken şiddetli kuraklıklarda azalma meydana gelir (Van Zyl 1984). Bunun yanı sıra anaçların kök yoğunluğunun ve derinliğinin çevresel şartlara adaptasyonda önemli bir rol oynadığı ifade edilmiştir (Pongracz 1983, Pouget 1987). Ek olarak, kök sistemi, büyüme mevsiminin başında, stres altında kök ve sürgün büyümesini teşvik eden karbonhidrat ve besin rezervidir. Kök sisteminin gelişimi son derece esnektir. Kök sisteminin yapısı, erişilebilir kaynaklardan en iyi şekilde faydalanmak ve olumsuz çevre şartlarına uyum sağlamak için değişiklikler gösterir (Li Zhang, 2017).

Yapılan bir çalışmada Hibrit amerikan anaçları (H1, H8 ve H26) üzerine aşılanan Müller Thurgau üzüm çeşidinin kuraklık stresine karşı verdiği bazı tepkiler incelenmiştir. Çalışmada 7 ve 14 gün sürelerde kuraklığa maruz kalan bitkilerde değişimler gözlemlenmiştir. Özellikle farklılıklar 14 gün süren su stresinde daha belirgin olmuştur. H1 ve H8 üzerine aşılanan Müller Thurgau çeşidinde 14. günde net fotosentezde azalma gözlemlenmezken H26'da azalma kaydedilmiştir. Ayrıca net fotosentez, stoma iletkenliği ve karboksilasyon etkinliği üzerine anaç çeşit kombinasyonları farklı tepkiler vermişlerdir. Karboksilasyon etkinliği azalsa da su kullanım etkinliğinde su stresinden kaynaklanan bir artış gözlemlenmiştir (Iacono ve ark., 1998).

Yeni ıslah edilen M4 anacının kurak alanlarda uygun anaç olup olmadığının test edildiği çalışmada, M4 ve kuraklığa nispeten hassas olan SO4 anacı üzerine aşılanan Sangiovese üzüm çeşidinin kuraklığa karşı gaz değişimi ve su kullanım etkinliği ölçülmüştür. Aşamalı olarak (%70, %50 ve %30) su stres uygulamasına maruz kalan bitkilerde, gaz değişim oranı ve su kullanım etkinliğine bakıldığında, M4 anacı SO4 anacına göre daha iyi bir performans göstermiştir. Bu nedenle geçici yaz kuraklıklarının yaşandığı ve sulama imkânının olmadığı doğal yağış alan yerlerde M4 anacının kullanabileceği ifade edilmiştir (Merli ve ark., 2016).

Üç farklı üzüm çeşidinde (Black Magic, Matilde ve Victoria) kuraklık stresi için önemli bir gösterge olan kök hidrolik iletkenliğinin değişimleri incelenmiştir. Kök su iletkenliğinin çeşitlere ve aşı uygulamasına göre farklı tepkiler verdiği tespit edilmiştir. Victoria çeşidi diğer çeşitlere göre daha yüksek kök su iletkenliği sergilemesine rağmen bu değer istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Ayrıca Matilde çeşidi kendi kökü üzerinde yetişen ve aşıllı olanla kıyaslandığında neredeyse aynı tepkiyi verse de 1103P anacına aşılanan tüm çeşitler kendi kökleri ile kıyaslandığında daha iyi bir kök su iletkenliği göstermişlerdir (Ruggiero ve ark., 2012)

Anaç-kalem interaksiyonun kuraklık stresine etkisinin incelendiği bir çalışmada, Cardinal ve Superior seedless üzüm çeşitleri, kuraklığa farklı tepkiler veren 110R ve SO4 anaçlarına aşılanmıştır. Genel olarak aşıllı bitkiler daha iyi performans gösterirken, kendi kökü üzerinde Cardinal çeşidi Superior Seedless'a kıyasla kuraklığa daha toleranslı bulunmuştur. SO4 üzerine aşılanan Cardinal ile 110R üzerine aşılanan Superior Seedless

bitki kombinasyonlarının kuraklık stresine karşı avantajlı olduğu bulunmuştur (Toumi ve ark., 2007).

İki farklı anacın (1103P ve SO4) üzerine aşılanmış Cabernet-Sauvignon çeşinin 3 farklı sulama seviyesinde (tarla kapasitesinde, tarla kapasitesinin %50'si ve hiç sulanmayan) su durumu, gaz değişimi, yaprak ve meyve özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, kuraklığın her iki anaç üzerindeki Cabernet-Sauvignon çeşidinde su potansiyeli ve net asimilasyon oranında bir azalmaya neden olduğu bulunmuştur. Yaprak alanı ve taç büyümesi 1103P anacı üzerine aşıllı çeşitte daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuca dayanarak taç büyümesinin büyük oranda anaç tarafından kontrol edildiği ileri sürülmüştür. Diğer analizler genel olarak değerlendirildiğinde, SO4'ün verimli ve sulanabilen alanlara daha iyi uyum sağladığı, sulama imkanının kısıtlı olduğu alanlarda 1103P anacının kullanılmasının daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Koundouras ve ark., 2008).

Dokuz farklı anaç (44-53 M, 5BB, 140Ru, Ramsey, 99 R, Saint George, 41 B, 1613 C ve 420A) üzerine aşılanmış Prima üzüm çeşidinde kuraklık stresi üzerine yapılan bir araştırmada, yaprak gaz değişimi, yaprak sıcaklığı, klorofil içeriği ve asmanın vegetatif gelişimi incelenmiştir. Anaçların genetik özelliklerinden dolayı kalemin vegetatif büyümesinde önemli derecede farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu anaçlar arasında 140Ru diğer anaçlar ile karşılaştırıldığında kuraklık stresinin Prime çeşidinin fizyolojisi ve büyümesi üzerine olumsuz etkilerini azalttığı tespit edilmiştir. İncelenen çoğu parametrelere bakıldığında kontrol ile kuraklık arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilememesine rağmen Prima üzüm çeşidi *V. berlandieri* X *V. riparia* melezlerine kıyasla *V.berlandieri* X *V. rupestris* melezlerinde daha iyi bir performans göstermiştir (Kucukbasmacı ve Sabir 2019). *V.berlandieri* ve *V. rupestris* anaçlarının yanı sıra *Vitis cinerea* türünün de kuraklığa toleranslı anaç ıslahında uygun genetik kaynak olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir (Pavlousek, 2011).

Kalemin genetik özellikleri tarımsal özelliklerin çoğunda baskın bir etkiye sahip olsa da anaçlarda, anaç × kalem × çevre etkileşimleri nedeniyle yeni genotipik ve fenotipik değişkenlik kaynakları sağlarlar. Bu etkileşimler esas olarak ksilem (köklerden - sürgünlere) ve floem (sürgünlerden- köklere) yoluyla hidrolik ve kimyasal sinyallere

dayanır. Bitki verimini en üst düzeye çıkarmak, ksilem yoluyla kök sisteminden en uygun su ve mineral besin kaynağı alan yapraklara bağlı olmasına rağmen, küçük organik moleküllerinde önemli rol oynadığı tespit edilmiştir (Sachs, 2005; Albacete ve ark., 2008).

Pinot Noir üzüm çeşidi, kuraklığa farklı tepkiler veren 110R (toleransı yüksek) ve 125AA (toleransı hassas) iki anaç üzerine aşılanarak kuraklık stresine karşı üzüm tanesindeki transkriptomik değişimler karşılaştırılmıştır. Su stresinin meyvelerde, hücre duvarı metabolizmasını, primer ve sekonder metabolizmayı, sinyal, stres ve hormonları kapsayan geniş bir ifade profilini etkilediği bulunmuştur Ayrıca bu etkilerin bazılarının anaç genotiplerine bağlı olduğunu düşünülmektedir. Kuraklık stresi altında, 110R üzerine aşılanmış asmalardan elde edilen meyvelerde, jasmonat (JA), fenilpropanoid metabolizması ve patogeneze ile ilgili proteinler 125AA ile ilgili genlere kıyasla farklı bir transkripsiyonel tepki göstermiştir. Veriler ayrıca su stresli meyvelerdeki JA ve sekonder metabolizma arasında bir bağlantı olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak kuraklık stresi ile sekonder metabolizma ve JA ile ilgili genler daha fazla etkilenirken, anaca bağlı gen ifadesinin daha çok meyvelerin bileşimi ve duysal özellikleri ile ilgili olduğu bildirilmiştir (Berdeja ve ark., 2015)

Kuraklığa tolerans gösteren M4, kuraklığa daha az toleranslı 101-14 anacı genomik ve transkriptomik özellikler bakımından karşılaştırılmıştır. Hem 101-14 hem de M4 anacının kök ve yaprak transkriptomları, ilerleyen kuraklık koşullarına maruz kalmanın ardından analiz edilmiştir. Multifaktöriyel analizler, stres uygulamasının köklerde ve yapraklarda farklı genlerin ekspresyonuna neden olduğunu göstermiştir. Stres sonucu M4 köklerinde resveratrol yapraklarında ise flavonoid biyosentetik genleri ile ilgili bölgelerdeki ifade seviyelerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. M4'teki VvSTS genlerinin yüksek ifadesi VvWRKY transkripsiyon faktörünün ifadesinin artmasına bağlanmıştır. Yapılan analizi sonucunda toleranslı anaçta daha fazla W-BOX elementinin bulunduğu tespit edilmiştir. Su stresi altında M4 anacının köklerinde resveratrol sentezini arttırmasının, bitkinin su eksikliği ile ilişkili oksidatif stresle başa çıkma kabiliyetini artırabileceği ileri sürülmektedir (Corso ve ark., 2015).

Üzerine Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidi aşıl原因 3 farklı Amerikan asma anacının (110R, 5BB ve 41B) kuraklık stresine vermiş oldukları fizyolojik ve transkript tepkiler incelenmiştir. 110R anacında kök alanı, kök uzunluğu ve kök ucu sayısındaki azalmanın diğer anaçlara oranla daha az olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca kök göreceli su içeriği, karbonhidrat ve azot içeriğinin kuraklık stresi altındaki 110R anacında arttığı tespit edilmiştir. Yapılan transkriptom analizinde ise 110R anacında 2795, 5BB anacında 1196 ve 41B anacında ise 1612 gen farklılığı kuraklık stresi ile ilişkilendirilmiştir (Yıldırım ve ark., 2018).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bitki Materyalleri

Bu tez çalışması, 2017-2020 arasında Kilis 7 Aralık Üniversitesi bünyesinde bulunan Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) bağlı seralarda ve İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezine (İTAMER) bağlı laboratuvarlarda yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan bitki materyalleri 2017-2018 yılları arasında belirlenen 6 yerel üzüm çeşidi (Bilecik İrikarası, Çavuş, Horoz Karası, Kabarcık, Manda Gözü, Rumi) ve ıslah edilen iki üzüm çeşidi (Tekirdağ Çekirdeksizi ve Trakya İlkeren) olmak üzere 8 çeşit Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsünden odun çelikleri halinde temin edilmiştir.

Kullanılan Asma Çeşitleri Hakkında Genel Bilgiler

Bilecik İri Karası, sinonimi Hırsız Çalmaz İri karası olan Bilecik İri karası Bilecik ilinin yerel bir üzüm çeşididir. Konik salkım şekline sahip olan bu üzüm çeşidi siyah ve oval şeklinde tanelere sahiptir (Anonim, 2012).

Çavuş, konik salkım şekline sahiptir. Taneleri beyaz ve yuvarlak olan çavuş üzümü sofralık bir çeşittir (Anonim, 2012).

Horoz Karası, Güneydoğu Anadolu bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen bir çeşittir. Salkımları kanatlı konik yapıya sahiptir. Taneleri siyah renkli ve yuvarlaktır. Sofralık ve kurutmalık olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2012).

Kabarcık, Kahramanmaraş ilinin yerel bir üzüm çeşidi olup konik salkım şekline sahiptir. Taneleri beyaz ve yuvarlak şekilde sofralık bir çeşittir (Anonim, 2012).

Manda Gözü, Çanakkale bölgesinde yetişen kanatlı konik bir salkım yapısına sahiptir. Taneleri siyah renkte ve yuvarlaktır (Anonim, 2012).

Rumi, Güneydoğu Anadolu bölgesinde Gaziantep ve Kilis çevresinde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dallı konik bir salkım şekline sahiptir. Taneleri beyaz ve yuvarlaktır. Genel olarak pekmezlik ve kurutmalık olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2012).

Tekirdağ Çekirdeksizi, Alphonse Lavallée ve Sultani Çekirdeksiz melezidir. Dallı konik bir salkım yapısına sahiptir. Taneleri koyu kırmızı – mor renge sahip ve yuvarlaktır (Anonim, 2012).

Trakya İlkeren, Alphonse Lavallée ve Perlette melezi bir çeşittir. Dallı konik bir salkım yapısına sahiptir. Taneleri mavi-siyah renge sahip ve yuvarlaktır (Anonim, 2012).

Rupestris du Lot, *Vitis rupestris* türünden filoksera zararlısına karşı dayanıklı antraknoza duyarlı bir amerikan asma anacıdır. Ayrıca kurak koşullara toleransı yüksektir (Sucu, 2016).

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemenin kurulması ve kuraklık stresinin uygulanması (I. Aşama)

2018 Şubat ayında temin edilen çelikler mantar enfeksiyonlarına karşı koruma amaçlı fungusite batırılmış ardından TUAM'ne bağlı seralardaki perlit ile doldurulmuş köklenme kasalarında köklendirilmiştir. Aynı yıl Mart ayında köklenmesi kuvvetli ve sağlıklı asma çelikleri seçilerek torf:toprak:perlit (1:1:1) karışımı ile doldurulmuş 50 L plastik saksılara alınmıştır. Her bir saksıda ikişer bitki olacak şekilde “tesadüf parselleri” deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve her bir tekerrürde 6 bitki kullanılmıştır. Tarla kapasitesinde sulanmış ve homojen bir büyüme için lateral dallar çıkartılarak bitkiler stres için uygun uzunluğa ulaştığı temmuz ayına kadar bakımları yapılmıştır. Kuraklık stresi uygulaması su kısıtı (sulanmama) şeklinde gerçekleştirilmiştir. Her bir çeşide ait rastgele 12 bitkiden su kısıtı uygulamasının başlangıç gününde alınan yaprak örnekleri kontrol olarak belirlenmiştir. Denemenin başlangıç gününde alınan 0. Gündeki örnekler kontrol olarak kullanılırken bitkilerin erken ve geç tepkilerini gözlemlemek amacıyla sırasıyla 3. ve 7. günde örnekler alınmıştır. Bunu takiben 7. günde örneklerin alınmasından hemen

sonra bitkiler 2 gün boyunca tarla kapasitesinde sulanmış ve bitkinin toparlanma seviyesi incelenmiştir.





Şekil 3.1. I. Aşama denemenin kurulması

3.2.2. Fizyolojik Ölçümler

3.2.2.1. Yaprak Oransal Su Kapsamı

Alınan yaprak örneklerinin yaş ağırlıkları (YA) tartıldıktan sonra 4 saat saf su içerisinde bekletilmiş ve turgor ağırlıkları (TA) belirlenmiştir. Daha sonra otoklavda 65 °C sıcaklıkta yaklaşık 24 saat bekletme sonunda ölçülen kuru ağırlıkları (KA) dikkate alınarak aşağıdaki formül kullanarak yaprak oransal su kapsamı (YOSK) % olarak hesaplanmıştır (Dhanda ve Sethi, 1998).

$$\text{YOSK (\%)} = [(YA - KA) / (TA - KA)] \times 100$$

3.2.2.2. Membran Geçirgenlik İndeksi (MGİ)

Toplanan yapraklar musluk suyunda yıkandıktan sonra çift distile saf su ile iyice yıkanmıştır. 0,1 gr yaprak örnekleri kesilerek çıkartılmıştır. Bu örnekler deney tüplerine alınarak 5 mL distile su içerisinde oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra elektriksel iletkenliği (EC1) değeri EC metre ile ölçülmüştür. Daha sonra örnekler ağızları kapatılarak 100°C’de 10 dakika otoklavda bekletilmiş ve oda sıcaklığında soğumaya bırakıldıktan sonra tekrar ölçüm yapılmıştır (EC2). Membran Geçirgenlik indeksi (MGİ) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Akhtar ve ark., 2014).

$$MGİ = [1 - (EC1/EC2)] \times 100$$

3.2.2.3. Klorofil içeriğinin belirlenmesi

0,5 gr yaprak örneği 5 mL % 80’ lik soğuk aseton ile homojenize edilmiştir. Ekstrakt 3500xg hızda +4°C’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Pipetle süpernatant alınarak 470, 647 ve 667 nm dalga boyarında spektrofotometrede (Thermo MultiskanGO) ölçümler alınıp aşağıdaki formüllere göre klorofil içerikleri hesaplanmıştır (Lichtenthaler ve Wellburn (1983).

Klorofil a : $11,75 \times A_{662} - 2,35 \times A_{645}$

Klorofil b : $18,61 \times A_{645} - 3,96 \times A_{662}$

Karotenoid : $1,000 \times A_{470} - 2,27 \times (\text{klorofil a}) - 81,4 \times (\text{klorofil b}) / 227$

3.2.3. Biyokimyasal Ölçümler

3.2.3.1. Lipid Peroksidasyon (MDA) aktivitesinin belirlenmesi

300 mg taze yaprak örnekleri %80’lik 3 mL soğuk etanolde homojenize edilmiştir. Ekstrakt 3000xg hızda +4°C’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Alınan süpernatant ikiye bölünüp;

A- 1 ml Etkrat + 1 ml %20’lik TCA (Trikloroasetik Asit) + 1 ml %0,01’lik BHT (butylated hydroxytoluene) eklenir (-TBA).

B- 1 ml Etkrat + 1 ml %20'lik TCA (Trikloroasetik Asit) içerisinde çözülmüş
% 0,65'lik TBA (tiyobarbitürik asit) + 1 ml %0,01'lik BHT (butylated
hydroxytoluene) eklenir (+TBA).

A ve B şeklinde hazırlanan karışımlar tüplere aktararak 95°C'de 25 dakika inkübasyon
edildikten hemen sonra buza alınarak ani soğuması sağlanmıştır. Soğuyan karışım
3000xg hızda +4°C'de 10 dakika yeniden santrifüj edilmiştir. A ve B şeklinde hazırlanan
karışımlardan süpernatant alınıp 470, 532 ve 600 nm dalga boylarında absorbans ölçüleri
yapılmıştır. Malondialdehit (MDA) analizi (Hodges ve ark., 1999)' na göre aşağıdaki
formüle ile hesaplanmıştır.

ABS=Absorbans

MDA= Malondialdehit

$$1- ((ABS\ 532+TBA)-(ABS\ 600+TBA)-(ABS\ 532-TBA)-(ABS\ 600-TBA))= A$$

$$2- ((ABS\ 440+TBA)-(ABS\ 600+TBA)) \times 0,0971 = B$$

$$3- nmolMDA/ml = (A-B/157000) \times 10^6$$

3.2.3.2. Prolin Konsantrasyonunun Belirlenmesi

50 mg taze yaprak örneği 1 mL %60'lık soğuk etanol ile iyice homojenize edilmiştir.
Ekstrakt 3500xg hızda +4°C'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Mikroplate kuyucuğuna
100 µL %1 (w/v) ninhydrin, % 20 etanol (v/v), % 60 asetik asit (v/v) ve % 20 dd-H₂O
içeren karışım içerisine 50 µL süpernatant eklenmiştir. Mikroplate kuyucukların üstü
kapatılarak 80°C su banyosunda 30 dakika bekletildikten sonra oda sıcaklığında
soğuması için alınmıştır. Oda sıcaklığına düşen örnekler daha sonra spektrometre
(Thermo MultiskanGO) yardımıyla 520 nm dalga boyunca absorbans değerleri ölçülmüş
ve prolin içeriği standart eğrisi oluşturularak hesaplanmıştır (Carillo ve Gibon ,2011).

3.2.3.3. Enzim Analizleri

Enzim ölçümleri için yaprak örnekleri 3 mL 0.5 mM EDTA ve 1 mM askorbik asit içeren
0.1 M pH 7.5 fosfat tamponuyla homojenize edilmiştir (Şekil.3.1). Ekstrat 10.000g hızda

20 dakika 4°C de santrifüj edilmiştir. Süpernatant alınıp aşağıdaki enzim analizleri yapılmış ve Toplam protein miktarı Bradford'a (1976) göre BSA (Bovine Serum Albumine) standartları kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 3.2. Bitki yapraklarından enzim ekstraksiyonu için fosfat tamponla ile ezilmesi.

3.2.3.3.1. Katalaz Enzim Aktivitesi

Katalaz enziminin aktivitesi Aebi (1984) metoduna göre belirlendi. Reaksiyon çözeltisi: 2.5 ml 0.05 M fosfat buffer (pH 7.0), 1.5 mM H₂O₂ ve 0.2 ml ekstrattır. Enzim aktivitesi 1 mg protein için 1 dakika içinde absorbandsdaki değişimi 240 nm dalga boyunda 39.4 mM⁻¹cm kat sayısına göre belirlenmiştir. Aktivite ölçümleri her numune için 3 kez tekrarlanmıştır.

3.2.3.3.2. Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi

290 nm de askorbik asite bağlı H₂O₂ nin indirgenmesi ölçülmüştür. Reaksiyon çözeltisi: 3 ml 50 mM K-Fosfat buffer (pH 7.0), 0.5 mM askorbik asit, 0.1 mM EDTA, 1.5 mM H₂O₂ ve 0.1 ml enzim ekstrattır. Reaksiyon 0.1 ml ekstrak ilavesi ile başlatılmıştır.

Enzim atktivitesi 1 mg protein için 1 dakika içinde absorbansdaki değişim 290 nm dalga boyunda 2.8 mM cm⁻¹ olarak belirlenmiştir (Sairam ve ark., 2000).

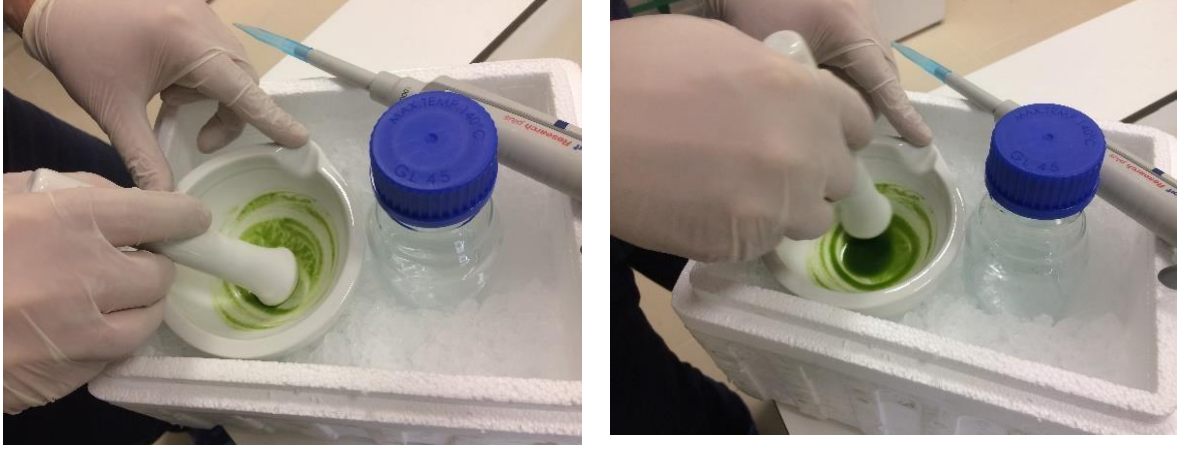
3.2.4. Denemenin kurulması ve kuraklık stresinin uygulanması (II. Aşama)

İkinci aşamada, 8 çeşit arasından kuraklık stresine en farklı tepki veren Horoz Karası (toleranslı) ve Kabarcık (hassas) çeşidi belirlenmiştir. 2018-2019 döneminde ise bu iki çeşit hem Rupestris du Lot Amerikan asma anacı üzerine aşılanarak hem de kendi kökü üzerinde kuraklık stresinde maruz bırakılmış ve akuaporin gen ifadesindeki değişimler incelenmiştir. Çalışmayı takiben belirlenen Horoz Karası ve Kabarcık üzüm çeşitleri Şubat 2019 tarihi itibariyle omega aşı yöntemiyle Rupestris du Lot amerikan asma anacı üzerine aşılanmış ve ıslatılmış perlit ile doldurulmuş plastik saksılara alınarak iklimlendirme odasına alınmıştır. İki hafta boyunca kallüs oluşumu sağlanması ve aşının kaynaşması için bekletilmiştir. Ayrıca yine Horoz Karası ve Kabarcık üzüm çeşitlerinden çelik alınarak çelik kasalarında perlit içerisinde köklendirilmiştir. Aşılı ve aşısız tüm bitkiler 50 L'lik torf:toprak:perlit (1:1:1) karışımı ile doldurulmuş, her bir saksıda ikişer bitki olacak şekilde 4 tekrarlı ve her uygulamada toplam 16 bitki olacak şekilde dikilmiştir. Bitkiler ağustos ayına kadar tarla kapasitesinde sulanmış ve budanarak bakımları yapılmıştır. Stres uygulaması sulamanın tamamen kesilmesi şeklinde uygulanmış bitkilerde morfolojik olarak gözlemlere göre su kısıntısının 7. Gününde yaprak örnekleri tüm bitkiyi ifade edecek şekilde bitkinin alt-orta ve üst kısımlarından alınmıştır.

3.2.5. Gen İfade Düzeyinin Belirlenmesi

3.2.5.1. RNA İzolasyonu

Alınan yaprak örnekleri hemen sıvı azot ile muamele edilerek -80 °C dolapta saklanmıştır. Daha sonra Total Plant RNA Extraction Kiti ile firmanın protokolüne uygun şekilde basamaklar takip edilerek RNA izolasyonu gerçekleştirilmiştir (Vivantis Total RNA extraction Kits). Elde edilen RNA örnekleri Nanodrop okuyucu özelliği bulunan Thermo Scientific Multiskan™ GO spektrofotometrede ile konsantrasyonları ve saflıkları belirlenmiştir. Ayrıca %1'lik agaroz jelde yürütülerek kontrol edilmiştir.



Şekil 3.3. Toplam nükleik asit izolasyonuna ait görseller.

3.2.5.2. cDNA (Tamamlayıcı DNA) Sentezi

cDNA sentezi Vivantis cDNA sentez kiti kullanılarak üretici firmanın protokolü izlenerek gerçekleştirilmiştir. RNase İnhibitörlü Reverse Transcrisase enzimi ile 42°C 'de 60 dk bekletildikten sonra 85°C 5 dk inkübasyon süresinden sonra PCR protokolü bitirilmiştir.

3.2.5.3. Real-time PCR Uygulaması

Real-Time PCR uygulaması Light Cycler Nano (Roche) cihazı aracılığıyla SYBR Green I Master boyası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışılması hedeflenen ve Çizelge 2' de verilen genlerine ait bölgeye özgü tasarlanmış primerler kullanılmıştır. Ayrıca ekspresyon çalışmaları için kullanılmak üzere Actin referans geni seçilmiştir. Real-Time PCR yöntemi Çizelge3.1.'deki gibi uygulanmıştır. Kantitasyonu takiben PCR'ın etkinliğini saptamak ve herhangi bir dimer oluşumu olup olmadığını gözlemlemek amacıyla Melting Curve Analizi yapılmıştır. Real Time PCR reaksiyonları hazırlanırken, her bir gen bölgesine ait primerlerden standart eğrilerin çizilebilmesi amacıyla 1/10, 1/100, 1/1000, 1/10000 ve 1/100000 oranlarında seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Real-Time PCR protokolü, birinci basamak 95°C'de 10 dk, ikinci basamak 94°C'de 15sn, 55-60°C'de 20 sn 35 döngü olarak ayarlanmış ve son olarak başlangıç sıcaklığı 55°C ve bitiş sıcaklığı 95°C olacak şekilde Melting Curve Analizi ile bitirilmiştir. Real Time PCR'da elde edilen

Ct (Cycle Threshold) değerleri kullanılarak $2^{-\Delta\Delta CT}$ metoduna göre göreceli ifade değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 3.1. Real-Time-PCR reaksiyonları için kullanılan primer listesi

Primer Adı	Forward	Reverse	Referans
PIP2-1	5'-GCCTTGGAGCTGCAGTAATC-3'	5'-TGAATGAACCAAGGGCTTTC-3'	Sabir ve ark., (2014)
PIP2-2	5'-CCACGGTCATAGGCTACAAG-3'	5'-CGAAGGTCACAGCAGGGTTG-3'	Vandeleur ve ark.,(2008)
TIP1-1	5'-CCAACGTGTCTGTGTGGAAC-3'	5'-GGGTTCATTGAAGCACCAGT-3'	Sabir ve ark., (2014)
TIP1-2	5'-GCCGATTTTCGAGAATAGCTG-3'	5'-GCCGATTTTCGAGAATAGCTG-3'	Leitão ve ark., (2012)
Actin	5'-GCCTCCGATTCTCTCTGCTC -3'	5'-TCACCATTCCAGTTCCATTGTCA -3'	Vandeleur ve ark.,(2008)

Çizelge 3.2. Real-Time PCR Uygulamaları

Pcr İçeriği	Kullanılacak Miktar
Sybr Green Master Mix	5 µl
Forward Primer	0,3 µl
Reverse Primer	0,3 µl
cDNA	Değişken
ddH2O	Toplam 10 µl olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.3. İstatistiksel Analiz

Denemenin birinci aşaması tesadüf parsellerinde 8 x 3 (8 çeşit x 3 uygulama) faktöriyel düzenlemeye göre 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 6 adet bitki olacak şekilde kurulmuştur. İkinci aşaması ise iki çoğaltama yöntemi (aşılı ve aşısız) x iki sulama uygulaması (kontrol ve stres) olacak şekilde yine tesadüf parsellerinde faktöriyel düzene göre 4 tekerrürlü her tekerrürde 4 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Elde edilen veriler varyans analizi ile analiz edildikten sonra uygulama ortalamaları arasındaki farkların önemli olup olmadığı Duncan Çoklu Karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde, 8 farklı üzüm çeşidi (Bilecik İrkarası, Çavuş, Horoz Karası, Kabarcık, Manda Gözü, Rumi, Tekirdağ Çekirdeksizi ve Trakya İlkeren) üzerinde su kısıntısı şeklinde gerçekleştirilen kuraklık stres uygulamasının etkisini belirlemek amacıyla fizyolojik ve biyokimyasal analizler yapılmıştır. İncelenen özellikler bakımından üzüm çeşitlerinin kuraklık stresine karşı verdiği tepkiler değerlendirilmiştir.

4.1. Bitkilerin Kuraklık Stresine Karşı Fizyolojik Tepkileri

4.1.1. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK)

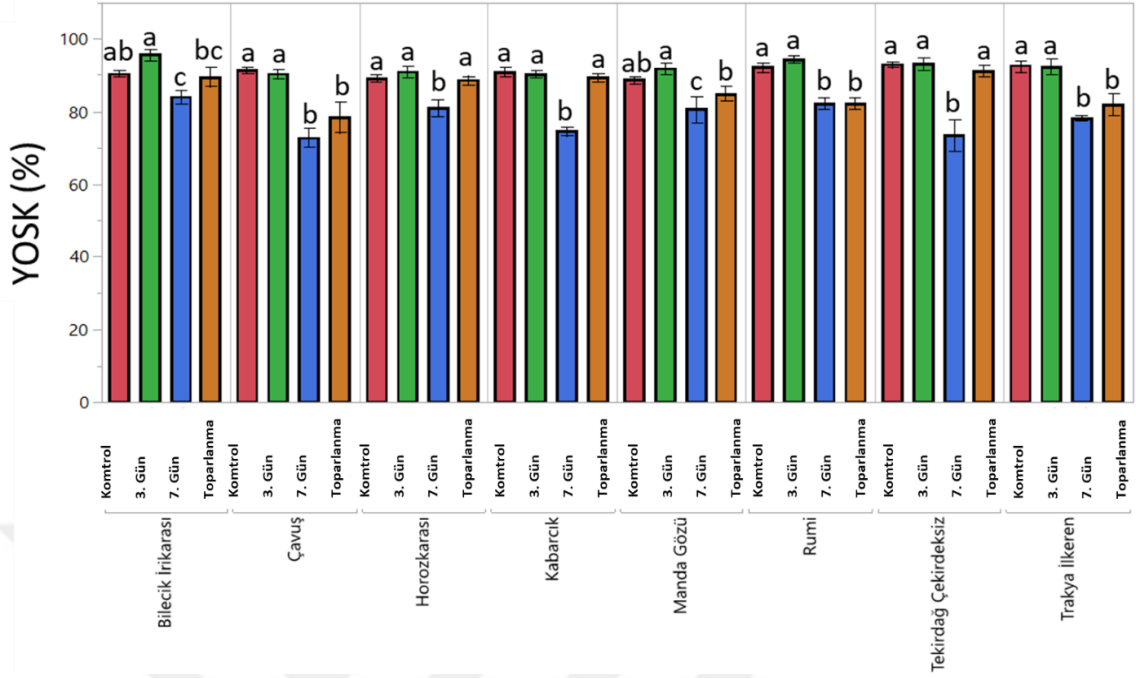
Çeşitler arasındaki Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK) değişimine bakıldığında, stresin bütün aşamalarında çeşitler arasında anlamlı farklılıklar oluşmuştur. Bu durum başlangıç noktasında bile ortaya çıkmıştır. Su kısıntısının başladığı 0. gün olan kontrol uygulamasında, Manda Gözü çeşidinin YOSK değeri Tekirdağ Çekirdeksizi ve Trakya İlkeren'in YOSK değerlerine kıyasla daha düşük bulunmuştur. 3. günde ise Kabarcık ve Çavuş çeşitlerinde ölçülen YOSK değeri Bilecik İrkarasına kıyasla daha düşük çıkmıştır. Bitkiler 7. gün deki kuraklık stresinde, Bilecik İrkarası, Horoz Karası, Rumi çeşitlerinin Kabarcık, Tekirdağ Çekirdeksizi ve Çavuş çeşitlerinden daha yüksek YOSK değerine sahip olmuşlardır. Tekrar sulamanın yapıldığı toparlanma aşamasında en yüksek YOSK değerine sahip olan Tekirdağ Çekirdeksizi ile en düşük YOSK değerine sahip olan Çavuş arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür (Şekil 4.1).

Çizelge 4.1. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin yaprak oransal su kapsamına (YOSK) üzerine etkisi

YOSK (%)	Bilecik İrkarası	Çavuş	Horoz Karası	Kabarcık	Manda gözü	Rumi	Tekirdağ Çekirdeksizi	Trakya İlkeren
Kontrol	90.39 abc*	91.32 abc	89.15 bc	90.79 abc	88.80 c	92.26 abc	92.95 a	92.68 ab
3. Gün	95.76 a	90.36 b	90.97 ab	90.32 b	91.80 ab	94.25 ab	93.12 ab	92.01 ab
7. Gün	84.05 a	72.74 b	83.50 a	74.92 b	78.11 ab	82.15 a	73.52 b	80.15 ab
Toparlanma	89.45 ab	78.32 c	88.64 ab	89.31 ab	84.85 abc	82.16 bc	91.20 a	84.22 abc

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

Her bir çeşitte uygulamaların etkisi incelendiğinde uygulamalara verilen tepkilerin çeşitlere bağlı olarak farklı olduğu görülmüştür. Bilecik İrkarası'nın YOSK değeri kontrol bitkilerinde %90,39, 3. günde bitkilerde %95,76 olarak belirlenmiş olup bu iki değer arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Kuraklığın şiddetli hissedildiği 7. günde bitkilerin YOSK değeri ise %84,05 olarak tespit edilmiştir. Bilecik İrkarası çeşidinin kuraklıktan sonra tekrar sulamanın yapıldığı toparlanma aşamasında ise bitkilerin %89,45'lik bir YOSK değerine sahip oldukları saptanmıştır. Çavuş çeşidinde 3.gündeki durumu kontrole kıyasla YOSK değerinde önemli bir değişikliğe neden olmazken, 7. Günde önemli bir azalışa neden olmuştur. Aynı şekilde toparlanma aşamasındaki YOSK değeri de başlangıç seviyesinde ki bitkilerininkinden daha düşük bulunmuştur. Horoz Karasının YOSK değeri kontrol ve 3. gündeki kuraklık uygulamalarında sırasıyla %89,15 ve %90,97 olarak ölçülmüş ve aradaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir. Kuraklığın şiddetli hissedildiği 7. günde ise bu değer %83,50' ye düştüğü görülmüştür. Başlangıç seviyesi ile kıyaslandığında bu azalışın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Toparlanma aşamasında Horoz Karası çeşidinin YOSK değerinin tekrar yükseldiği ve kontrol bitkilerindeki seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir. Kabarcık, Manda Gözü ve Tekirdağ Çekirdeksizi 'nde de uygulamalarda verilen tepkiler Horoz Karası çeşidine benzer olmuştur. Bu çeşitlerde de YOSK değeri 7. gündeki altında azalmış, toparlanma döneminde ise tekrar yükselerek kontrol bitkilerindeki seviyesine ulaşmıştır. Rumi ve Trakya İlkeren çeşitlerinde ise 3. günde etkisi önemsiz bulunurken, 7. gündeki YOSK değerinde azalmaya neden olduğu görülmüştür. Bu iki çeşitte, toparlanma aşamasındaki YOSK değeri de kontrolden önemli derecede düşük bulunmuştur. (Şekil. 4.1).



Şekil 4.1 Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin yaprak oransal su kapsamına (YOSK) etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

4.1.2. Membran Geçirgenlik İndeksi (MGİ)

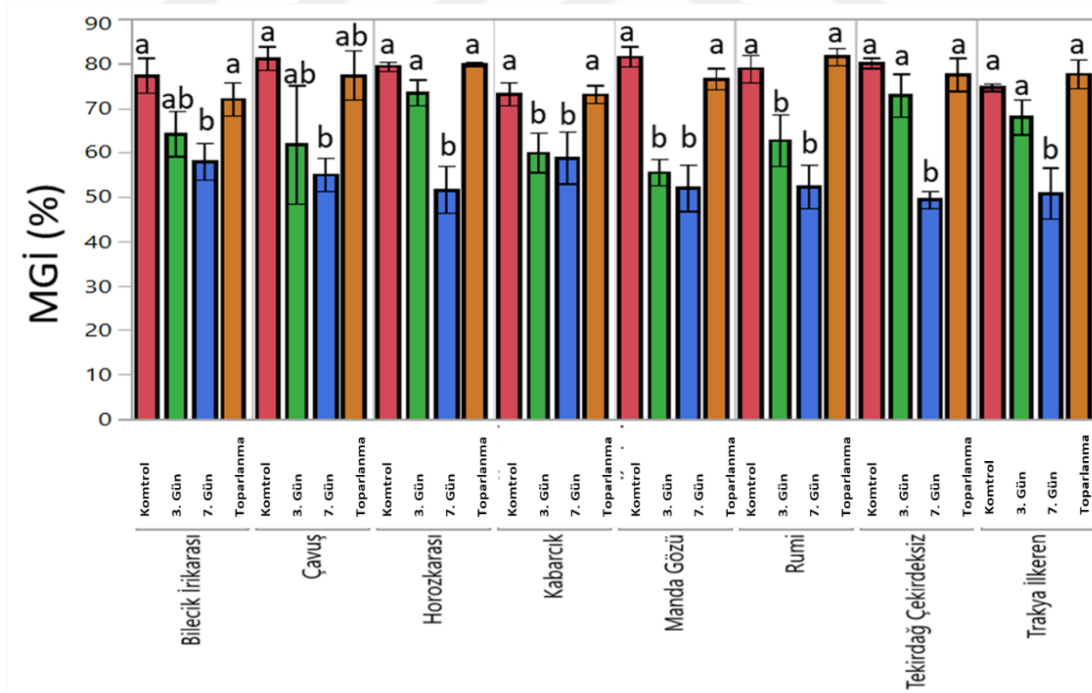
Her bir uygulama içinde çeşitlerin MGİ değeri üzerinde yapılan incelemede, başlangıç noktasında, MGİ açısından çeşitler arasında önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır. MGİ değerleri açısından tek önemli farklılık 3. günde kuraklığa maruz kalan Kabarcık ve Horoz Karası çeşitleri arasında gözlenmiştir. 3. günde Kabarcık çeşidinde %59,95 olan MGİ değeri, Horoz Karasında %73,43 olarak tespit edilmiştir. 7. günde ve toparlanma aşamasında ise çeşitlerin MGİ değerleri arasındaki farkların önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin Membran Geçirgenlik İndeksine (MGİ) olan etkisi

MGİ (%)	Bilecik İrkarası	Çavuş	Horoz Karası	Kabarcık	Manda gözü	Rumi	Tekirdağ Çekirdeksizi	Trakya İlkeren
Kontrol	77.21 a*	81.18 a	79.38 a	73.14 a	81.49 a	78.89 a	80.02 a	74.61 a
3. Gün	64.08 ab	61.81 ab	73.43 a	59.95 b	55.57 ab	62.75 ab	72.81 a	68.01 ab
7. Güm	57.98 a	55.05 a	51.51 a	58.76 a	52.03 a	52.32 a	49.49 a	50.79 a
Toparlanma	71.98 a	77.28 a	79.77 a	73.03 a	76.51 a	81.58 a	77.51 a	77.63 a

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

3. günde kuraklık uygulamasından kaynaklanan azalış, başlangıç seviyelerine kıyasla, Kabarcık, Manda Gözü ve Rumi çeşitlerinde önemli iken diğer çeşitlerde önemsiz bulunmuştur. 7. günde kuraklık stresinden kaynaklanan MGİ azalışı ise bütün çeşitlerde önemli bulunmuştur. İncelenen bütün çeşitlere toparlanma aşamasında MGİ değeri yükselmiş ve kontrol bitkilerinin seviyesine ulaşmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Farklı su kısıntısı uygulamalarının Membran Geçirgenlik İndeksine (MGİ) etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

4.1.3. Klorofil Pigment İçeriği

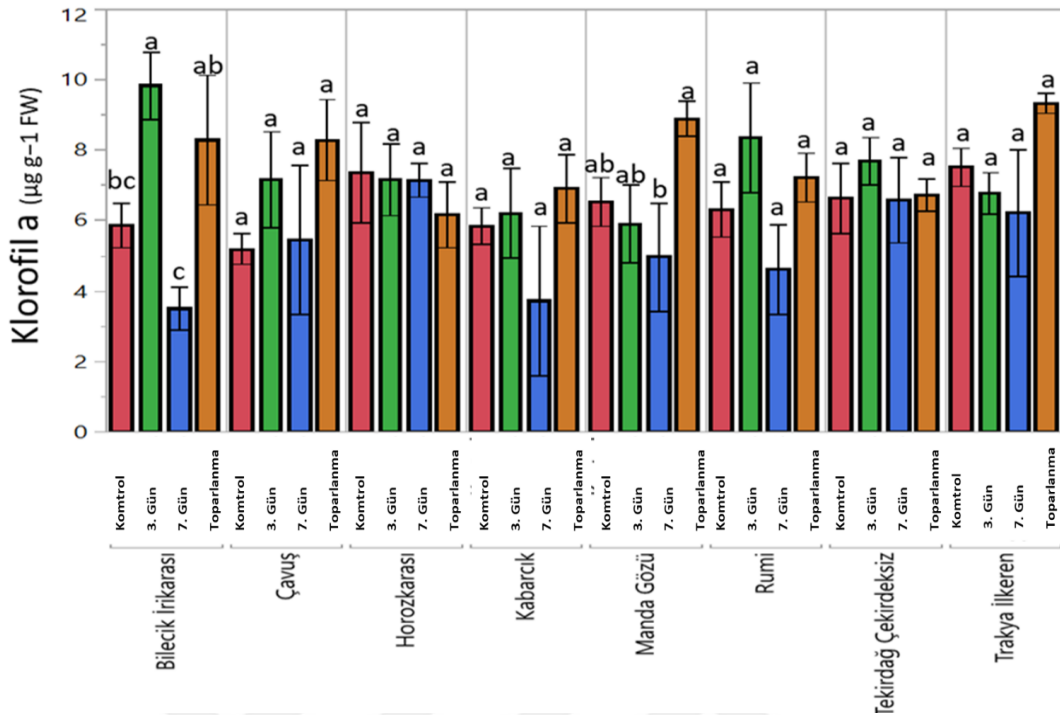
Klorofil a içeriği bakımından çeşitler kıyaslandığında, tek anlamlı farklılık kuraklık stresinin 3. günündeki Manda Gözü ile Bilecik Karası arasında ortaya çıkmıştır. Kontrol, 7. gün ve toparlanma aşamasındaki klorofil içeriği açısından çeşitler arasında önemli bir farklılık tespit edilememiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin klorofil-a içeriğine etkisi

Klorofil a ($\mu\text{g g}^{-1}$ FW)	Bilecik İrkarası	Çavuş	Horoz Karası	Kabarcık	Manda gözü	Rumi	Tekirdağ Çekirdeksizi	Trakya İlkeren
Kontrol	5.87 a*	5.18 a	7.36 a	5.85 a	6.53 a	6.31 a	6.63 a	7.52 a
3. Gün	9.85 a	7.18 ab	7.16 ab	6.21 ab	5.90 b	8.36 ab	7.70 ab	6.79 ab
7. Güm	3.51 a	5.44 a	7.14 a	3.72 a	4.97 a	4.62 a	6.58 a	6.22 a
Toparlanma	8.30 a	8.28 a	6.17 a	6.91 a	8.89 a	7.24 a	6.73 a	9.32 a

* Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark 0,05 hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

Her bir çeşitte uygulamalardan kaynaklanan Klorofil a değişimleri incelendiğinde uygulamalara verilen tepkilerin çeşitlere bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Örneğin, Bilecik İrkarası'nda 3. gün alınan örneklerde klorofil a içeriğinde önemli bir artışa neden olurken, 7. günündeki kuraklık stresi azalışa neden olmuştur. Toparlanma aşamasında ise klorofil a içeriğinin tekrar artışı tespit edilmiştir. Diğer çeşitlerde ise kuraklık uygulamaları ile kontrol uygulaması arasında bir miktar farklılıklar ortaya çıkmakla birlikte aradaki farkların önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Farklı su kısıntısı uygulamalarının Klorofil a içeriğine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

Klorofil b içeriği açısından her bir uygulamada çeşitler karşılaştırıldığında genel anlamda önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Sadece 3. günde Manda Gözü ile Bilecik İrkarası, 7. günde ise Kabarcık ile Horoz Karası arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.4).

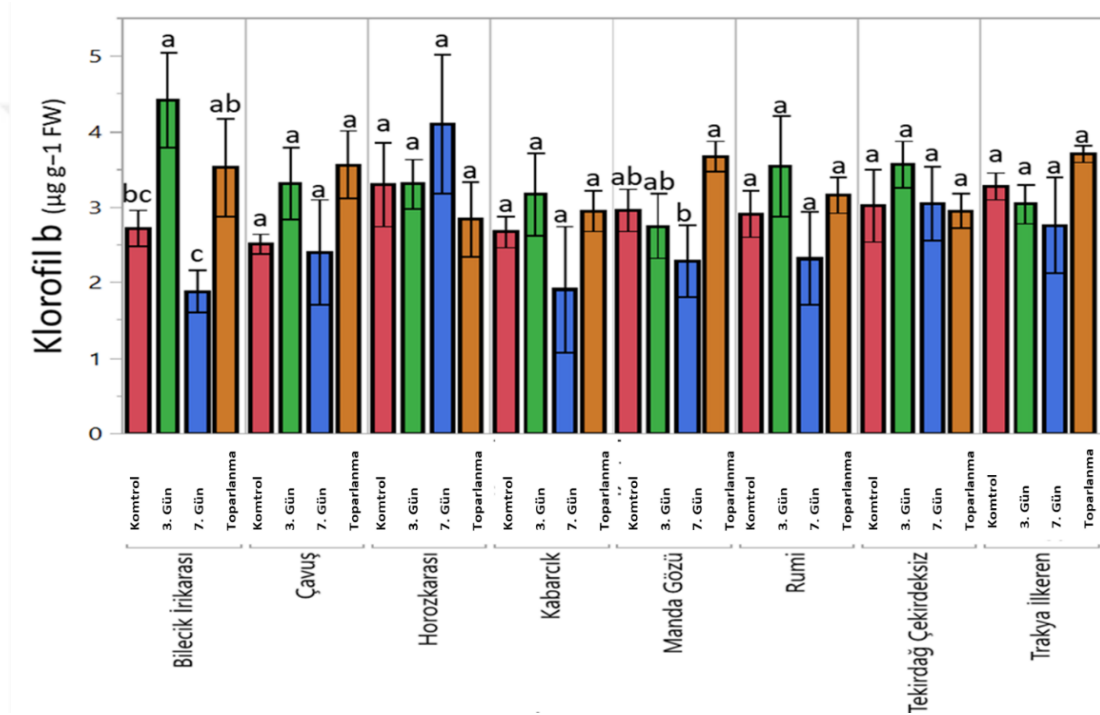
Çizelge 4.4. Farklı su kısıntısı uygulamasının çeşitlerin Klorofil-b içeriğine etkisi

Klorofil-b ($\mu\text{g g}^{-1}$ FW)	Bilecik İrkarası	Çavuş	Horoz Karası	Kabarcık	Manda gözü	Rumi	Tekirdağ Çekirdeksizi	Trakya İlkeren
Kontrol	2.72 a*	2.51 a	3.29 a	2.67 a	2.96 a	2.90 a	3.02 a	3.27 a
3. Gün	4.42 a	3.31 ab	3.31 ab	3.17 ab	2.74 b	3.54 ab	3.56 ab	3.04 ab
7. Güm	1.87 b	2.40 ab	4.09 a	1.91 b	2.28 ab	2.31 ab	3.04 ab	2.75 ab
Toparlanma	3.52 a	3.55 a	2.84 a	2.94 a	3.67 a	3.15 a	2.94 a	3.70 a

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

Çeşitlerin uygulamadan kaynaklı Klorofil b değişimleri incelendiğinde, Çavuş, Horoz Karası, Kabarcık, Rumi, Tekirdağ Çekirdeksizi ve Trakya İlkeren çeşitlerinde stresin

farklı aşamalarında bir değişim söz konusu olsa da bu değişim anlamlı bulunamamıştır. Başlangıç noktasına göre Bilecik İrıkarası çeşidinde 3. gün ile birlikte klorofil b de anlamlı bir artış söz konusu olurken 7. günde klorofil b içeriğinde düşüş tespit edilmiştir. Tekrar sulamanın ardından toparlanma aşamasında kontrol seviyelerine yükselmiştir. Manda Gözünde ise 7 gün strese maruz kalan bitkilerin klorofil b içeriği ile kuraklık sonrası tekrara sulama yapılan bitkilerin klorofil b içerikleri arasındaki farkın önemli olduğu saptanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Farklı su kısıntısı uygulamalarının Klorofil-b içeriğine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

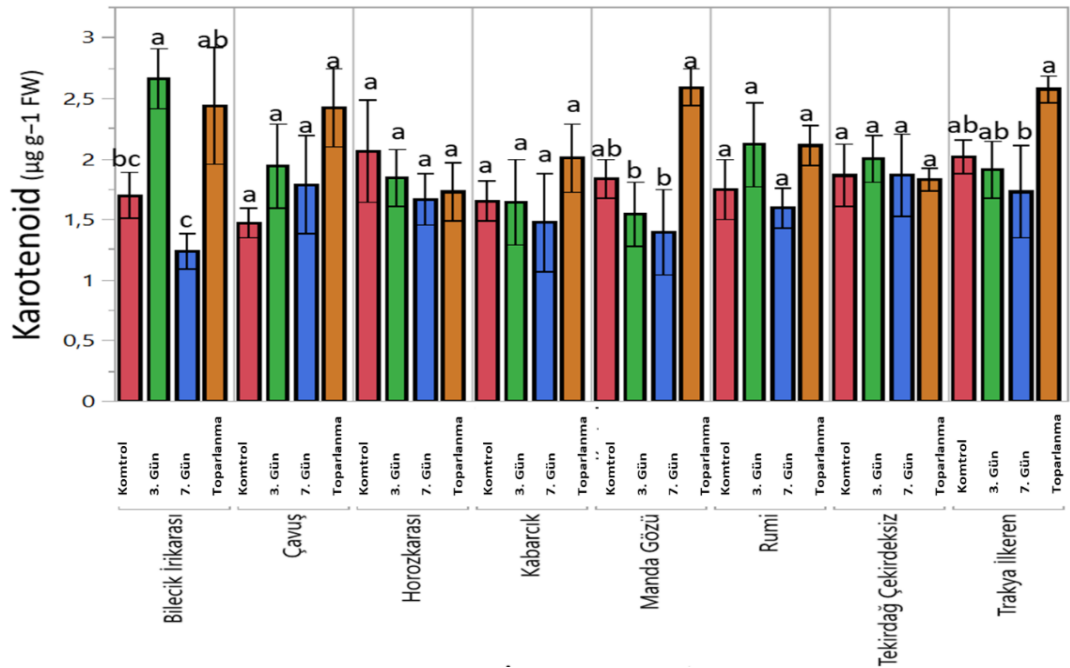
Çeşitlerin arasındaki karotenoid değişimlerine bakıldığında kontrol, 7. gün ve toparlanma aşamalarında, çeşitler arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. 3. günde ise Bilecik İrıkarası çeşidi ile Kabarcık ve Manda Gözü üzüm çeşitleri arasında farkın önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin Karotenoid içeriğine etkisi

Karotenoid ($\mu\text{g g}^{-1}$ FW)	Bilecik İrkarası	Çavuş	Horoz Karası	Kabarcık	Manda gözü	Rumi	Tekirdağ Çekirdeksizi	Trakya İlkeren
Kontrol	1.69 a*	1.47 a	2.06 a	1.65 a	1.83 a	1.74 a	1.86 a	2.02 a
3. Gün	2.66 a	1.94 ab	1.84 ab	1.64 b	1.54 b	2.12 ab	2.00 ab	1.91 ab
7. Gün	1.23 a	1.78 a	1.66 a	1.47 a	1.39 a	1.59 a	1.86 a	1.72 a
Toparlanma	2.44 a	2.42 a	1.72 a	2.01 a	2.59 a	2.11 a	1.83 a	2.57 a

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

Uygulama ile her bir çeşidin karotenoid içeriğindeki değişim incelendiğinde, kendi kontrolleri ile kıyaslandığında Bilecik İrkarası dışındaki çeşitlerde uygulamalardan kaynaklanan önemli bir değişiklik olmamıştır. Bilecik İrkarası'nda ise kontrol uygulamasında $1.69 \mu\text{g g}^{-1}$ FW olarak ölçülen karotenoid içeriği 3. günde kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde $2.66 \mu\text{g g}^{-1}$ FW seviyesine çıkmıştır. 7. günde ise önemli bir düşüş göstererek $1.24 \mu\text{g g}^{-1}$ FW olarak ölçülen bu değer yeniden sulamanın yapıldığı toparlanma aşamasında yükselmiş ve $2.44 \mu\text{g}$ değerine ulaşmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Farklı su kısıntısı uygulamalarının Karotenoid içeriğine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

4.2. Bitkilerin Kuraklık Stresine Karşı Biyokimyasal Tepkileri

4.2.1. Prolin İçeriği

Hem kontrol bitkilerinde hem de farklı şiddette kuraklığa maruz bırakılan üzüm çeşitlerinin prolin içeriğinde önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Kontrol uygulamasında en belirgin farklılık Kabarcık ile Trakya İlkeren çeşitleri arasında tespit edilmiştir. Kabarcık çeşidinde $0.058 \text{ mmol g}^{-1} \text{ FW}$ olan prolin içeriği Trakya İlkeren de $0.081 \text{ mmol g}^{-1} \text{ FW}$ olarak ölçülmüştür. Çeşitler arasında prolin değişimi incelendiğinde, kontrol dahil olmak üzere bütün aşamalarda çeşitler arasında anlamlı farklılıklar vardır. Kuraklık stresinin 3. gününde, Kabarcık, Bilecik İrikarası ve Rumi çeşitlerinin prolin değeri Horoz Karası çeşidine kıyasla yüksek bulunmuştur. 7. gündeki stres aşamasında en yüksek prolin değeri ($0.096 \text{ mmol g}^{-1} \text{ FW}$) Manda Gözü çeşidinde iken en düşük prolin içeriği ($0.061 \text{ mmol g}^{-1} \text{ FW}$) Trakya İlkeren çeşidinde bulunmuştur. Toparlanma aşamasında Horoz Karasının prolin içeriği Manda Gözü çeşidine kıyasla daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.6).

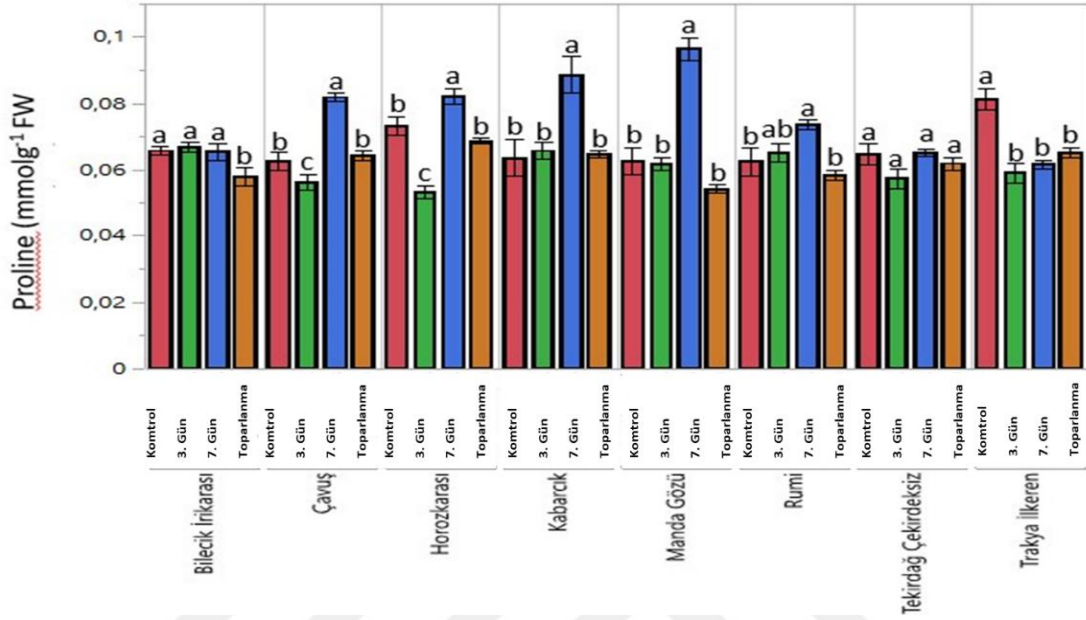
Çizelge 4.6. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin Prolin içeriğine etkisi

Prolin ($\text{mmol g}^{-1} \text{ FW}$)	Bilecik İrikarası	Çavuş	Horoz Karası	Kabarcık	Manda gözü	Rumi	Tekirdağ Çekirdeksizi	Trakya İlkeren
Kontrol	0.06 bc*	0.06 c	0.07 ab	0.05 c	0.06 c	0.06 c	0.06 bc	0.08 a
3. Gün	0.06 a	0.05 bc	0.05 c	0.06 a	0.06 ab	0.06 a	0.05 bc	0.05 abc
7. Güm	0.06 dc	0.08 b	0.08 b	0.08 ab	0.09 a	0.07 c	0.06 dc	0.06 d
Toparlanma	0.05 cd	0.06 ab	0.06 a	0.06 ab	0.05 d	0.05 cd	0.06 bc	0.06 ab

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

Her bir çeşit içinde, uygulamalardan kaynaklanan prolin değişimi incelendiğinde, Bilecik İrikarası ve Tekirdağ Çekirdeksizi çeşitlerinde kuraklık uygulamalarının prolin içeriğinde önemli bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir. Çavuş ve Horoz Karası çeşitlerinde kuraklık stresinin 3. gününde prolin içeriğinde azalmaya, 7. günde ise önemli seviyede bir artışa neden olmuştur. Bu iki çeşitte, toparlanma aşamasında, prolin içeriğinin tekrar başlangıç noktasındaki seviyesine düştüğü saptanmıştır. Kabarcık, Manda Gözü ve Rumi çeşitlerinde 3. gündeki kuraklık stresinin etkisi önemsiz bulunurken, 7. günde kuraklık ile

prolin içeriğini artırdığı tespit edilmiştir. Bu üç çeşitte de toparlanma aşamasında ölçülen prolin miktarının kontrol bitkilerindeki seviyeleri yakın olduğu görülmüştür (Şekil 4.6)



Şekil 4.6. Farklı su kısıntısı uygulamalarının Prolin aktivitesine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

4.2.2. Lipid Peroksidasyon Aktivitesi (MDA)

Kuraklık stresi için önemli bir gösterge olan MDA içeriği açısından stresin bütün aşamalarında çeşitler arasında anlamlı farklılıklar olmuştur. Kontrol uygulamasında, en yüksek MDA içeriği Çavuş çeşidinde $0,446 \text{ nmol/ml}^{-1}$ olarak ölçülürken, bunu $0.406 \text{ nmol ml}^{-1}$ ile Trakya İlkeren, $0.384 \text{ nmol/ml}^{-1}$ ile Bilecik İrkarası, 369 nmol/ml^{-1} ile Kabarcık çeşitleri takip etmiş ve bu değerler arasındaki farkların istatistik olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Kontrol uygulamasında, Horoz Karası, Manda Gözü ve Tekirdağ Çekirdeksizi çeşitlerinin MDA içeriği Çavuş, Trakya İlkeren, Bilecik İrkarası ve Kabarcık çeşitlerinde ölçülen MDA içeriğinden önemli derecede daha düşük bulunmuştur. Kuraklığın 3. gününde çeşitler karşılaştırıldığında, en yüksek MDA içeriği $0.791 \text{ nmol/ml}^{-1}$ ile Kabarcık çeşidinde saptanmışken en düşük $0.309 \text{ nmol/ml}^{-1}$ ile Trakya İlkeren çeşidinde bulunmuştur. 7. Gündeki bitkiler karşılaştırıldığında, Kabarcık ve Çavuş en yüksek MDA içeriğine sahip olurken, Manda Gözü, Bilecik İrkarası, Horoz

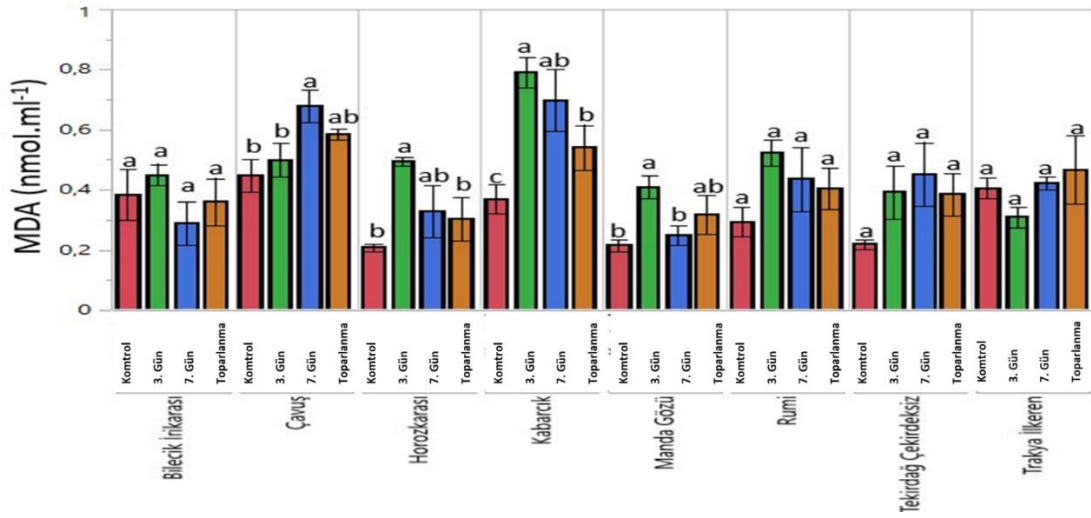
Karası, Trakya İlkeren çeşitlerinde daha düşük MDA içerikleri belirlenmiştir. Toparlanma aşamasında yapılan ölçümlerde ise Çavuş ve Kabarcık çeşidinin Manda Gözü ve Horoz Karasına, kıyasla daha yüksek MDA içeriğine sahip oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin Lipid Peroksidasyon değişimine (MDA) etkisi

MDA (nmol/ml ⁻¹)	Bilecik İrkarası	Çavuş	Horoz Karası	Kabarcık	Manda gözü	Rumi	Tekirdağ Çekirdeksizi	Trakya İlkeren
Kontrol	0.38 ab*	0.44 a	0.20 c	0.36 ab	0.21 c	0.29 bc	0.22 c	0.40 ab
3. Gün	0.44 bc	0.49 b	0.49 b	0.79 a	0.41 bc	0.52 b	0.39 bc	0.31 c
7. Güm	0.28 c	0.67 ab	0.33 c	0.69 a	0.25 c	0.43 bc	0.45 bc	0.42 c
Toparlanma	0.35 ab	0.58 a	0.30 b	0.54 ab	0.31 b	0.40 ab	0.38 ab	0.46 ab

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

Her bir çeşit içinde stres uygulamasından kaynaklanan MDA değişimi incelendiğinde, Bilecik İrkarasında 0.288 (7. gün) ile 0.449 (3. gün), Rumi çeşidinde 0.293 (kontrol) ile 0.523 (3. gün), Tekirdağ Çekirdeksizi'nde 0.219 (kontrol) ile 0.451 (7. gün), Trakya İlkeren çeşidinde 0.309 (3. gün) ile 0.466 (toparlama) arasında değiştiği ancak aradaki farkların istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Çavuş çeşidinde stres uygulamasının 3. gününde MDA içeriğinde önemli bir değişime neden olmazken, 7. Günde kuraklıktan kaynaklanan önemli bir artış gözlenmiştir. 7. güne kıyasla toparlanma aşamasında MDA içeriğinde bir miktar azalma görülmüş ve kontrol uygulaması ile toparlanma aşamasındaki MDA içeriği arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir. Horoz Karasında ise kuraklığın 3. gününde MDA içeriğinde önemli bir artışa neden olduğu, 7. günde ise önemli bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir. Bu çeşitte de toparlanma aşamasında MDA içeriğinde azalma gözlenmiştir. MDA içerisinde uygulamalardan kaynaklanan en belirgin değişim Kabarcık çeşidinde ortaya çıkmıştır. Bu çeşitte kontrol bitkilerinde 0.369 olarak ölçülen MDA içeriği, 3. günde 0.791'e çıkarken, 7. günde 0.698 olmuştur. Toparlanma aşamasında bir miktar azalma görülmekle birlikte ölçülen değerlerin kontrol uygulamasından önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Manda Gözünde ise uygulamalardan kaynaklanan tek anlamlı değişim kuraklık stresinin 3. günde bitkilerde ortaya çıkmıştır. Bu çeşitte kontrol bitkilerinde 0.215 olan MDA içeriği 3. günde 0.409 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Farklı su kısıntısı uygulamalarının MDA içeriğine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

4.2.3. Askorbat Peroksidaz Aktivitesi (APx)

Askorbat peroksidaz (APx) enzim aktivitesi açısından kuraklık stresine tepki olarak çeşitler arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Kontrole göre, çeşitlerin APx aktiviteleri Bilecik İrkarası'nda 255.9, Rumi'de 258, Horoz Karası'nda 267.3, Trakya İlkeren çeşidinde ise 173.3 $\mu\text{mol/min/mg}$ olarak ölçülmüştür. Bu dört çeşide kıyasla Tekirdağ Çekirdeksizi çeşidinin daha düşük (150.7 $\mu\text{mol/min/mg}$) APx aktivitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık stresinin 3. gününde, Tekirdağ Çekirdeksizi çeşidinin diğer çeşitlere kıyasla belirgin şekilde daha yüksek APx aktivitesine sahip olduğu görülmüştür. Çavuş çeşidinin APx aktivitesi Tekirdağ Çekirdeksizinden daha düşük, diğer çeşitlerinkinden ise daha yüksek bulunmuştur. 3. Günündeki bitki örneklerinde, nispeten daha düşük APx aktivitesine sahip olan Manda Gözü, Bilecik İrkarası, Rumi, Kabarcık ve Horoz Karasında sırasıyla 184.6, 297.5, 336, 33.5 ve 433 $\mu\text{mol/min/mg}$ APx enzim aktivitesi ölçümleri yapılmıştır. Kuraklık stres seviyesinin arttığı 7. günde yapılan analizler sonucunda, Horoz Karasında 548.5, Rumi'de 571.9 $\mu\text{mol/min/mg}$ APx aktivite değerleri belirlenmiştir. Bu değerlerin Çavuş çeşidinde ölçülen 302.1 ve Kabarcık çeşidinde ölçülen 355.6 $\mu\text{mol/min/mg}$ değerlerine kıyasla istatistiksel olarak önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yeniden sulamanın ardından toparlanma aşamasında en düşük APx aktivitesi (158.6 $\mu\text{mol/min/mg}$) ile Rumi çeşidi en yüksek

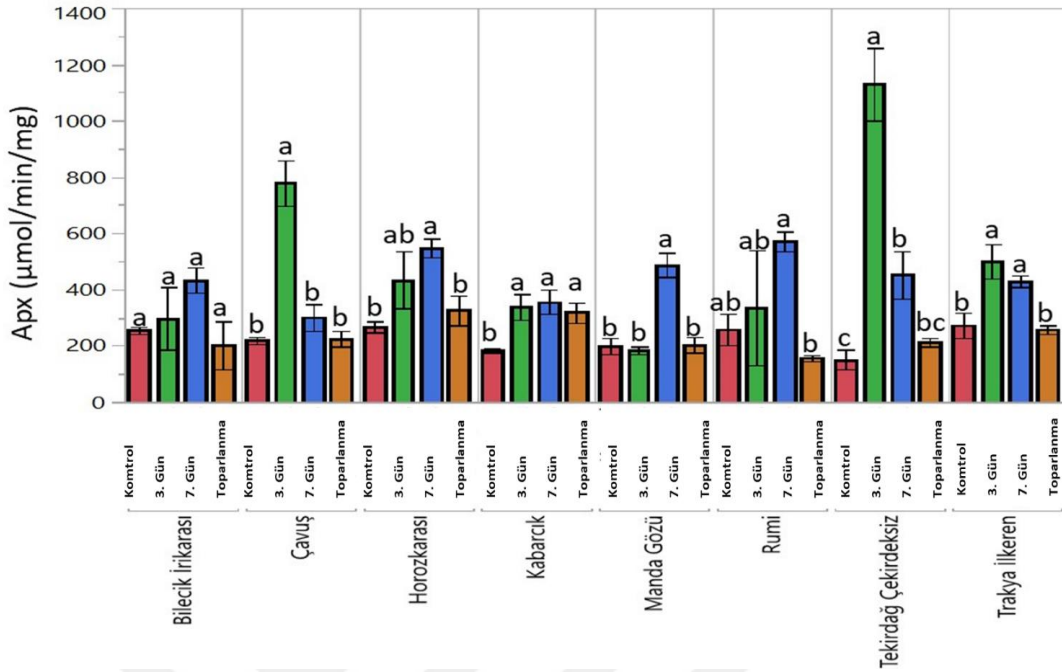
değerlere sahip olan Horoz Karası (327.5 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$) ve Kabarcık (320.41 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$) çeşitlerinden ayrılmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin askorbat peroksidaz enzim aktivitesine (APx) etkisi

Ap _x ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$)	Bilecik İrkarası	Çavuş	Horoz Karası	Kabarcık	Manda gözü	Rumi	Tekirdağ Çekirdeksizi	Trakya İlkeren
Kontrol	255.90 a*	219.80 ab	267.30 a	186.50 ab	200.20 ab	258.00 a	150.70 b	273.30 a
3. Gün	297.50 c	779.60 b	434.00 c	338.55 c	184.60 c	336.00 c	1129.90 a	499.30 bc
7. Gün	433.40 abc	302.10 c	548.50 a	355.64 bc	487.30 ab	571.90 a	454.30 abc	429.50 abc
Toparlanma	202.60 ab	225.70 ab	327.50 a	320.41 a	203.40 ab	158.60 b	212.50 ab	258.50 ab

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

Su kısıtı uygulamalarına AP_x aktivitesi açısından verilen tepkilerin çeşitlere bağlı olarak farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bilecik İrkarası'nda bütün uygulamalarda benzer seviyede AP_x aktivitesinin olduğu belirlenmiştir. Çavuş çeşidinin stresin 3. gününde AP_x aktivitesinde belirgin bir artışa neden olurken, 7. gününde ve toparlanma aşamasında ölçülen AP_x aktivitelerinin kontrol bitkilerinde ölçülen AP_x aktivitesine benzer seviyede olduğu tespit edilmiştir. Benzer durum Tekirdağ Çekirdeksizi çeşidinde de gözlenmiştir. Manda Gözünde sadece kuraklık stresinin 7. gününde AP_x aktivitesi artış göstermiş olup toparlanma aşamasında tekrar düşmüştür. Diğer çeşitlerde ise hem 3. günde hem de 7. Günde kuraklık stresi AP_x aktivitesinde artışa neden olurken, toparlanma aşamasında tekrar bir düşüşün olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Farklı su kısıntısı uygulamalarının APx enzim aktivitesine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

4.2.4. Katalaz Enzim Aktivitesi (CAT)

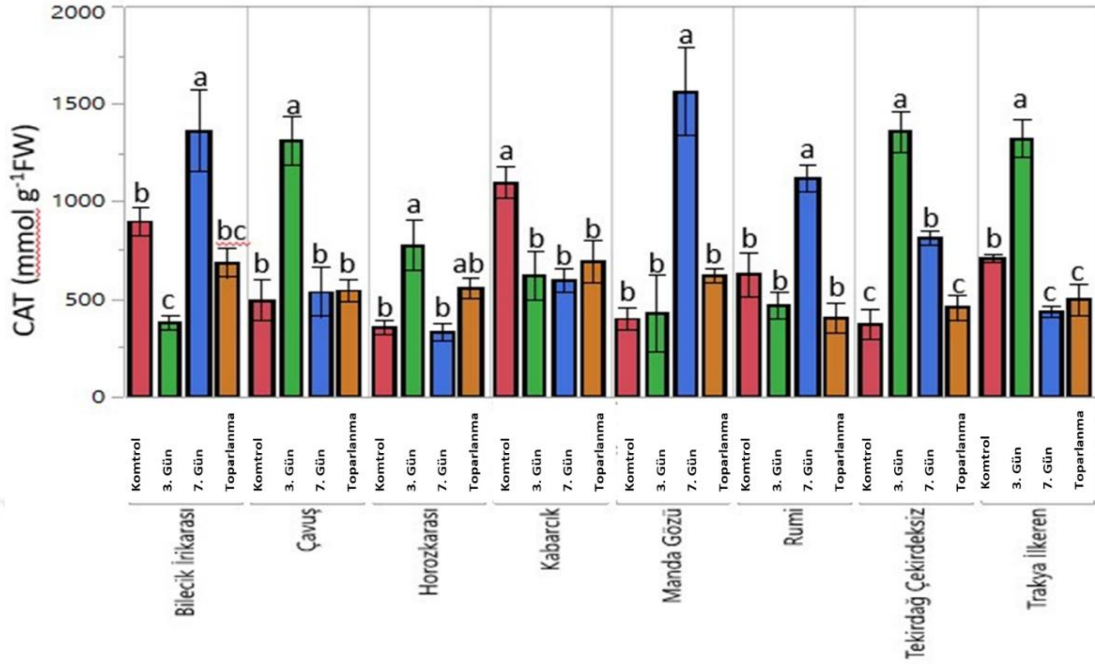
Su kısıntısının başlangıç aşamasında, Kabarcık ($1099.4 \text{ mmol g}^{-1} \text{FW}$) çeşidinde ölçülen CAT aktivitesinin diğer çeşitlere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yine Bilecik İrkarası'nda ölçülen $898.4 \text{ mmol g}^{-1} \text{FW}$ CAT aktivitesinin de Trakya İlkeren hariç diğer çeşitlerde ölçülen değerlere kıyasla önemli derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Başlangıç gününde, Horoz Karası, Tekirdağ Çekirdeksizi ve Manda Gözü çeşitlerinin nispeten daha düşük CAT aktivitesi gösterdikleri saptanmıştır. Kuraklık stresinin 3. gününde, sırasıyla 1315.2 , 1324.4 ve $1361.8 \text{ mmol g}^{-1} \text{FW}$ aktivitesine sahip olan Çavuş, Trakya İlkeren ve Tekirdağ Çekirdeksizi çeşitlerinin sahip oldukları bu değerler diğer çeşitlerin sahip olduğu değerlere kıyasla önemli derecede yüksek bulunmuştur. 7. günde ise yüksek CAT aktivitesi ile dikkat çeken çeşitler Manda Gözü ($1566.0 \text{ mmol g}^{-1} \text{FW}$), Bilecik İrkarası ($1363.0 \text{ mmol g}^{-1} \text{FW}$) ve Rumi ($1121.0 \text{ mmol g}^{-1} \text{FW}$) olmuştur. Kuraklık aşamasından sonra tekrar sulamanın yapıldığı toparlanma aşamasında ise Rumi ve Tekirdağ Çekirdeksizi hariç, genel anlamda çeşitlerin benzer seviyede CAT aktivitesine sahip oldukları görülmüştür.

Çizelge 4.9. Farklı su kısıntısı uygulamalarının çeşitlerin Katalaz enzim aktivitesine (CAT) etkisi

CAT (mmol g ⁻¹ FW)	Bilecik İrkarası	Çavuş	Horoz Karası	Kabarcık	Manda gözü	Rumi	Tekirdağ Çekirdeksizi	Trakya İlkeren
Kontrol	898.40 ab	493.60 cde	355.30 e	1099.40 a*	399.90 de	626.50 dc	372.50 e	709.00 bc
3. Gün	378.00 c	1315.20 a	776.70 b	620.90 bc	425.60 bc	468.00 bc	1361.80 a	1324.40 a
7. Güm	1363.00 ab	535.70 de	331.20 e	595.50 de	1566.00 a	1121.00 bc	816.20 dc	432.63 de
Toparlanma	6860.00 a	545.00 abc	557.00 abc	597.10 abc	619.20 ab	400.30 c	457.30 c	496.83 abc

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

Çeşit bazında, kuraklık stresinin CAT aktivitesi üzerine etkisi incelendiğinde, Bilecik İrkarası'nda başlangıç noktasına göre 3. günde bir azalma, 7. günde ise bir artış tespit edilmiştir. Toparlanma aşamasında ise yeniden kontrol seviyelerine düştüğü gözlemlenmiştir. Çavuş çeşidinde daha belirgin olacak şekilde, Çavuş ve Horoz Karası çeşitlerinde kuraklık 3. günde CAT aktivitesinde önemli bir artışa neden olurken, 7. gündeki ve toparlanma aşamasında kontrole kıyasla önemli bir değişim ortaya çıkmamıştır. Kabarcık çeşidinde 3. ve 7. Günlerindeki alınan örneklerde de CAT aktivitesinde azalamaya neden olmuştur. Bu çeşitte toparlanma aşamasında ölçülen CAT aktivitesi de kontrolden düşük bulunmuştur. Manda Gözü ve Rumi çeşitlerinde, kuraklığın 3. gününde CAT aktivitesinde önemli bir değişime neden olmazken 7. Günde önemli artışa yol açmıştır. Yine bu iki çeşidin toparlanma aşamasındaki CAT aktivitesinin başlangıçtaki seviyelere düştüğü saptanmıştır. Tekirdağ Çekirdeksizi çeşidinde orta şiddette kuraklık uygulamasında daha fazla olacak şekilde her iki kuraklık uygulamasında da CAT aktivitesinde başlangıç noktasına kıyasla, önemli artışların olduğu görülmüştür. Diğer pek çok çeşitte olduğu gibi bu çeşitte de toparlanma aşamasında CAT aktivitesinin tekrar düştüğü tespit edilmiştir. Trakya İlkeren çeşidinde ise kuraklık stresinin 3. gününde önemli bir artış, 7. gününde ise azalış ortaya çıkmıştır. Bu çeşitte toparlanma aşamasında ölçülen CAT aktivitesi de kontrol bitkilerinde ölçülen CAT aktivitesinden daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.9).

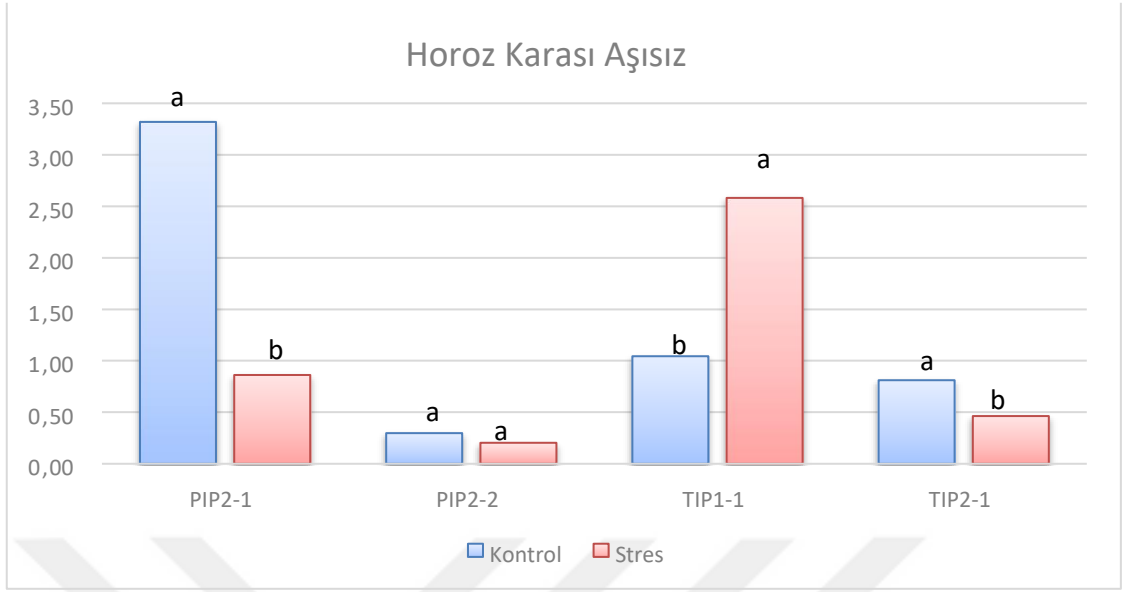


Şekil 4.9. Farklı su kısıntısı uygulamalarının CAT enzim aktivitesine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir (Duncan Çoklu Aralık Testi)

4.3. Aşılı ve Aşısız Bitkilerin Kuraklık Stresinde Akuaporin Proteinlerinin Gen İfadesi Değişimi

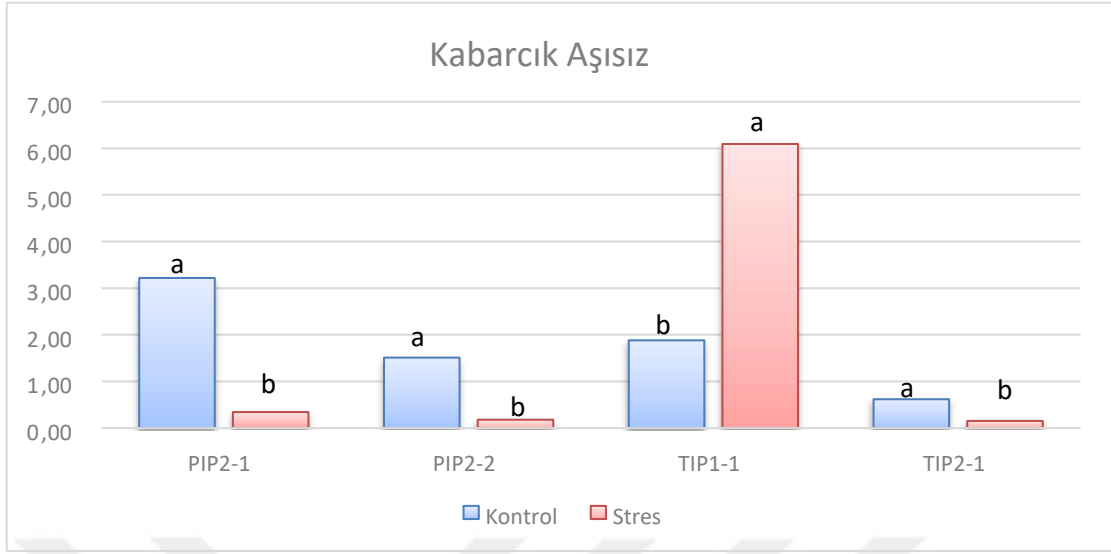
İncelenen çeşitlerin fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri dikkate alınarak kuraklığa karşı nispeten farklı tepkiler veren Horoz Karası ve Kabarcık üzüm çeşitlerinin hem kendi kökleri üzerinde hem de Rupestris du Lot Amerikan anacı üzerinde kuraklığa karşı akuaporin izoformlarının gen ifadesindeki değişimler incelenmiştir. Kurağa nispeten daha toleransı olan ve kendi kökü üzerinde yetiştirilen Horoz Karası çeşidinin kuraklık ile birlikte PIP2-1 ve TIP2-1 akuaporinlerinin gen ifadesindeki azalma önemli bulunmuştur. PIP2-2 gen ifadesinde görece bir azalma olsa da istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır. TIP1-1 gen ifadesinde ise kuraklıktan kaynaklanan önemli bir artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.10)



Şekil 4.10. Kuraklık uygulamasının Aşısız Horoz Karası üzüm çeşidinde yapraktaki PIP2-1, PIP2-2, TIP1-1 ve TIP2-1 akuaporin genlerinin ifade değişimine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir.

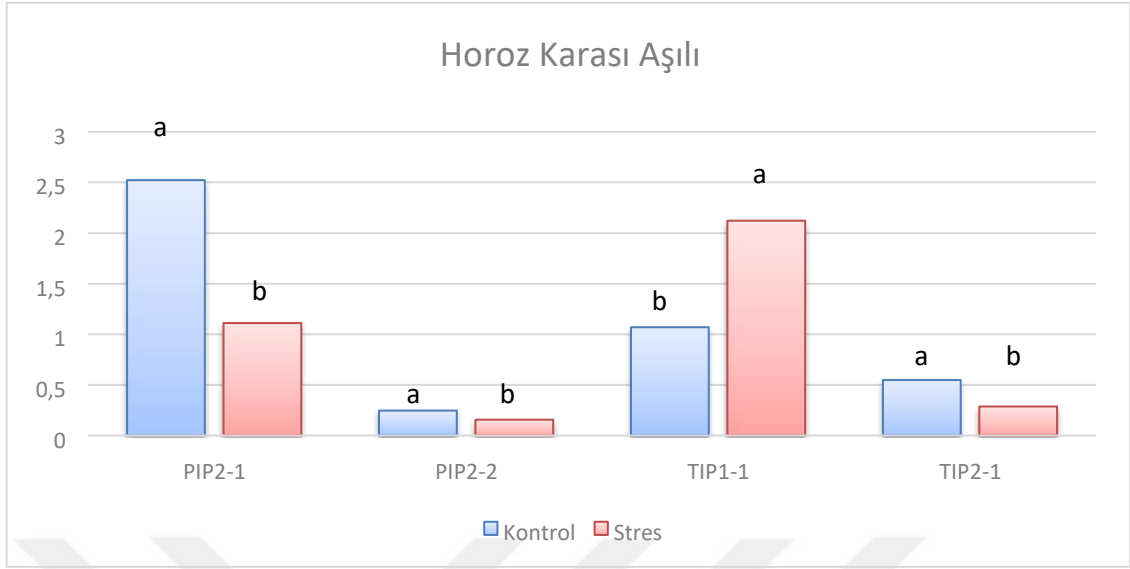
Aşısız Kabarcık üzüm çeşidinin yapraklarındaki akuaporinlerin gen ifadesindeki değişimleri incelendiğinde, kuraklık uygulamasında TIP1-1 akuaporin gen ifadesinde, kontrole kıyasla üç katlık bir artış ortaya çıkmıştır. PIP 2-1, PIP2-2 ve TIP2-1 izoformlarının kuraklık stresi ile birlikte ifade düzeylerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.11). Kuraklık uygulamasından kaynaklanan bu azalışın TIP2-1'e kıyasla, PIP 2-1, PIP2-2'de daha belirgin olarak ortaya çıktığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.11. Kuraklık uygulamasının Aşısız Kabarcık üzüm çeşidinde yapraktaki PIP2-1, PIP2-2, TIP1-1 ve TIP2-1 akuaporin genlerinin ifade değişimine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir.

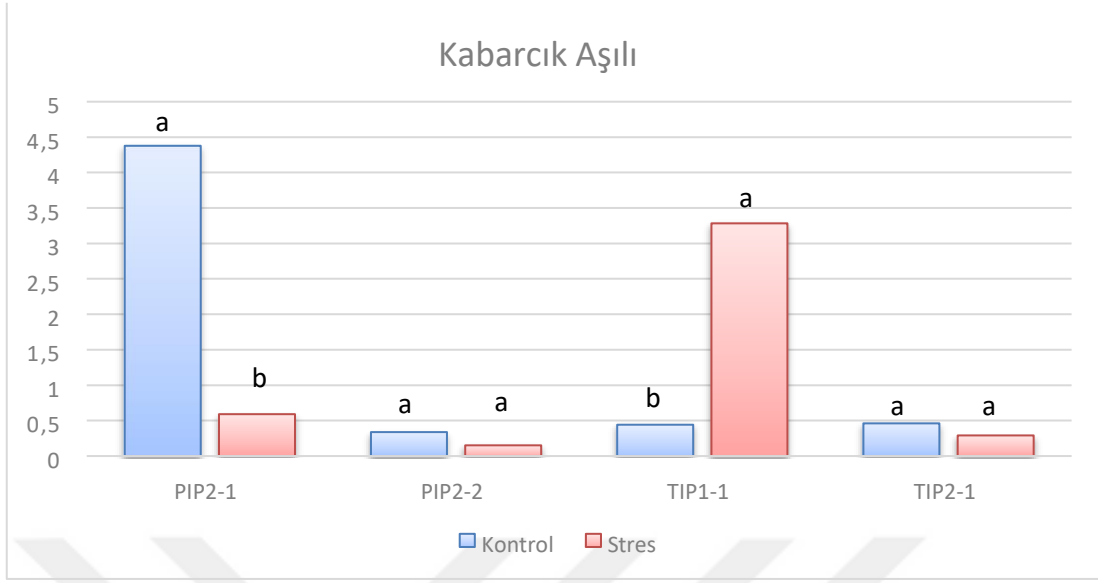
Aşılı Horoz Karası bitkilerinin kuraklık stresine PIP2-1, PIP2-2, TIP1-1 ve TIP2-1 akuaporin gen ifadesi bakımından verdikleri tepkiler aşısız bitkilere benzer bulunmuştur. Aşısız kendi kökleri üzerinde yetiştirilenlerde olduğu gibi aşılılarda da kuraklık uygulaması ile birlikte PIP2-1, PIP2-2 ve TIP2-1 gen ifadesinde azalış olduğu belirlenmiştir. Yine aşısızlara benzer şekilde TIP1-1 ifadesinde anlamlı bir artış kaydedilmiştir. Aşılı bitkilerle aşısızlar arasındaki tek fark PIP2-2 ifadesinde ortaya çıkmıştır. PIP2-2 gen ifadesinde kuraklıktan kaynaklanan azalış aşısız bitkilerde önemsiz bulunurken, aşılı bitkilerde bu azalışın istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Kuraklık uygulamasının Lot Amerikan anacı üzerine aşılı Horoz Karası üzüm çeşidinde yapraktaki PIP2-1, PIP2-2, TIP1-1 ve TIP2-1 akuaporin genlerinin ifade değişimine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir.

Kabarcık üzüm çeşidi amerikan asma anacına aşılandığında, aşısız bitkilerdekine benzer şekilde, kuraklık uygulamasının PIP2-1 gen ifadesinde azalışa, TIP1-1 gen ifadesinde ise artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Aşısız bitkilerden farklı olarak, kuraklık uygulamasının aşılı bitkilerin PIP2-2 ve TIP2-1 gen ifadesinde azalışa neden olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Kuraklık uygulamasının Lot Amerikan anacı üzerine aşılı Kabarcık üzüm çeşidinde yapraktaki PIP2-1, PIP2-2, TIP1-1 ve TIP2-1 akuaporin genlerinin ifade değişimine etkisi

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir

Kuraklık stresinin, kontrole kıyasla, akuaporin gen ifadesinde meydana getirdiği değişim miktarları toplu olarak Çizelge 4.10 ve 4.11 de verilmiştir. Çizelge 4.10'dan da görüleceği gibi PIP2-1 gen ifadesi her iki çeşide ait aşılı ve aşısız bitkilerde kuraklığın etkisi ile azalış göstermiş olmakla bitlikte, en belirgin azalış aşılı Kabarcık çeşidine ait bitkilerde ortaya çıkmıştır. Bu bitkilerde kuraklık uygulaması PIP2-1 gen ifadesinde 3.19'luk bir azalışa neden olmuştur. PIP2-1 açısından en az değişim (1.41) Horoz Karasına ait aşılı bitkilerde tespit edilmiştir. PIP2-2 gen ifadesinde ise en büyük değişim 1.33'lik artışla, aşısız Kabarcık çeşidinde olmuştur. Aşılı Kabarcık ile aşılı ve aşısız Horoz Karasındaki PIP2-2 gen ifadesi artış miktarı, aşısız Kabarcık çeşidindekine kıyasla oldukça düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Kuraklık uygulamasının Horoz Karası ve Kabarcık üzüm çeşitlerine anacın yapraktaki PIP2-1, PIP2-2 akuaporin genlerinin ifade değişimine etkisi

Çeşit	Aşı Drumu	PIP2-1			PIP2-2		
		Kontrol	Stres	Kontrol-Stres	Kontrol	Stres	Kontrol-Stres
Horoz	Aşılı	2.52 a	1.11 a	1.41 b	0.25 b	0.16 a	0.09 b
Karası	Aşısız	3.32 a	0.86 ab	2.46 ab	0.30 b	0.20 a	0.10 b
Kabarcık	Aşılı	4.38 a	0.59 bc	3.79 a	0.34 b	0.15 a	0.19 b
	Aşısız	3.22 a	0.34 c	2.88 ab	1.51 a	0.18 a	1.33 a

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir

Kuraklığın TIP1-1 gen ifadesinde meydana getirdiği değişim incelendiğinde, Kabarcık çeşidinin aşısız bitkilerindeki artışın Horoz Karası çeşidinin aşılı ve aşısız bitkilerindeki artışa kıyasla önemli derecede daha yüksek bulunmuştur. Kuraklık uygulaması Kabarcık çeşidine ait aşısız bitkilerin TIP1-1 gen ifadesinde, kontrole kıyasla, 4.2’lik bir artışa neden olurken, Horoz Karası çeşidinin aşılı ve aşısız bitkilerinde sırasıyla 1.05 ve 1.54’lük artışlara neden olmuştur. Kuraklık uygulamasının TIP2-1 gen ifadesinde meydana getirdiği değişim her iki çeşide ait aşılı ve aşısız bitkilerde benzer seviyelerde olmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Kuraklık uygulamasının Horoz Karası ve Kabarcık üzüm çeşitlerine anacın yapraktaki TIP1-1 ve TIP2-1 Akuaporin genlerinin ifade değişimine etkisi

Çeşit	Aşı Drumu	TIP1-1			TIP2-1		
		Kontrol	Stres	Stres- Kontrol	Kontrol	Stres	Kontrol-Stres
Horoz	Aşılı	1.07 a	2.12 b	1.05 b	0.55 ab	0.29 ab	0.26 a
Karası	Aşısız	1.04 a	2.58 b	1.54 b	0.81 a	0.46 a	0.35 a
Kabarcık	Aşılı	0.44 a	3.28 b	2.84 ab	0.46 b	0.29 ab	0.17 a
	Aşısız	1.88 a	6.93 a	4.21 a	0.62 ab	0.15 b	0.46 a

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark $p < 0,05$ hata düzeyinde önemli değildir

5. TARTIŞMA

Yaprak su potansiyeli ile yakın ilişkisi olan yaprak oransal su kapsamı bitkilerin kuraklık stresine toleransının derecesini belirlemede kullanılan basit ve kullanışlı bir parametredir (Chaves 1991). Bitkilerin hücre bütünlüğünü koruyabilmek için turgorunu koruması gereklidir. Su stresinin bir sonucu olarak asmada yaprak oransal su kapsamının azaldığı görülmektedir (Abdi ve ark., 2016, Kamangar ve Haddad 2016, Król ve Weidner, 2017). Çalışmamızda 8 farklı üzüm çeşidinin YOSK değerlerini karşılaştırdığımızda, 3 günlük stres uygulamasının çeşitlerin YOSK değerinde başlangıç noktalarına göre önemli bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür. Ancak stres süresinin artmasıyla birlikte çeşitler arasında önemli farklılıklar oluşmuştur. YOSK değerindeki azalma Kabarcık, Çavuş ve Tekirdağ Çekirdeksizi çeşitlerinde %15 den fazla iken Rumi, Manda Gözü ve Trakya İlkeren %10-15 arasında olmuştur. Bunların yanı sıra Bilecik İrikarası ve Horoz Karası üzüm çeşitlerinde %10'nun altında bulunmuştur. Yeniden sulama uygulamasının başlamasıyla toparlanma aşamasındaki bitkilerin durumları incelendiğinde, Bilecik İrikarası, Horoz Karası, Kabarcık ve Tekirdağ Çekirdeksizi başlangıç noktalarına geri dönerken özellikle Çavuş, Rumi ve Trakya İlkeren çeşitleri hızlı bir şekilde toparlanamadığı görülmüştür. Çeşitler arasında Bilecik İrikarası ve Horoz Karasının kuraklığa toleransının yüksek olmasının yanı sıra suya erişimleri olduğunda da hızlı bir toparlanma yeteneklerine sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra kuraklığa hassas olan Kabarcık çeşidinin YOSK değerinde şiddetli stres aşamasında %17'lik bir azalma olsa da toparlanma aşamasında bu çeşit kurağa toleranslı çeşitler ile benzer performansı göstermiştir.

MGİ'deki değişim stresin seviyesinin ölçülmesinde önemli bir göstergedir. İyon sızıntısının artışı bitkinin hücresel yapısının ne kadar bozulduğu ve bitkinin strese girip girmediği hakkında bilgi vermektedir (Kulak, 2016). Çeşitler arasında Kabarcık, Manda Gözü ve Rumi'nin MGİ değerlerinde 3 günlük stres aşamasında anlamlı bir azalma gözlemlenmesi diğer çeşitler ile karşılaştırıldığında bu çeşitlerin stresi daha erken hissettiklerini göstermektedir. Uzun süreli (7 gün) stres koşulları altında ise bütün çeşitlerin MGİ'sinde anlamlı bir düşüş olması bütün çeşitlerin strese MGİ üzerinden tepki verdiğini ortaya koymaktadır. Etkinin kalıcı olmadığı toparlanma aşamasında bütün

çeşitlerin MGI değerinin başlangıç noktalarındaki değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Asmanın strese verdiği tepkileri incelemek amacıyla daha önce yapılan pek çok çalışmada da MGI değerleri incelenmiştir ve söz konusu değerde stresten kaynaklanan önemli azalmaların olduğu rapor edilmiştir (Hura ve ark., 2007; Ghaderi ve ark., 2011). İran’da üç asma çeşidi ile yürütülen bir çalışmada, orta seviyede ve şiddetli kuraklık koşulları altında MGI değeri açısından çeşitler arasında önemli bir farklılığın görülmediği bildirilmiştir (Ghaderi ve ark., (2011). Ayrıca Altıncı, (2016) yapmış olduğu çalışmada, Narince, Sultani Çekirdeksiz, Öküzgözü, Boğazkere, Emir ve Çalkarası çeşitlerinde, MGI değeri açısından % 6 PEG uygulamasında çeşitler arasında anlamlı farklılık oluşmasına rağmen % 4 PEG uygulamasında çeşitler arasında önemli bir fark bulamamışlardır. Genel olarak değerlendirildiğinde, üzüm çeşitlerinin MGI cinsinden strese verdikleri tepkiler benzer gözükmektedir. Bu nedenle MGI değeri strese tolerans açısından çeşitlerin kıyaslanması amacıyla kullanılabilecek parametre olmaktan ziyade bitkide kuraklık şiddetinin seviyesinin belirlenmesinde önemli bir gösterge olarak ortaya çıkmaktadır.

Fotosentez verimliliğini değiştiren en önemli etkenlerden bir tanesi yaprak klorofil pigment içeriğidir. Farklı bitki türlerinde kuraklık stresi ile birlikte klorofil pigment içeriğinde önemli bir değişim olduğu vurgulanmıştır (Lovichio ve ark., 2010). Bu çalışmada, Bilecik İrikarası dışında diğer çeşitlerde klorofil a-b ve karotenoid içeriğinde kuraklıktan kaynaklanan anlamlı değişimler tespit edilememiştir. Bu konuda asmada yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar bulunmuştur. Carvalho ve ark., (2018) kuraklık uygulamasının asmanın toplam klorofil konsantrasyonu etkilemediğini saptamışlardır. Bunun yanı sıra yapılan farklı çalışmalarda da kuraklık stresinin asma yapraklarında klorofil içeriğinde bir düşüş gözlemlenmesine rağmen azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Ghaderi ve ark., 2011; Lanari ve ark., 2015). Flexas ve ark, (2000) ile Maroco ve ark, (2002) kuraklık stresine maruz kalmış üzüm çeşitlerinde istatistiksel olarak toplam klorofil içeriğinde dikkat çekici bir azalma olduğunu vurgulamışlardır. Literatürde klorofil içeriği ile ilgili bildirilen farklı sonuçlar çeşit, kullanılan anaçların özelliği, deneme ortamı ve süresinin farklı olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Bitkiler kuraklık gibi abiyotik stres faktörleri ile karşılaştıklarında, hücre turgor seviyesini korumak için osmolit olarak isimlendirilen bazı çözünür madde sentezler ve biriktirirler (Serraj ve Sinclair, 2002). Bu maddelerden bir tanesi yüksek çözünürlüğe sahip, hücre için toksik olmayan, düşük molekül ağırlıklı bir aminoasit olan prolin dir (Ashraf ve Fooland, 2007). Diğer birçok bitkide olduğu gibi genel olarak abiyotik streslere karşı asma yapraklarında da prolin seviyesinin arttığı bildirilmiştir. (Şahin, 2009; Özden ve ark 2009, Abdi ve ark., 2015). Prolin miktarında kuraklık stresi ile birlikte şiddetli stres aşamasında Çavuş, Horoz Karası, Manda Gözü ve Rumi de artış görülürken Trakya İlkeren çeşidinde azalma gözlemlenmiştir. Altıncı, (2016) 5 farklı üzüm çeşidinde in vitro ortamda PEG uygulaması ile kuraklık stresi oluşturduğu çalışmada, stresin şiddeti ile bütün çeşitlerde prolin miktarında önemli artışlar bulmuştur. Yağmur, (2008) 5 farklı amerikan anacı ve 3 yerel çeşit ile yaptıkları kuraklık çalışmasında, 5 amerikan asma anaçları artış ve azalma gibi farklı tepkiler vermiştir. Ancak bu değişimlerde sadece 1613 C’de artış önemli bulunmuştur. Bunun yanı sıra, 3 yerel çeşitten Çal Karası ve Kalecik Karası çeşitlerinde artış önemli bulunmuş Boğazkere çeşidinde kuraklık ile prolin miktarında ki değişim önemsiz bulunmuştur. Prolin kuraklık gibi abiyotik stres faktörlerine karşı hücre içi osmoprotektan olarak önemli rol oynar. Asma bitkisinde çalışmalarda abiyotik stres faktörlerinde çeşitlere ve stresin süresine göre değişim gözlemlense de genel olarak artış eğilimi göstermektedir.

Hücre zarının yapısında bulunan doymamış yağ asitlerinin oksijenle yükseltgenmesi sonucunda hücre zarındaki fosfolipidler parçalanmaktadır. Lipid peroksidasyonu olarak bilinen bu olay sonucunda hücre zar bütünlüğü zayıflar. Lipid peroksidasyonu hücre zarındaki fosfolipidlerin parçalanması sonucu oluşan Malondialdehit miktarının ölçülmesi ile hesaplanmaktadır. Bu nedenle Malondialdehid miktarının yüksek miktarda tespit edilmesi hücre zarındaki tahribatın da yüksek olduğu anlamına gelmektedir (Dhindsa ve Mathowe, 1981). Kuraklık gibi abiyotik stres olaylarında bu nedenle MDA değişimi önemli bir göstergedir (Moller ve ark., 2007). Asmada kuraklık stresi ile MDA içeriğinde artış pek çok çalışmada bulunmuştur (Gunes ve ark., 2006; Catola ve ark., 2016; Yuan ve ark., 2017; Topcu Altıncı ve Cangi, 2019) Bu çalışmada, en yüksek MDA seviyesi kuraklık stresine hassas olan Çavuş ve Kabarcık çeşitlerinde tespit edilmiştir.

Trakya İlkeren çeşidi haricinde bütün çeşitlerin MDA seviyesinde, 3 günlük stres uygulamasında artış eğilimi görülmüştür. Çeşitlerin 3 günlük kuraklık uygulamasından sonraki MDA değerleri ile MGI değerlerinin uyumlu olduğu görülmüştür. Yani strese bağlı olarak zayıflayan zar bütünlüğü MGI değerinde azalmaya, MDA değerinde ise artışa neden olmuştur. Diğer taraftan bu iki değişken arasından aynı negatif ilişki 7 günlük stres uygulamasında tespit edilememiştir. Bu durum hücre zarı bütünlüğünü korumak için çeşitlerin farklı mekanizmalar geliştirmiş olabileceğini akla getirmektedir. Bu sonuç, kuraklığa toleranslı çeşitlerin belirlenmesine yönelik çalışmalarda MDA'nın bir kriter olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Nitekim Wang ve ark., (2019), elma anaçlarının kuraklığa tolerans durumları üzerine yaptığı çalışmada, hassas olan türlerde kuraklıktan kaynaklanan MDA artışının daha yüksek olduğunu ifade etmiştir. Li ve ark., (2008) kuraklığa dayanıklı armut çeşitlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarda, hafif strese MDA içeriğinin belirgin olarak düştüğünü orta ve şiddetli kuraklık şartlarında ise belirgin şekilde arttığını belirlemişlerdir.

Strese maruz kalan bitkilerde ROS birikiminin artışı bu radikallerin de bitkide protein, zar lipidleri, nükleik asitler ve klorofil gibi hücresel yapılara zarar verdiği bilinmektedir (Venkateswarlu ve Shanker, 2011; Kuşvuran ve ark., 2012). Bitkiler sahip oldukları enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemleri ile bu zararın üstesinden gelmeye çalışmaktadır (Yaşar., 2003). Bu çalışmada antioksidan enzimlerden APx ve CAT aktivitesi incelenmiştir. Tekirdağ Çekirdeksizi kuraklık uygulaması öncesinde en düşük APx aktivitesine sahipken 3 günlük kuraklık uygulamasında, incelenen çeşitler arasında en yüksek APx aktivitesine sahip çeşit olmuştur. 7 günlük stres uygulamasında yüksek APx aktivitesine sahip olan Rumi ve Horoz Karası gibi çeşitlerin başlangıç aşamasında da yüksek APx aktivitesine sahip oldukları belirlenmiştir. Bu sonuç, Reddy ve ark., (2004)'nın daha yüksek seviyelerde antioksidanları muhafaza etme veya stres karşısında antioksidan enzimleri yeniden düzenleme kapasitesinin, kuraklık dahil olmak üzere çeşitli çevresel streslere uyum sağlamada genotipik yetenek ile yakından ilgili olduğu görüşü ile uyumludur. Diğer taraftan farklı asma çeşitleri ile yapılan çalışmalarda stresin süresine ve ölçümün yapıldığı bitki organına göre farklı sonuçlar bildirilmiştir. Grimplet ve ark., (2009) kısa süreli kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde yaptıkları

çalışmalarda, meyve kabuğunda APX birikiminin arttığı gözlemlenmişlerdir. Król ve Weidner, (2017) ise uzun süreli kuraklık stresine cevap olarak asma yapraklarında APx birikiminde bir azalma olduğu kaydedilmiştir. CAT aktivitesindeki değişim çeşide ve kuraklık stresinin seviyesine bağlı olarak farklılıklar göstermiştir. Örneğin Bilecik İrikarası'nda 3 günlük kuraklık uygulamasında azalış, 7 günlük kuraklığın ardından ise önemli bir artış gözlenmiştir. Çavuş ve Horoz Karasında 3 günlük kuraklıkta önemli bir artış olurken, 7 günlük kuraklıkta başlangıç değerine kıyasla önemli bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir. Kabarcık çeşidinde ise kuraklık uygulaması öncesinde yapılan ölçümlerde daha yüksek CAT aktivitesi belirlenmiştir. CAT aktivitesinin strese bağlı değişimi konusunda daha önce yapılan çalışmalarda da farklı sonuçlar bildirilmiştir. Babalık ve ark., (2016) Kober 5 BB Amerikan asma anacı ile yaptıkları çalışmada kuraklığın CAT aktivitesini artırdığını bildirmişlerdir. Beis ve Patakas., (2012) ise farklı asma çeşitleri ile yaptığı çalışmalar sonucunda, kuraklık stresinin CAT aktivitesinde dikkat çekici bir değişime neden olmadığını bildirmiştir. Farklı armut anaçlarının kuraklığa dayanımını belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada CAT aktivitesinin yüksek olduğu anaçların stresten daha az zarar gördüğü iddia edilmiştir (Gür, 2018). Bu sonuçlar bitkilerin kuraklık gibi strese tolerans yeteneklerinin tek bir enzim aktivitesi ile açıklanamayacağını ortaya koymaktadır. Bazı çeşitlerde CAT aktivitesi daha belirleyici iken diğerlerinde diğer antioksidan enzimlerin aktivitesi veya enzimatik olmayan antioksidanların miktarı belirleyici olabilir.

Bu çalışmada, kuraklık stresi *Rupestris du Lot* amerikan asma anacına aşılı ve aşısız her iki çeşitte de PIP2-1 akuaporin gen ifadesini azaltmıştır. PIP2-1 akuaporin gen ifadesindeki bu azalma *Vitis* türlerinin yanı sıra, *Olea europaea* L., *Fragaria × ananassa* gibi farklı türlerde de kaydedilmiştir (Galmes ve ark., 2007; Secchi ve ark., 2007; Merlaen ve ark., 2019). Gen ifadesindeki bu azalma akuaporin proteininin daha az sentezlenmesine neden olmaktadır. Hücre plazma membranında bulunan ve suyun pasif akışını düzenleyen bu proteinlerin azalması, hücrelerde transpirasyon ile suyun kaybolmasını önleyerek hücre turgorunun korunmasına yardımcı olmaktadır. Bu araştırmadaki bulguların aksine, Pou ve ark., (2013) Chardonnay üzüm çeşidinde, Zorrouk ve ark., (2015) ise Touriga Nacional çeşidinde kuraklık stresinin yapraklarda

PIP2-1 akuaporin gen ifadesini arttırdığını bildirmişlerdir. Zorrouk ve ark., (2015) kuraklık stresinin etkisiyle yapraklardaki PIP2-1 gen ifadesindeki artış sayesinde daha kolay su alabilen bekçi hücrelerinin stomaları kapattığını bildirmişlerdir. Buna karşın Galmes ve ark., (2007) 110R amerikan asma anacının orta şiddet seviyesinde yapraklarındaki PIP2-1 gen ifadesinin arttığını, şiddetli kuraklık seviyesinde ise azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca orta şiddette kuraklığa maruz kalan 110R asma anacı yapraklarında stres süresinin artmasıyla PIP2-1 gen ifadesinde azalma olduğu da bildirilmiştir. Bu bulgulara ek olarak kuraklığa farklı tepkiler veren iki çilek çeşidinde kuraklık stresinin erken aşamasında PIP2-1 gen ifadesinin arttığı, stres süresinin uzaması ile birlikte iki çeşitte de PIP2-1 gen ifadesinin azaldığı bildirilmiştir (Merlaen ve ark., 2019). Kuraklık stresinin başlaması ile birlikte PIP2-1 gen ifadesi artarak stomaların kapanmasına yardımcı olurken, stres süresi ve şiddetine bağlı olarak meydana gelen gen ifadesindeki değişim sayesinde hücre turgoru düzenlemektedir.

Araştırmada, PIP2-2 gen ifadesi kuraklık stresi ile birlikte kendi kökleri üzerindeki her iki çeşitte de azalma eğilimi gösterse de Kabarcık çeşidinde bu azalma önemli bulunmuştur. Buna karşın Rupestris du Lot amerikan asma anacına aşılı Horoz Karası çeşidinde bu azalma önemli iken aynı anaç üzerindeki Kabarcık çeşidinde ise önemsiz bulunmuştur. Bu değişiklikler anacın kurak koşullarda asmada PIP2-1 akuaporin gen ifadesi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, PIP2-2 ve PIP2-1 akuaporin proteininin hücre içi turgor basıncını korumada görevli olmakla birlikte PIP2-1 akuaporinin hücre membranının geçirgenliğinde daha aktif rol aldığı düşünülmektedir. Benzer şekilde kuraklığa toleransı farklı çeşitler olan Figaro (toleranslı) ve Flair (hassas) çilek çeşitlerinde kuraklık stresi ile birlikte PIP2-2 gen ifadesinde azalma eğiliminin olduğu; Figaro çeşidinde eğilimin önemsiz Flair çeşidinde ise önemli olduğu bildirilmiştir (Merlaen ve ark., 2019). Ayrıca Galmes ve ark., (2007) kurağa toleransı yüksek 110 R amerikan asma anacının kuraklık stresine tepki olarak yapraklarındaki PIP2-2 gen ifadesinde azalma gözlemlendiğini, Pou ve ark., (2013) ise Chardonnay üzüm çeşidinde artış olduğunu tespit etmişlerdir.

TIP1-1 kurak koşullarda asmada hücrenin ozmotik dengesinin korunmasında rol oynamaktadır. Bu araştırmada, Rupestris du Lot amerikan asma anacına aşılı ve aşısız Horoz Karası ve Kabarcık çeşitlerinde kuraklık stresi ile birlikte yapraklarda TIP1-1 gen ifadesinde artma meydana gelmiştir. Asmada kuraklık ve tuz stresi gibi abiyotik stres koşullarında TIP1-1 gen ifadesi bu stres koşullarına gösterilen önemli bir tepkidir (Pou ve ark., 2013; Zorrouk ve ark., 2015). Bu araştırmada, TIP grubu içinde bulunan bir diğerk TIP2-1 akuaporin izoformunun değişimi de incelenmiştir. Horoz Karası ve Kabarcık çeşitlerinde kuraklık stresine karşı bu genin ifadesinde önemli bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalma Rupestris du Lot Amerikan asma anacına aşılı Kabarcık üzüm çeşidinde önemsiz bulunmuştur. Farklı *Vitis vinifera* çeşitlerinde yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Pou ve ark., 2013; Zorrouk ve ark., 2015). Kofulun etrafını saran tonoplast zarı boyunca yoğun olarak bulunan TIP grubu akuaporinler, koful ile sitoplazma arasındaki su akışının düzenlenmesinin yanı sıra hücredeki osmoregölasyonu sağlamak için üre, hidrojen peroksit ve gliserol gibi eriyiklerin geçirgenliğinde de önemli rol oynadığı bilinmektedir (Li ve ark., 2014). Bu çalışmada gen ifadesi belirlenen TIP1-1 ve TIP2-1 akuaporinleri değerlendirildiğinde, TIP1-1 akuaporin proteininin hücre içindeki ozmotik dengenin sağlanmasında önemli rol oynadığı; TIP2-1'in ise koful içindeki su alışverişini düzenlediği düşünölmektedir.

6. SONUÇ

Dünya’da bağ alanları Türkiye’nin de içinde yer aldığı Akdeniz havzasında yoğunlaşmıştır. Yazları kurak ve sıcak geçen Akdeniz iklim kuşağında bitkiler uzun süreli sıcaklık ve kuraklık stresine maruz kalmaktadır. Ülkemizde yeterli su kaynaklarının bulunmaması asma yetiştiriciliğinin susuz koşullarda yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu durum üründe verim ve kalitenin azalmasının yanı sıra ilerleyen aşamalarda omca kayıplarıyla da sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle ıslahçılar bağcılığın geleceğini ve sürdürülebilirliğini devam ettirebilmek için kurağa dayanıklı yeni çeşit ve anaçların geliştirilmesini amaçlamaktadır. Diğer stres faktörleri ile karşılaştırıldığında kuraklık stresinin etkisiyle bitkide çok fazla gen bölgesi aktif olmakta ve sentezlenen bu proteinler birbiri ile daha fazla etkileşime girmektedirler. Bu durum kuraklık stres mekanizmasının açıklanmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle asmada kuraklık stres mekanizmasının anlaşılması kurağa toleranslı genotiplerin seçiminde büyük önem taşımaktadır.

Asmanın kuraklık stresine karşı etkin olarak kullandığı mekanizmaların başında hidrolik iletkenlik gelmektedir. Stomaların kapanması, kavitasyon ve emboli zararlarından korunmak ve köklerin su alımının artırılması gibi pek çok mekanizma da hidrolik iletkenliğin kontrolüne bağlıdır. Hidrolik iletkenliğin kontrolünde en fazla görevi akuaporin denilen su kanal geçiş proteinleri yapmaktadır. Güçlü bitki yapısına sahip olan asmanın akuaporin proteinini etkin bir şekilde kullandığı bilinmektedir. Bu çalışmada PIP2;1 ve TIP1;1 akuaporinlerin asmada kuraklık stresine tepki olarak aktif rol oynadıkları belirlenmiştir. Asmada tespit edilen 28 akuaporin proteinin sekizi PIP grubu on tanesi ise TIP grubu içerisinde yer almaktadır. Bitkilerde önemli bir stres göstergesi olan PIP ve TIP gurubu akuaporinlerin işlevlerinin aydınlatılması önem taşımaktadır. Bununla birlikte anaç kalem arasındaki etkileşimi ortaya koyan çalışmalar sınırlıdır. Kuraklık stresine karşı kalem olarak kullanılan genotipin akuaporin gen ifadesi üzerine anaçlara göre daha baskın olduğu düşünülmektedir.

Kuraklık stresinin bitki tarafından hissedilmesi ve kuraklığa tepkinin yönlendirilmesi konusunda ki moleküler çalışmalar da sınırlıdır. Araştırmada, kuraklığa toleransı yüksek Horoz Karası ile kuraklığa karşı hassas olan Kabarcık çeşitlerinin yapraklarındaki akuaporin protein değişiminin benzer eğilim gösterdiği tespit edilmiştir. Kabarcık

eşidinin toparlanma aşamasında Horoz Karası ile benzer performans göstermesi akuaporin proteinlerini Horoz Karası çeşidi kadar etkin kullanabildiğini göstermektedir.

Önceki çalışmalarda da vurgulandığı gibi bu çalışmada da kuraklık stresine karşı farklı asma genotip ve çeşitlerinin farklı mekanizmalar geliştirdiği tespit edilmiştir. Bu bulgularda hareketle araştırmada kullanılan çeşitler arasında kuraklık stresine toleranslı olduğu tespit edilen Horoz Karası (Syn:Antep Karası=Kilis Karası) üzüm çeşidinin ıslah çalışmalarında kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Kuraklığa karşı tolerans mekanizmasında rol oynayan akuaporin proteinlerini etkin kullanan asma çeşit veya genotipleri ile bunların anaç kombinasyonlarının ıslah çalışmalarında kullanımının hidrolik iletkenlik mekanizmasının anlaşılmasında faydalı olacağı düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Anonim, 2012. Türkiye Asma Genetik Kaynakları Katoloğu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
- Anonim, 2017. FAOSTAT İnternet Tarım İstatistikleri. www.fao.org (Erişim Tarihi : 08.11.2017)
- Abdi, S., Abbaspur, N., Avestan, S., and Barker, A. V. 2016. Sana Physiological Responses Of Two Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Cultivars To Cycoceltm Treatment During Drought. The Journal Of Horticultural Science And Biotechnology, 91(3), 211-219.
- Akhtar, S. S., Li, G., Andersen, M. N., and Liu, F. 2014. Biochar Enhances Yield And Quality Of Tomato Under Reduced İrrigation. Agricultural Water Management, 138, 37-44.
- Albacete, A., Ghanem, M.E., Martinez-Andujar, C., Acosta, M., Sanchez-Bravo, J., Martinez, V., Lutts, S., Dodd, I.C., & Perez-Alfocea, F. 2008. Hormonal Changes İn Relation To Biomass Partitioning And Shoot Growth İmpairment in Salinized Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) Plants. J Exp Bot 59:4119–4131.
- Altıncı, N. T. 2016. Bazı Önemli Üzüm Çeşitlerinin *In Vitro* Şartlarında Kuraklık ve Sıcaklık Stresine Toleranslarının Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Apel, K., Hirt, H. 2004. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, And Signal Transduction. Annu. Rev. Plant Biol. 55, 373– 399.
- Ashraf, M. P. J. C., & Harris, P. J. C. 2004. Potential Biochemical İndicators Of Salinity Tolerance İn Plants. Plant Science, 166(1), 3-16.
- Auler, P.A., Amaral, M.N., Gds, R., Benitez, L.C., Da, M.L., Souza, G.M., 2017. Molecular Responses To Recurrent Drought İn Two Contrasting Rice Genotypes. Planta, 1, 1–16.
- Babalık, Z., Türk, F. H., & Baydar, N. G. 2016. *In Vitro* Koşullarda Kuraklık Stresi Altındaki Kober 5 Bb Asma Anacında Bazı Fiziksel ve Biyokimyasal Değişimlerin Belirlenmesi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 27.
- Baiges, I., & Scha, A. R. 2001. Eight Cdna Encoding Putative Akuaporins in *Vitis* Hybrid Richter-110 And Their Differential Expression. 52(362), 1949–1951.
- Bakır, M. 2012. Asma Çeşit ve Anaçlarında Kuraklık ve Tuz Stresi Toleransına Yönelik mikrodizin Analizleri ve Stres ile İlgili Transkriptomların Tespiti. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü.
- Bartels, D., & Sunkar, R. 2005. Drought and Salt Tolerance in Plants. Critical Reviews in Plant Sciences, 24(1), 23-58.

- Beis, A., & Patakas, A. 2012. Relative Contribution of Photoprotection and Anti-Oxidative Mechanisms to Differential Drought Adaptation Ability in Grapevines. *Environmental and Experimental Botany*, 78, 173-183.
- Berdeja, M., Nicolas, P., Kappel, C., Dai, Z. W., Hilbert, G., Peccoux, A., ... Delrot, S. 2015. Water Limitation and Rootstock Genotype Interact to Alter Grape Berry Metabolism Through Transcriptome Reprogramming. *Horticulture Research*, 2, 15012. <https://doi.org/10.1038/Hortres.2015.12>
- Bradford, M. M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing The Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- Budak, H. Akpınar, B.A. Ünver, T. Ve Turktas, M. 2013. "Proteome Changes in Wild and Modern Wheat Leaves Upon Drought Stress by Two-Dimensional Electrophoresis And Nanolc-ESI-MS/MS", *Plant Mol Biol*, 83(1-2): 89-103
- Carillo, P., & Gibon, Y. 2011. Protocol: Extraction and Determination of Proline. *Prometheuswiki*.
- Carvalho L C, Coito J L, Colaço S, Sangiogo M, Amâncio S 2014. Heat Stress in Grapevine: The Pros and Cons of Acclimation. *Plant Cell Environ* Doi: 10.1111/Pce.12445.
- Carvalho, L. C., & Amâncio, S. 2019. Cutting The Gordian Knot of Abiotic Stress in Grapevine: From The Test Tube to Climate Change Adaptation. *Physiologia Plantarum*, 165(2), 330-342.
- Carvalho, L. C., Coito, J. L., Gonçalves, E. F., Lopes, C., & Amâncio, S. 2018. Physiological and Agronomical Responses to Environmental Fluctuations of Two Portuguese Grapevine Varieties During Three Field Seasons. *Ciência E Técnica Vitivinícola*, 33(1), 1-14.
- 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.
- Caverzan, A., Passaia, G., Rosa, S.B., Ribeiro, C.W., Lazzarotto, F., Margis-Pinheiro, M., 2012. Plant Responses To Stresses: Role of Ascorbate Peroxidase in the Antioxidant Protection. *Genet. Mol. Biol.* 35 (4), 1011–1019.
- Chaumont, F., Barrieu, F., Wojcik, E., Chrispeels, M. J., & Jung, R. 2001. Aquaporins Constitute A Large and Highly Divergent Protein Family in Maize. *Plant Physiology*, 125(3), 1206-1215.
- Chaves M.M. 1991. Effects of Water Deficits on Carbon Assimilation. *J Exp Bot* 42:1–16.

- Chaves, M.M. and Oliveira, M.M. 2004. Mechanisms Underlying Plant Resilience to Water Deficits: Prospects for Water-Saving Agriculture. *Journal Of Experimental Botany* 55, 2365–2384.
- Choné X., Van Leeuwen C., Dubourdieu D. And Gaudillère J.-P., 2001. Stem Water Potential is A Sensitive Indicator for Grapevine Water Status. *Annals Botany* 87, 477-483.
- Corso, M., Vannozzi, A., Maza, E., Vitulo, N., Meggio, F., Pitacco, A., Lucchin, M. 2015. Comprehensive Transcript Profiling of Two Grapevine Rootstock Genotypes Contrasting in Drought Susceptibility Links the Phenylpropanoid Pathway to Enhanced Tolerance. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv274>
- Costa, H., Gallego, S.M., Tomaro, M.L. 2002. Effect of UV-B Radiation on Antioxidant Defense System In Sunflower Cotyledons. *Plant Sci.* 162, 939–945.
- Cowan, I.R.F., Farquhar, G. 1977. Stomatal Function in Relation to Leaf Metabolism and Environment. *Sym. Soc. Exp. Biol.*, 31: 471-505.
- Cramer, G. R., Ergül, A., Grimplet, J., Tillett, R. L., Tattersall, E. A R., Bohlman, M. C., Cushman, J. C. 2007. Water and Salinity Stress in Grapevines: Early and Late Changes in Transcript and Metabolite Profiles. *Functional and Integrative Genomics*, 7(2), 111–134. <https://doi.org/10.1007/s10142-006-0039-y>
- Dal Santo, S., Tornielli, G. B., Zenoni, S., Fasoli, M., Farina, L., Anesi, A., ... Pezzotti, M. 2013. The Plasticity of The Grapevine Berry Transcriptome. *Genome Biology*, 14(6), R54.
- Daldoul, S., Guillaumie, S., Reustle, G. M., Krczal, G., Ghorbel, A., Delrot, S., ... Höfer, M. U. 2010. Isolation and Expression Analysis of Salt Induced Genes From Contrasting Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Cultivars. *Plant Science*, 179(5), 489-498.
- Davies, W. J., & Zhang, J. 1991. Root Signals and The Regulation of Growth and Development of Plant in Drying Soil. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 42, 55–76
- Dhanda, S. S., & Sethi, G. S. 1998. Inheritance of Excised-Leaf Water Loss and Relative Water Content in Bread Wheat (*Triticum Aestivum*). *Euphytica*, 104(1), 39-47.
- Dhindsa, R.S., Mathowe, W. 1981. Drought Tolerance in Two Mosses: Correlated With Enzymatic Defence Against Lipid Peroxidation. *Journal of Experimental Botany*, 32(1), 79-91.
- Dinis, L. T., Correia, C. M., Ferreira, H. F., Gonçalves, B., Gonçalves, I., Coutinho, J. F., ... Moutinho-Pereira, J. 2014. Physiological and Biochemical Responses of Semillon and Muscat Blanc À Petits Grains Winegrapes Grown Under Mediterranean Climate. *Scientia Horticulturae*, 175, 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.007>

- Dos Santos, T.P., Lopes, C.M., Lucília Rodrigues, M., De Souza, C.R., Ricardo-Da-Silva, J.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Manuela Chaves, M., 2007. Effects of Deficit Irrigation Strategies on Cluster Microclimate for Improving Fruit Composition of Moscatel Field-Grown Grapevines. *Sci. Hortic. (Amsterdam)* 112, 321–330. [Http://Dx.Doi.Org/ 10.1016/J.Scienta.2007.01.006](http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Scienta.2007.01.006).
- Doupis, G., Chartzoulakis, K., Beis, A., & Patakas, A. 2011. Allometric and Biochemical Responses of Grapevines Subjected to Drought and Enhanced Ultraviolet-B Radiation.
- Dry, P.R., Loveys, B.R., During, H. 2000. Partial Drying of the root-Zone of Grape. I. Transient Changes in Shoot Growth and Gas Exchange. *Vitis* 39, 3–7.
- Dubrovina, A. S., Kiselev, K. V., & Khristenko, V. S. 2013. Expression of Calcium-Dependent Protein Kinase (CDPK) Genes Under Abiotic Stress Conditions in Wild-Growing Grapevine *Vitis Amurensis*. *Journal of Plant Physiology*, 170(17), 1491-1500.
- Durmuş, E. ve Yiğit, A. 2003, Türkiye'nin Meyve Üretim Yöreleri Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 13(2), 23-54.
- Ergül, A., Kazan, K., Aras, S., Çevik, V., Çelik, H., Söylemezoğlu, G. 2006. AFLP Analysis of Genetic Variation Within the Two Economically Important Anatolian Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Varietal Groups. *Genome*, 49: 467-475.
- Flexas J, Escalona JM, Medrano H. 1998. Down-Regulation of Photosynthesis By Drought Under Field Conditions in Grapevine Leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 25, 893-900.
- Flexas, J., & Medrano, H. 2001. Genetic Variability of Photosynthesis and Water Use in Balearic Grapevine Cultivars. *Annals of Applied Biology*, 138(3), 353–361. <https://doi.org/10.1111/J.1744-7348.2001.tb00120.x>
- Flexas, J., Bota, J., Escalona, J.M., Medrano, H. 2002. Effect of Drought on Photosynthesis in Field-Grown Grapevines: An Evaluation of Stomatal and Mesophyll Limitations. *Funct. Plant Biol.*, 29, 461-471.
- Flexas, J., Briantais, J. M., Cerovic, Z., Medrano, H., & Moya, I. 2000. Steady-State and Maximum Chlorophyll Fluorescence Responses to Water Stress in Grapevine Leaves: A New Remote Sensing System. *Remote Sensing of Environment*, 73(3), 283-297.
- Fouquet, R., Léon, C., Ollat, N., & Barrieu, F. 2008. Identification of Grapevine Aquaporins and Expression Analysis in Developing Berries. *Plant Cell Reports*, 27(9), 1541-1550.

- Foyer CH, Noctor G. 2005. Redox Homeostasis and Antioxidant Signaling: A Metabolic Interface Between Stress Perception and Physiological Responses. *Plant Cell* 17:1866–1875.
- Galmés, J., Pou, A., Alsina, M. M., Tomàs, M., Medrano, H., & Flexas, J. 2007. Aquaporin Expression in Response to Different Water Stress Intensities and Recovery in Richter110 (*Vitis* Sp.): Relationship With Ecophysiological Status. *Planta*, 226(3), 671–681. <https://doi.org/10.1007/S00425-007-0515-1>
- Gambetta, G. A., Manuck, C. M., Drucker, S. T., Shaghasi, T., Fort, K., Matthews, M. A., ... & Mcelrone, A. J. 2012. The Relationship Between Root Hydraulics and Scion Vigour Across *Vitis* Rootstocks: What Role Do Root Aquaporins Play?. *Journal Of Experimental Botany*, 63(18), 6445-6455.
- Genard, H., Saos, J. L. E., Hillard, J., Tremolieres, A. and Boucaud, J. 1991. Effect of Salinity on Lipid Composition, Glycine Betaine Content and Photosynthetic Activity in Chloroplasts of Suaeda Maritima. *Plant Physiol. Biochem.*, 29: 421–427.
- Ghaderi, N., Talaie, A. R., Ebadi, A., & Lessani, H. 2011. The Physiological Response of Three Iranian Grape Cultivars to Progressive Drought Stress.
- Grimplet, J., Deluc, L. G., Tillett, R. L., Wheatley, M. D., Schlauch, K., Cramer, G. R.,... 2007. Tissue-Specific mRNA Expression Profiling in Grape Berry Tissues. *BMC Genomics* 8:187. Doi: 10.1186/1471-2164-8-187.
- Grimplet, J., Wheatley, M. D., Jouira, H. B., Deluc, L. G., Cramer, G. R., & Cushman, J. C. 2009. Proteomic and Selected Metabolite Analysis of Grape Berry Tissues Under Well-Watered And Water-Deficit Stress Conditions. *Proteomics*, 9(9), 2503-2528.
- Gunes, A., Soylemezoglu, G., Inal, A., Bagci, E. G., Coban, S., & Sahin, O. 2006. Antioxidant and Stomatal Responses of Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) to Boron Toxicity. *Scientia Horticulturae*, 110(3), 279-284.
- Gür, İ. 2018. Su Stresi Uygulamalarının Bazı Armut Anaçlarında Morfolojik ve Biyokimyasal Değişimlere Etkileri. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Hardie, W., Considine, J. 1976. Response of Grapes to Water-Deficit Stress in Particular Stages of Development. *Ame. J..Eno. Vitic.*, 27: 55-61.
- Hardie, WJ, & Martin, SR. 2000. Shoot Growth on De-Fruited Grapevines: A Physiological Indicator for Irrigation Scheduling. *Australian Journal Ofgrape and Wine Research* 6,52–58. Doi:10.1111/J.1755-0238.2000. Tb00162.X.
- Hare, P. D., & Cress, W. A. 1997. Metabolic Implications of Stress-Induced Proline Accumulation in Plants. *Plant Growth Regulation*, 21(2), 79-102.

- Hayes, M.A., Davies, C., Dry, I.B. 2007. Isolation, Functional Characterization and Expression Analysis of Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Hexose Transporters: Differential Roles in Sink and Source Tissues. *J. Exp. Bot.* 58, 1985–1997.
- Heinen, R. B., Ye, Q., & Chaumont, F. 2009. Role Of Aquaporins in Leaf Physiology. *Journal Of Experimental Botany*, 60(11), 2971-2985.
- Herralde, F. De, Alsina, M. M., Biel, C., & Savé, R. 2002. Water Relations and Vulnerability To Embolism in Eight Grapevine Cultivars. *Vitis*, 46(1991), 8348. Retrieved From [Http://Www.Vitis-Vea.De/Admin/Volltext/W1_07_126.Pdf](http://Www.Vitis-Vea.De/Admin/Volltext/W1_07_126.Pdf)
- Hodges, D. M., Delong, J. M., Forney, C. F., & Prange, R. K. 1999. Improving The Thiobarbituric Acid-Reactive-Substances Assay for Estimating Lipid Peroxidation in Plant Tissues Containing Anthocyanin and Other Interfering Compounds. *Planta*, 207(4), 604-611.
- Hsu, S. Y., Hsu, Y. T., & Kao, C. H. 2003. The Effect of Polyethylene Glycol on Proline Accumulation in Rice Leaves. *Biologia Plantarum*, 46(1), 73-78.
- Hura, T., Hura, K., Grzesiak, M., & Rezepka, A. 2007. Effect of Long-Term Drought Stress on Leaf Gas Exchange and Fluorescence Parameters in C3 and C4 Plants. *Acta Physiol. Plant*, 29, 103-113.
- Iacono, F., Buccella, A., & Peterlunger, E. 1998. Water Stress and Rootstock Influence on Leaf Gas Exchange of Grafted and Ungrafted Grapevines. *Scientia Horticulturae*, 75(1–2), 27–39. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00113-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00113-7)
- Irigoyen, J. J., Einerich, D. W., & Sánchez-Díaz, M. 1992. Water Stress Induced Changes in Concentrations of Proline and Total Soluble Sugars in Nodulated Alfalfa (*Medicago Sativa*) Plants. *Physiologia Plantarum*, 84(1), 55-60.
- Ishimaru, M., Smith, D. L., Gross, K. C., & Kobayashi, S. 2007. Expression of Three Expansin Genes During Development and Maturation of Kyoho Grape Berries. *Journal of Plant Physiology* 164, 1675–1682. [Doi:10.1016/ J.Jplph.2006.07.017](https://doi.org/10.1016/j.jplph.2006.07.017).
- Jaillo N O, Aury J-M, Noel B, Policriti A, Clepet C,.... 2007. The Grapevine Genome Sequence Suggests Ancestral Hexaploidization in Major Angiosperm Phyla. *Nature* 449, 463–468.
- Jaleel, C., Gopi, R., Manivannan, P., Panneerselvam, R. 2007. Responses of Antioxidant Defense System of *Catharanthus Roseus* (L.) G. Don. To Paclobutrazol Treatment Under Salinity. *Acta Physiol. Plant*, 29, 205–209.
- Jang, J. Y., Kim, D.G., Kim, Y. O., Kim, J.S., & Kang, H. 2004. An Expression Analysis of A Gene Family Encoding Plasma Membrane Aquaporins In Response to Abiotic Stresses in *Arabidopsis Thaliana*. *Plant Mol Biol.*, 54, 713–25.
- Jiang, F., & Hartung, W. 2008. Long-Distance Signalling of Absciscic Acid (ABA): The Factors Regulating the Intensity of the ABA Signal. *Journal of Experimental Botany*, 59(1), 37-43.

- Jones, N., Ougham, H., & Thomas, H. 1997. Markers and Mapping: We are All Geneticists Now. *New Phytologist* 137, 165 – 177.
- Joshi, R., Wani, S. H., Singh, B., Bohra, A., Dar, Z. A., Lone, A. A., ... & Singla-Pareek, S. L. 2016. Transcription factors and plants response to drought stress: current understanding and future directions. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1029.
- Ju, Y. Lun, Yue, X. Feng, Zhao, X. Fang, Zhao, H., & Fang, Y. Lin. 2018. Physiological, Micro-Morphological and Metabolomic Analysis of Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Leaf of Plants Under Water Stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 130(August), 501–510. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.07.036>
- Kaldenhoff, R., Ribas-Carbo, Miquel., Sans, J. F., Lovisolo, C., Heckwolf, M., & Uehlein, N. 2008. Aquaporins and Plant Water Balance. *Plant, Cell & Environment*, 31(5), 658-666.
- Kamangar, A., & Haddad, R. 2016. Effect of Water Stress and Sodium Silicate on Antioxidative Response in Different Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18, 1859–1870.
- Kamiloglu, O., Sivritepe, N., Onder, S., & Daghan, H. 2014. Effects of Water Stress on Plant Growth and Physiological Characteristics of Some Grape Varieties. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(9), 2155-2163.
- Karami, L., Ghaderi, N., & Javadi, T. 2017. Morphological and Physiological Responses of Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) To Drought Stress and Dust Pollution. *Folia Horticulturae*, 29(2), 231–240. <https://doi.org/10.1515/Fhort-2017-0021>
- Kartashov, A.V., Radyukina, N.L., Ivanov, Yu. V., Pashkovskii, P.P., Shevya- Kova, N.I. And Kuznetsov, V.V. 2008. Role of Antioxidant Systems in Wild Plant Adaptation to Salt Stress. *Russian Journal of Plant Physiology* 55, 463–468
- Keller, M., Deyermond, L. S., & Bondada, B. R. 2015. Plant Hydraulic Conductance Adapts to Shoot Number But Limits Shoot Vigour in Grapevines. *Functional Plant Biology*, 42(4), 366-375.
- Kim Y.S., Hahn E.J., Murthy H.N., Paek K.Y. 2004. Adventitious Root Growth and Ginsenoside Accumulation in *Panax Ginseng* Cultures as Affected by Methyl Jasmonate. *Biotechnol. Lett.* 26(21), 1619- 1622.
- Kolarovic, L., Valentovic, P., Luxová, M. And Gašparíková, O. 2009. Changes in Antioxidants and Cell Damage in Heterotrophic Maize Seedlings Differing in Drought Sensitivity After Exposure to Short-Term Osmotic Stress. *Plant Growth Regulation* 59, 21–26.
- Koundouras, S., Marinos, V., Gkoulioti, A., Kotseridis, Y., Leeuwen, C.V. 2006. Influence of Vineyard Location and Vine Water Status on Fruitmaturation of Non-Irrigated Cv Agiorgitiko (*Vitis Vinifera* L.). Effects on Wine Phenolic and Aroma Components. *J. Agric. Food Chem.*, 54: 5077-5086.

- Koundouras, S., Tsialtas, I. T., Zioziou, E., & Nikolaou, N. 2008. Rootstock Effects on the Adaptive Strategies of Grapevine (*Vitis Vinifera* L. Cv. Cabernet–Sauvignon) Under Contrasting Water Status: Leaf Physiological and Structural Responses. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 128(1–2), 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.05.006>
- Król, A., Amarowicz, R., & Weidner, S. 2014. Changes in the Composition of Phenolic Compounds and Antioxidant Properties of Grapevine Roots and Leaves (*Vitis Vinifera* L.) Under Continuous of Long-Term Drought Stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(6), 1491–1499. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1526-8>
- Król, A., & Weidner, S. 2017. Changes in The Proteome of Grapevine Leaves (*Vitis Vinifera* L.) During Long-Term Drought Stress. *Journal of Plant Physiology*, 211, 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.11.016>.
- Kulak, M. 2016. Su stresi ve salisilik asit ön uygulamalarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)'in fizyolojik parametreleri ve protein içeriğine etkileri. (Doktora Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kusvuran, S. 2012. Influence of Drought Stress on Growth, İon Accumulation and Antioxidative Enzymes in Okra Genotypes, *International Journal of Agriculture & Biology*, 14(3), 401- 406.
- Lanari, V., Silvestroni, O., Palliotti, A., & Sabbatini, P. 2018. Plant and Leaf Responses to Cycles of Water Stress and Re-Watering of ‘Sangiovese’ grapevine. *Folia Horticulturae*, 30(1), 27-38.
- Lascano, H.R., Antonicelli, G.E., Luna, C.M., Melchiorre, M.N., Gómez, L.D., Racca, R.W., Trippi, V.S. And Casano, L.M. 2001. Antioxidant System Response of Different Wheat Cultivars Under Drought: Field and in Vitro Studies. *Australian Journal of Plant Physiology* 28, 1095–1102.
- Leitão, L., Prista, C., Moura, T. F., Loureiro-Dias, M. C., & Soveral, G. 2012. Grapevine Aquaporins: Gating of A Tonoplast İntrinsic Protein (TIP2; 1) By Cytosolic Ph. *Plos One*, 7(3).
- Lichtenthaler, H. K., & Wellburn, A. R. 1983. Determinations of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf Extracts İn Different Solvents.
- Li Zhang, 2017. Grapevine Root Growth Under Water Stress and İts Relationship to Root Water Uptake. *Vegetal Biology*. Université De Bordeaux,. English. Ffnnt : 2017BORD0893ff. Fftel-02488828f.
- Li, G., Santoni, V., & Maurel, C. 2014. Plant Aquaporins: Roles in Plant Physiology. *Biochimica Et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1840(5), 1574-1582.
- Li, Y. C., Fan, W. G., & Chen, S. L. 2008. Soil Drought Stress on Membrane lipid Per-Oxidation and Antioxidant Enzymes in Pear Rootstock. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 25(4), 437-441.

- Lian H.L., Yu X., Ye Q., Ding X.S., Kitagawa Y., Kwak S.S., Suw.A. & Tang Z.C. 2004 The Role of Aquaporin RWC3 in Drought Avoidance in Rice. *Plant and Cell Physiology* 45, 481–489.
- Liu G-T, Wang J-F, Cramer G, Dai Z-W, Duan W, Xu H-G, Wu B-H, Fan P-G, Wang L-J, Li S-H. 2012. Transcriptomic Analysis of Grape (*Vitis Vinifera* L.) Leaves During and After Recovery From Heat Stress. *BMC Plant Biol* 12: 174.
- Liu, J., Li, J., Su, X., & Xia, Z. 2014. Grafting Improves Drought Tolerance by Regulating Antioxidant Enzyme Activities and Stress-Responsive Gene Expression in Tobacco. *Environmental and Experimental Botany*, 107, 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.06.012>.
- Liu, W.T., W. Wenkert, L.H. Allen, And E.R. Lemon. 1978. Soil–Plant Water Relations In A New York Vineyard: Resistance To Water Movement. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:226–230.
- Lovisolo, C., & Schubert, A. 2006. Mercury Hinders Recovery of Shoot Hydraulic Conductivity During Grapevine Rehydration: Evidence From A Whole-Plant Approach. *New Phytologist*, 172(3), 469–478. <https://doi.org/10.1111/j.14698137.2006.01852.x>.
- Lovisolo, C., Perrone, I., Carra, A., Ferrandino, A., Flexas, J., Medrano, H., & Schubert, A. 2010. Drought-Induced Changes in Development and Function of Grapevine (*Vitis Spp.*) Organs and in Their Hydraulic and Non-Hydraulic Interactions at the Whole Plant Level: A Physiological and Molecular Update. *Functional Plant Biology*, 37(2), 98–116.
- Lovisolo, C., Tramontini, S., Flexas, J. And Schubert, A. 2008. Mercurial Inhibition of Root Hydraulic Conductance in *Vitis Spp.* Rootstocks Under Water Stress. *Environmental and Experimental Botany* 63, 178–182.
- Macho-Rivero, M. A., Herrera-Rodriguez, M. B., Brejcha, R., Schffner, A. R., Tanaka, N., Fujiwara, T., ... Camacho-Cristbal, J. J. 2018. Boron Toxicity Reduces Water Transport From Root To Shoot in Arabidopsis Plants. Evidence for A Reduced Transpiration Rate and Expression of Major PIP Aquaporin Genes. *Plant And Cell Physiology*, 59(4), 836–844. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcy026>.
- Marguerit, E., Brendel, O., Lebon, E., Van Leeuwen, C., & Ollat, N. 2012. Rootstock Control of Scion Transpiration and Its Acclimation to Water Deficit Are Controlled By Different Genes. *New Phytologist*, 194(2), 416–429.
- Maroco, J. P., Rodrigues, M. L., Lopes, C., & Chaves, M. M. 2002. Limitations to Leaf Photosynthesis in Field-Grown Grapevine Under Drought—Metabolic and Modelling Approaches. *Functional Plant Biology*, 29(4), 451–459.
- Martínez-Zapater, J. M., Carmona, M. J., Díaz-Riquelme, J., Fernandez, L., & Lijavetzky, D. 2010. Grapevine Genetics After the Genome Sequence: Challenges and Limitations. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 33–46.

- Matthews, M., Anderson, M. 1989. Reproductive Development in Grape (*Vitis Vinifera* L.): Responses to Seasonal Water Deficit. *Am. J. Enol Vitic.*, 40: 52-60.
- Matysik, J., B.A. Bhalu, P. 2002. Mohanty, Molecular Mechanism of Quenching of Reactive Oxygen Species by Proline Under Stress in Plants. *Curr. Sci.*, 82: 525–532.
- Medrano, H., Escalona, J. M., Bota, J., Gulías, J., & Flexas, J. 2002. Regulation of Photosynthesis of C3 Plants In Response to Progressive Drought: Stomatal Conductance As A Reference Parameter. *Annals of Botany*, 89(7), 895-905.
- Merlaen, B., De Keyser, E., & Van Labeke, M. C. 2018. Identification and Substrate Prediction of New *Fragaria X Ananassa* Aquaporins and Expression in Different Tissues and During Strawberry Fruit Development. *Horticulture Research*, 5(1), 1-14.
- Merli, M. C., Magnanini, E., Gatti, M., Pirez, F. J., Pueyo, I. B., Intrigliolo, D. S., & Poni, S. 2016. Water Stress Improves Whole-Canopy Water Use Efficiency and Berry Composition of Cv. Sangiovese (*Vitis Vinifera* L.) Grapevines Grafted on The New Drought-Tolerant Rootstock M4. *Agricultural Water Management*, 169, 106-114.
- Miller G, Suzuki N, Ciftci-Yilmaz, S., & Mittler R. 2010. Reactive Oxygen Species Homeostasis and Signaling During Drought and Salinity Stresses. *Plant Cell Environ* 33, 453–467
- Mittler R 2002. Oxidation Stress, Antioxidants and Stress Tolerance. *Trends Plant Sci* 7, 405–410
- Moller I. M., Jensen P.E., & Hansson A. 2007. Oxidative Modifications to Cellular Components In Plants. *Annu. Rev. Plant Biology*. 58, 459-481.
- Nader, K. B., Stoll, M., Rauhut, D., Patz, C. D., Jung, R., Loehnertz, O., ... & Delrot, S. 2019. Impact of Grapevine Age on Water Status And Productivity of *Vitis Vinifera* L. Cv. Riesling. *European Journal of Agronomy*, 104, 1-12.
- Naor, A. 1998. Relations Between Leaf And Stem Water Potentials and Stomatal Conductance in Three Field-Grown Woody Species. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 73:431– 436.
- Nayyar, H., & Walia, D. P. 2003. Water Stress Induced Proline Accumulation in Contrasting Wheat Genotypes As Affected By Calcium and Absciscic Acid. *Biologia Plantarum*, 46(2), 275-279.
- Noctor, G. S., Veljovic-Jovanovic, C. H., & Foyer, C. H. 2000. Peroxide Processing in Photosynthesis: Antioxidant Coupling and Redox Signalling. *Philos Trans R Soc Lond B* 355:1465– 1475.
- Noctor, G., Reichheld, J. P., & Foyer, C. H. 2018. ROS-Related Redox Regulation and Signaling in Plants. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 80, 3–12. <https://doi.org/10.1016/J.Semcdb.2017.07.013>

- Ozden, M., Demirel, U., & Kahraman, A. 2009. Effects of Proline on Antioxidant System In Leaves of Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Exposed to Oxidative Stress by H₂O₂. *Scientia Horticulturae*, 119(2), 163-168.
- Padgett-Johnson, M., Williams, L. E., & Walker, M. A. 2000. The Influence of *Vitis Riparia* Rootstock on Water Relations and Gas Exchange of *Vitis Vinifera* Cv. Carignane Scion Under Non-Irrigated Conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(2), 137-143.
- Palliotti, A., Silvestroni, O., Petoumenou, D., Vignaroli, S., & García-Berrios, J. 2008. Evaluation Of Low-Energy Demand Adaptative Mechanisms In Sangiovese Grapevine During Droughty. *J. Int. Sci. Vigne Vin.*, 42(1): 1-7.
- Patakas, A., Nikolaou, N., Zioziou, E., Radoglou, K., & Noitsakis, B. 2002. The Role of Organic Solute and Ion Accumulation in Osmotic Adjustment in Drought-Stressed Grapevines. *Plant Science*, 163(2), 361–367. [https://doi.org/10.1016/S01689452\(02\)00140-1](https://doi.org/10.1016/S01689452(02)00140-1)
- Patakas, A., & Noitsakis, B. 2001. Leaf Age Effects on Solute Accumulation in WaterStressed Grapevines. *Journal of Plant Physiology*, 158(1), 63-69.
- Pavlousek P. 2011. Evaluation of drought tolerance of new grapevine rootstock hybrids. *J Environ Biol.* 32(5):543-549
- Pellegrino A., Lebon E., Simonneau T., & Wery J. 2005. Towards A Simple Indicator of Water Stress in Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Based on The Differential Sensitivities of Vegetative Growth Components. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 11, 306-315.
- Peng, S., Zhu, Z., Zhao, K., Shi, J., Yang, Y., He, M., & Wang, Y. 2013. A Novel Heat Shock Transcription Factor, Vphsf1, From Chinese Wild *Vitis Pseudoreticulata* is Involved in Biotic and Abiotic Stresses. *Plant Molecular Biology Reporter*, 31(1), 240-247.
- Pereira, J. S., & Chaves, M. M. 1995. Plant Responses to Drought Under Climate Change In Mediterranean-Type Ecosystems. in *Global Change and Mediterranean-Type Ecosystems* (Pp. 140-160). Springer, New York, NY.
- Pillet, J., Egert, A., Pieri, P., Lecourieux, F., Kappel, C., Charon, J., Gomes, E., Keller, F., Delrot, S., Lecourieux, D. 2012. Vvghs1 and Vvhsf2 are Involved in the Heat Stress Responses in Grapevine Berries. *Plant Cell Physiol.* 53 (10), 1776-1792.
- Pongracz, D. P. 1983. Rootstocks For Grape-Vines.
- Poni, S., Lakso, A.N., Turner, J.R., Melious, R.E. 1993. The Effects of Pre-Veraison and Post-Veraison Water-Stress on Growth and Physiology of Potted Pinot-Noir Grapevines at Varying Crop Levels. *Vitis* 32, 207e214.
- Pou, A., Medrano, H., Flexas J., & Tyerman S.D. 2013. A Putative Role For TIP and PIP Aquaporins in Dynamics of Leaf Hydraulic and Stomatal Conductances in

- Grapevine Under Water Stress and Re-Watering. *Plant, Cell & Environment* 36, 828–843.
- Pouget, R. 1987. Usefulness of Rootstocks For Controlling Vine Vigour and Improving Wine Quality. *Acta Horticulturae* 206, 109–118.
- Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., Jutur, P. P., & Sumithra, K. 2004. Differential antioxidative responses to water stress among five mulberry (*Morus alba* L.) cultivars. *Environmental and experimental botany*, 52(1), 33-42.
- Reddy, K. S., Sekhar, K. M., & Reddy, A. R. 2017. Genotypic Variation in Tolerance To Drought Stress is Highly Coordinated With Hydraulic Conductivity–Photosynthesis Interplay and Aquaporin Expression in Field-Grown Mulberry (*Morus* Spp.). *Tree Physiology*, 37(7), 926-937.
- Richards, D. 1983. The Grape Root System. *Hort. Rev.* 5, 127-168.
- Roby G., Harbertson J.F., Adams D.A., & Matthews M.A. 2004. Berry Size and Vine Water Deficits As Factors in Winegrape Composition: Anthocyanins and Tannins. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10, 100-107.
- Rocheta, M., Coito, J. L., Ramos, M. J., Carvalho, L., Becker, J. D., Carbonell-Bejerano, P., & Amâncio, S. 2016. Transcriptomic Comparison Between Two *Vitis Vinifera* L. Varieties (Trincadeira and Touriga Nacional) in Abiotic Stress Conditions. *BMC Plant Biology*, 16(1), 224.
- Rossdeutsch, L., Edwards, E., Cookson, S. J., Barrieu, F., Gambetta, G. A., Delrot, S., & Ollat, N. 2016. ABA-Mediated Responses to Water Deficit Separate Grapevine Genotypes By Their Genetic Background. *BMC Plant Biology*, 16(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S12870-016-0778-4>
- Rouhi. V., Samson, R., Lemeur, R. And Van Damme, P. 2007. Photosynthetic Gas Exchange Characteristics in Three Different Almond Species During Drought Stress and Subsequent Recovery. *Environ. Expt. Bot.*, 59: 117-129.
- Ruggiero, C., Di Lorenzo, R., Angelino, G., Scaglione, G., Gambino, C., & Di Vaio, C. 2012. Root Hydraulic Conductivity in Three Self-Rooted and Grafted Table Grape Cultivars. *OENO One*, 46(3), 177-183.
- Rushton, P.J., Somssich, I.E., Ringler, P., Shen, Q.J. 2010. WRKY Transcription Factors. *Trends Plant Sci.* 15, 247–258.
- Sabir, F., Leandro, M.J., Martins, A.P., Loureiro-Dias, M.C., Moura, T.F., Soveral, G., Prista, C. 2014. Exploring Three Pips and Three Tips of Grapevine For Transport of Water and A Typical Substrates Through Heterologous Expression in Aqy-Null Yeast. *Plos One* 9 (8), E102087.
- Sachs T. 2005. Auxin's Role As An Example of The Mechanisms of Shoot/Root Relations. *Plant Soil* 268, 13–19.

- Sadeghnezhad, E., Sharifi, M., & Zare-Maivan, H. 2016. Profiling of Acidic (Amino And Phenolic Acids) and Phenylpropanoids Production in Response to Methyl Jasmonate- Induced Oxidative Stress in *Scrophularia Striata*, Suspension Cells. *Planta* 244 (1), 1-11.
- Sairam, R. K., & Srivastava, G. C. 2000. Induction of Oxidative Stress and Antioxidant Activity by Hydrogen Peroxide Treatment in Tolerant and Susceptible Wheat Genotypes. *Biologia Plantarum*, 43(3), 381-386.
- Sasidharan, R., Voesenek, L.A.C., & Pierik, R. 2011. Cell Wall Modifying Proteins Mediate Plant Acclimatization to Biotic and Abiotic Stresses. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30, 548–562.
- Schultz, H.R., & Matthews, M.A. 1988. Vegetative Growth Distribution During Water Deficits in *Vitis Vinifera* L. *Aust J Plant Physiol* 15, 641–656.
- Schulze, E. D. 1986. Whole-Plant Responses to Drought. *Functional Plant Biology*, 13(1), 127-141.
- Secchi, F., Lovisolo, C., & Schubert, A. 2007. Expression of Oepip2.1 Aquaporin Gene and Water Relations of *Olea Europaea* Twigs During Drought Stress and Recovery. *Annals of Applied Biology*, 150(2), 163-167.
- Selker, J., & Baer E. 2002. An Engineer's Approach to Irrigation Management in Oregon Pinot Noir. Oregon Advisory Board, OSU Winegrape Res. Prog. Rep. 2001-2002. Oregon State Univ. Agr. Exp. Sta., Corvallis.
- Seo, M., & Koshiba, T. 2002. Complex Regulation of ABA Biosynthesis in Plants. *Trends in Plant Science*, 7(1), 41-48.
- Serra, I., Strever, A., Myburgh, P. A., & Deloire, A. 2014. Review: The Interaction Between Rootstocks and Cultivars (*Vitis Vinifera* L.) To Enhance Drought Tolerance in Grapevine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20(1), 1–14. <https://doi.org/10.1111/Ajgw.12054>.
- Serraj, R., & Sinclair, T.R. 2002. Osmolyte Accumulation, Can It Really Help Increase Crop Yield Under Drought Conditions? *Plant Cell Environ.*, 25; 333-341.
- Shao, H.B., Song, W.Y., Chu, L.Y. 2008. Advances of Calcium Signals Involved in Plant AntiDrought. *Comptes Rendus Biologies* 331(8), 587–596.
- Sharma, S. S., & Dietz, K. J. 2006. The Significance of Amino Acids And Amino AcidDerived Molecules in Plant Responses and Adaptation to Heavy Metal Stress. *Journal of Experimental Botany*, 57(4), 711-726.
- Shiratake, K., & Suzuki, M. 2016. Omics Studies of Citrus, Grape and Rosaceae Fruit Trees. *Breeding Science*, 66(1), 122-138.
- Siu, D., Wang, B., Shi, S., & He, X. 2015. Changes of Protein Expression During Leaves of Shrub Willow Clones in Response to Salt Stress. *Acta Physiol. Plant* 37, 51–66.

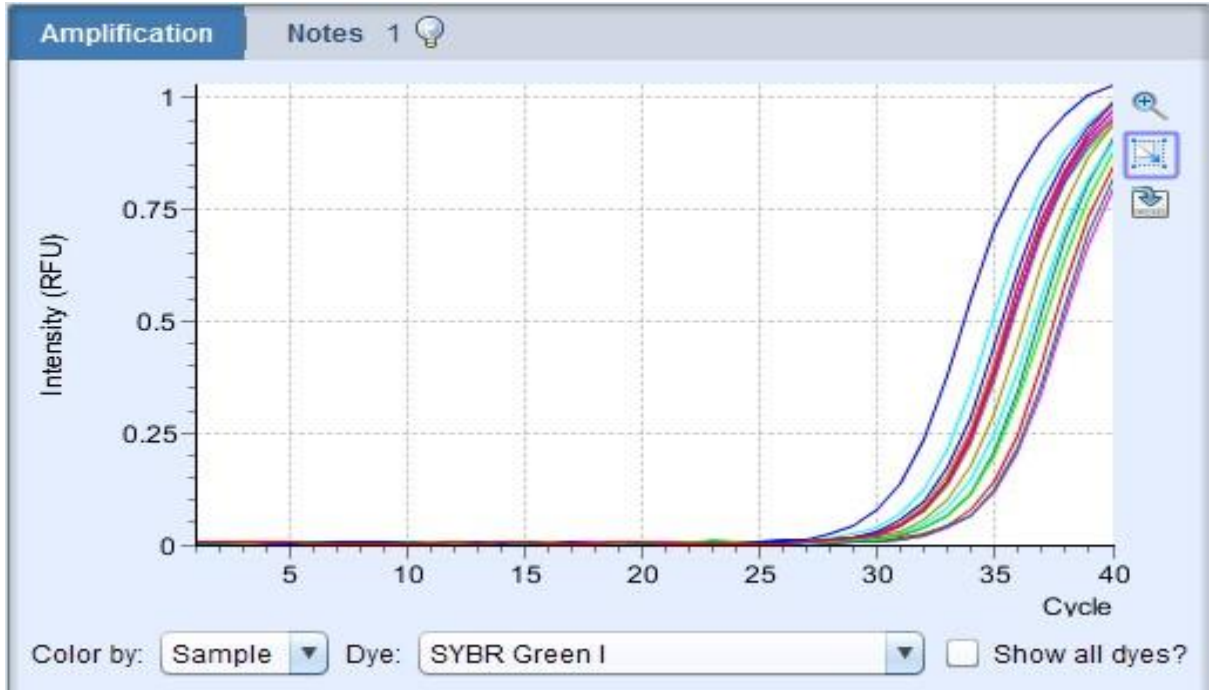
- Smirnoff, N. 1993. The Role of Active Oxygen Species in The Response of Plants To Water Deficit and Desiccation. *New Phytol.* 125: 27-58.
- Soar C.J., Speirs J., Maffei S.M., & Loveys B.R. 2004. Gradients in Stomatal Conductance, Xylem Sap ABA and Bulk Leaf ABA Along Canes of *Vitis Vinifera* Cv. Shiraz: Molecular and Physiological Studies Investigating Their Source. *Funct. Plant Biol.* 31, 659-669.
- Soar, C. J., Dry, P. R., & Loveys, B. R. 2006. Scion Photosynthesis and Leaf Gas Exchange in *Vitis Vinifera* L. Cv. Shiraz: Mediation of Rootstock Effects Via Xylem Sap ABA. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12(2), 82-96.
- Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., Masia, A. 2004. Effects of Different Irradiance Levels on Some Antioxidant Enzymes and on Malondialdehyde Content During Rewatering Olive Tree. *Plant Sci.* 166, 293–302.
- Stoll M., Loveys B., & Dry P. 2000. Hormonal Changes Induced by Partial Rootzone Drying of Irrigated Grapevine. *J. Exp. Botany*, 51, 1627-1634.
- Sucu, S. 2016. Bazı Asma Anaçları ve Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinde Kuraklık Stresine Karşı Gösterilen Fizyolojik ve Transkriptomik Özelliklerin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Šurbanovski, N., & Grant, O. M. 2014. The Emerging Role of Aquaporins in Plant Tolerance of Abiotic Stress. in *Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance* (Pp. 431-447). Academic Press.
- Swindell, W. R., Huebner, M., & Weber, A. P. 2007. Transcriptional Profiling of Arabidopsis Heat Shock Proteins and Transcription Factors Reveals Extensive Overlap Between Heat and Non-Heat Stress Response Pathways. *BMC Genomics*, 8, 125.
- Szabados, L., & Savoure, A. 2010. Proline: A Multifunctional Amino Acid. *Trends in Plant Science*, 15(2), 89-97.
- Tandonnet, J.P., Cookson, S.J., Vivin, P. And Ollat, N. 2010. Scion Genotype Controls Biomass Allocation and Root Development in Grafted Grapevine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16, 290–300.
- Thomas, P., Lee, M.M., & Schiefelbein, J. 2003. Molecular Identification of Proline-Rich Protein Genes Induced During Root Formation in Grape (*Vitis Vinifera* L.) Stem Cuttings. *Plant, Cell & Environment* 26, 1497–1504. Doi:10.1046/J.13653040.2003.01071.X.
- Tomás, M., Medrano, H., Escalona, J.M., Martorell, S., Pou, A., Ribas-Carbó, M., Flexas, J. 2014. Variability of Water Use Efficiency in Grapevines. *Environ. Exp. Bot.* 103, 148–157.

- Topçu, N., & Altıncı, R. C. 2019. Drought Tolerance of Some Wine Grape Cultivars Under *in Vitro* Conditions. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (2), 145-152
- Toumi, I., Gargouri, M., Nouairi, I., Moschou, P. N., Salem-Fnayou, A. Ben, Mliki, A., ... Ghorbel, A. 2008. Water Stress Induced Changes in the Leaf Lipid Composition of Four Grapevine Genotypes With Different Drought Tolerance. *Biologia Plantarum*, 52(1), 161–164. <https://doi.org/10.1007/S10535-008-0035-2>
- Toumi, Imene, M'Sehli, W., Bourgou, S., Jallouli, N., Bensalem-Fnayou, A., Ghorbel, A., & Mliki, A. 2007. Response of Ungrafted and Grafted Grapevine Cultivars and Rootstocks (*Vitis Spp.*) To Water Stress. *Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin*, 41(2), 85–93. <https://doi.org/10.20870/Oeno-One.2007.41.2.853>
- Tramontini, S., Vitali, M., Centioni, L., Schubert, A., & Lovisolo, C. 2013. Rootstock Control of Scion Response to Water Stress in Grapevine. *Environmental and Experimental Botany*, 93, 20-26.
- Troggio, M., Vezzulli, S., Pindo, M., Malacarne, G., Fontana, P., Moreira, F. M., ... & Velasco, R. 2008. ASEV Honorary Research Lecture 2007: Beyond The Genome, Opportunities For A Modern Viticulture: A Research Overview. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59(2), 117-127.
- Tsegay, D., Amsalem, D., Almeida, M., & Crandles, M. 2014. Responses of Grapevine Rootstocks to Drought Stress. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 6(1), 1-6.
- Turgay, G. 2015. *Asma' Da (Vitis Vinifera L.) Aquaporin Genlerinin Biyoinformatik Analizi ve Farklı Dokularda İfade Profillerinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- Tyerman S.D., Niemietz C.M., & Bramley H. 2002. Plant Aquaporins: Multifunctional Water and Solute Channels With Expanding Roles. *Plant, Cell & Environment* 25, 173–194.
- Upadhyaya, H., Khan, M. H., & Panda, S. K. 2007. Hydrogen Peroxide Induces Oxidative Stress in Detached Leaves of *Oryza Sativa* L. *Gen Appl Plant Physiol*, 33(1-2), 83-95.
- Ülker, B., & Somssich, I. E. 2004. WRKY Transcription Factors: From DNA Binding Towards Biological Function. *Current Opinion in Plant Biology*, 7(5), 491-498.
- Van Zyl, J. L. 1984. Interrelationships Among Soil Water Regime, Irrigation and Water Stress in The Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) (Doctoral Dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- Vandeleur, R. K., Mayo, G., Sheldon, M. C., Gilliam, M., Kaiser, B. N., & Tyerman, S. D. 2009. The Role of Plasma Membrane Intrinsic Protein Aquaporins in Water Transport Through Roots: Diurnal and Drought Stress Responses Reveal Different

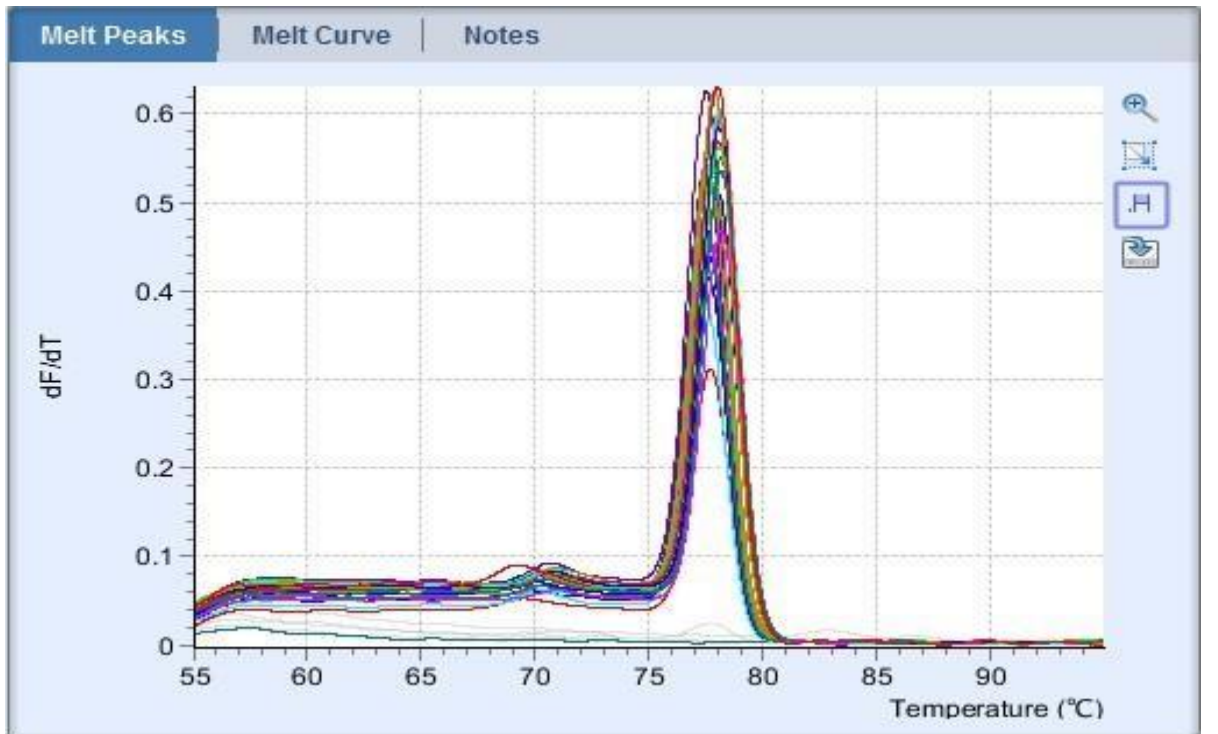
- Strategies Between Isohydric and Anisohydric Cultivars of Grapevine. *Plant Physiology*, 149(1), 445–460. <https://doi.org/10.1104/pp.108.128645>.
- Venkateswarlu, B., & Shanker, A. 2011. Abiotic Stress Response in Plants—Physiological, Biochemical and Genetic Perspectives. Vincent, D., Ergül, A., Bohlman, M. C., Tattersall, E. A., Tillett, R. L., Wheatley, M. D., ... & Schooley, D. A. (2007). Proteomic Analysis Reveals Differences Between *Vitis Vinifera* L. cv. Chardonnay and cv. Cabernet Sauvignon and Their Responses To Water Deficit and Salinity. *Journal of Experimental Botany*, 58(7), 1873-1892.
- Wang, M., Vannozzi, A., Wang, G., Liang, Y.-H., Tornielli, G. B., Zenoni, S., ... Cheng, Z.-M. 2014. Genome and Transcriptome Analysis of The Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) WRKY Gene Family. *Horticulture Research*, 1 (February), 16. <https://doi.org/10.1038/Hortres.2014.16>
- Wang, S., Liang, D., Li, C., Hao, Y., Ma, F., Shu, H. 2012. Influence of Drought Stress on The Cellular Ultrastructure and Antioxidant System in Leaves of Drought-Tolerant and Drought-Sensitive Apple Rootstocks. *Plant Physiology and Biochemistry*, 51, 8189.
- Wang, Y. T., Chen, Z. Y., Jiang, Y., Duan, B. B., & Xi, Z. M. 2019. Involvement of ABA and Antioxidant System in Brassinosteroid-Induced Water Stress Tolerance of Grapevine (*Vitis Vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 256, 108596.
- Wang, Y., Chang, H., Hu, S., Lu, X., Yuan, C., Zhang, C., Wang, P., Xiao, W., Xiao, L., Xue, G.-P. 2014. Plastid Casein Kinase 2 Knockout Reduces Absciscic Acid (ABA) Sensitivity, Thermotolerance, and Expression Of ABA-and Heat-Stress-Responsive Nuclear Genes. *J. Exp. Bot.* Eru190.
- Wei, Y., Shi, H., Xia, Z., Tie, W., Ding, Z., Yan, Y., ... & Li, K. 2016. Genome-Wide Identification and Expression Analysis of The WRKY Gene Family in Cassava. *Frontiers In Plant Science*, 7, 25.
- Weig J., Pou A., Alsinam, M., Tomasm., Medrano H. & Flexas J. 2007. Aquaporin Expression in Response to Different Water Stress Intensities and Recovery in Richter110 (*Vitis Sp.*): Relationship With Ecophysiological Status. *Planta* 226, 671–681.
- Whiting, J. R. 2004. “Grapevine Rootstocks,” in *Viticulture Volume 1: Resources*, Eds P. R. Dry And B. G. Coombe (Adelaide, SA: Winetitles Media), 167–188.
- Wilkinson, S., & Davies, W. J. 2010. Drought, Ozone, ABA and Ethylene: New Insights From Cell to Plant to Community. *Plant, Cell & Environment*, 33(4), 510-525.
- Yağmur, Y. 2008. Farklı asma (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin kuraklık stresine karşı bazı fizyolojik ve biyokimyasal tolerans parametrelerinin araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yang Hu, Han, Y. T., Zhang, K., Zhao, F. L., Li, Y. J., Zheng, Y., ... & Wen, Y. Q. 2016. Identification and Expression Analysis of Heat Shock Transcription Factors in the

- Wild Chinese Grapevine (*Vitis Pseudoreticulata*). Plant Physiology and Biochemistry, 99, 1-10.
- Yaşar F. 2003. Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin *İn Vitro* ve *İn Vivo* Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri, 139s, Van
- Yıldırım, K., Yağcı, A., Sucu, S., & Tunç, S. 2018. Responses of Grapevine Rootstocks to Drought Through Altered Root System Architecture and Root Transcriptomic Regulations. Plant Physiology and Biochemistry, 127(March), 256–268. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.03.034>
- Yildiz-Aktas, L., Dagnon, S., Gurel, A., Gesheva, E., & Edreva, A. 2009. Drought Tolerance in Cotton: Involvement of Non-Enzymatic ROS-Scavenging Compounds. Journal of Agronomy And Crop Science, 195, 247-253.
- Yuan, C., Luo, Q., Yan, T., Meng, F. 2017. Physiological and Proteomic Analyses of the Drought Stress Response in *Amygdalus Mira* (Koehne) Yü Et Lu Roots. BMC Plant Biol. 17 (1), 53.
- Zarrouk, O., Garcia-Tejero, I., Pinto, C., Genebra, T., Sabir, F., Prista, C., ... & Chave, M. M. 2016. Aquaporins Isoforms in cv. Touriga Nacional Grapevine Under Water Stress and Recovery—Regulation of Expression in Leaves and Roots. Agricultural Water Management, 164, 167-175.
- Zha, Q., Xi, X., He, Y., Jiang, A., & Fang, X. 2019. Water Limitation Mitigates High-Temperature Stress Injuries in Grapevine Cultivars Through Changes in Photosystem II Efficiency and Antioxidant Enzyme Pathways. Acta Physiologiae Plantarum, 41(6), 1–11. <https://doi.org/10.1007/S11738-019-2875-0>.
- Zhang, J., & Kirkham, M. B. 1996. Lipid Peroxidation in Sorghum and Sunflower Seedlings As Affected by Ascorbic Acid, Benzoic Acid, and Propyl Gallate. Journal Of Plant Physiology, 149(5), 489-493.
- Zhang, L., Cheng, J., Sun, X., Zhao, T., Li, M., Wang, Q., ... & Xin, H.. 2018. Overexpression of Vavrky14 Increases Drought Tolerance in Arabidopsis by Modulating The Expression of Stress-Related Genes. Plant Cell Reports, 37(8), 1159-1172.
- Zhang, L., Marguerit, E., Rossdeutsch, L., Ollat, N., & Gambetta, G. A. 2016. The Influence of Grapevine Rootstocks on Scion Growth and Drought Resistance. Theoretical and Experimental Plant Physiology, 28(2), 143-157.
- Zharkikh, A., Troggio, M., Pruss, D., Cestaro, A., Eldridge, G., Pindo, M., ... & Viola, R. 2008. Sequencing and Assembly of Highly Heterozygous Genome of *Vitis Vinifera* L. cv Pinot Noir: Problems and Solutions. Journal of Biotechnology, 136(1-2), 38-43.

8. EKLER



Şekil 7.1. Aktin primerine ait örneklerin amplifikasyon eğrileri



Şekil 7.2. Aktin primerine ait erime eğrisi grafiği

9. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler Adı Soyadı : Mehmet KOÇ

Ünvanı : Arş. Gör.

E-mail : mehmetkoc@kilis.edu.tr

Doğum Yeri ve Tarihi : İzmir/28.11.1984

YDS Dil Puanı : 78,750 (Yökdil)

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Ziraat Mühendisliği	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	2008
Y. Lisans	FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ/BAHÇE BİTKİLERİ (YL) (TEZLİ)	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	2012

Yüksek Lisans Tez Başlığı ve Tez Danışmanı:

Tez adı: Farklı köklenme ortam sıcaklığı ve nem değerinin karadut odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisi (2012) Tez Danışmanı:(KENAN YILDIZ)

Görevler

ARAŞTIRMA GÖREVLİSİ KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ/MESLEK YÜKSEKOKULU/BİTKİSEL VE HAYVANSAL ÜRETİM BÖLÜMÜ) 2010-Devam Ediyor

Projelerde Yaptığı Görevler:

1. Kilis 7 Aralık Üniversitesi Peyzaj Alt Yapısının Güçlendirilmesi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, 01/07/2014 - 21/12/2017 (ULUSAL)

2. Biberlerde Tütün Yanıklık Virüsüne Karşı Genetik Dayanıklılık Kaynaklarının Belirlenmesi Ve Dayanıklı Hibrit Geliştirme, TAGEM (Yükseköğretim Kurumları hariç), Araştırmacı, , 26/07/2013 - 26/07/2016 (ULUSAL)
3. Organik Tarıma Uygun Zeytin Çeşitlerinin Biyoteknolojik Yöntemlerle Geliştirilmesi ve Yaygınlaştırılması, Kalkınma Bakanlığı, Araştırmacı, 01/07/2015 - 01/07/2016 (ULUSAL)
4. Biber ve zeytinyagında tarladan sofraya verim ve kalitenin artırılması Kalkınma Bakanlığı, Araştırmacı, 20/07/2019- Devam Ediyor (ULUSAL)

Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler

1. International Society for Horticultural Science, Üye
2. EUCARPIA Üye

Eserler

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. **KOÇ MEHMET**,KAMILOĞLU ÖNDER,CANGİ RÜSTEM,YILDIZ KENAN (2019). Physiological and biochemical responses to drought stress in some autochthonous grapevines of Turkey. Acta Horticultura (Yayın No: 5590623)
2. **KOÇ MEHMET**,KULAK MUHİTTİN,KARAMAN MUHAMMET, ÇETİNKAYA HAKAN (2019). IDENTIFICATION OF A SMALL HEAT SHOCK PROTEIN GENE FROM PISTACHIO. Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies, 23(1), 57-59. (Yayın No: 5353987)
3. ÖZÜPEKÇE SALMAN, KULAK MUHİTTİN, ÇELİK MEHMET ALİ,ÇETİNKAYA HAKAN, **KOÇ MEHMET**, GÖCERİ ALİ (2018). AN INVESTIGATION ON EFFECTS OF DRY AND WET CLIMATE CONDITIONS ON PISTACHIO (PISTACIA VERA) YIELD IN MIDDLE EUPHRATES BASIN SOUTHEAST OF TURKEY. SCİENTİFİC PAPERS. SERIES B. HORTICULTURE, 62, 159-164. (Yayın No: 4782754)
4. ARPACI BEKİR BÜLENT, FIRAT CİHAN, **KOÇ MEHMET**, YARALI ARAKAN FAİKA (2018). WHICH IS CRUCIAL FOR HETEROSIS? TRAITS, GENETIC ORCHARACTERISTIC DIVERSITY: PUNGENCY PARADIGM. Scientific Papers. Series B. Horticulture, 72, 491-494. (Yayın No: 4468538)
5. BUZKAN NİHAL, ARPACI BEKİR BÜLENT,YARALI KARAKAN FAİKA,**KOÇ MEHMET** (2018). Occurence of beet western yellows virus on squash and broad bean in Turkey. Journal of Plant Pathology, 100(2), 305-307., Doi: 10.1007/s42161-018-0043-9 (Yayın No: 4539766)
6. **KOÇ MEHMET**, GÖKÇEN İBRAHİM SAMET,ODABAŞIOĞLU MEHMET İLHAN,YILDIZ KENAN (2017). THE EFFECTS OF DROUGHT ON THE LEVEL OF ISOFORMS OF AQUAPORIN IN CV. 'HORUZ KARASI'

- GRAPEVINE. Scientific Papers. Series B. Horticulture, 61(2017), 225-232. (Yayın No: 3659844)
7. ÇETİNKAYA HAKAN, **KOÇ MEHMET**, KULAK MUHİTTİN (2016). Monitoring of mineral and polyphenol content in olive leaves under drought conditions Application chemometric techniques. Industrial Crops and Products, 88, 78-84., Doi: 10.1016/j.indcrop.2016.01.005 (Yayın No: 3024018)
 8. **KOÇ MEHMET**, YILDIZ KENAN, YILDIRIM SAADETTİN (2016). THE EFFECT OF ROOTING MEDIUM TEMPERATURE AND MOISTURE ON ROOTING OF BLACK MULBERRY HARDWOOD CUTTING. Scientific Papers. Series B, Horticulture, 2016(LX), 79-82. (Yayın No: 3831469)
 9. ARPACI BEKİR BÜLENT, BUZKAN NİHAL, Ak Ayhan, Karataş Kerim, YARALI FAİKA, **KOÇ MEHMET** (2016). THE EFFECT OF POTATO VIRUS Y PATHOTYPES ON YIELD AND PHOTOSYNTHETIC CAPACITY OF CHILLI PEPPER. e-Journal of New World Sciences Academy, 11(3), 11-18., Doi: 10.12739/NWSA.2016.11.3.5A0078 (Yayın No: 3023911).

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler :

1. **KOÇ MEHMET**, KULAK MUHİTTİN, KARAMAN MUHAMMET, ÇETİNKAYA HAKAN (2019). KADMIYUM STRESİNE KARŞI ANTEPFISTIĞI TÜRLERİNİN FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL TEPKİSİ. 1. Uluslararası GAPGıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi, 118-126. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5576001)
2. BALCI MELİSA, ÇELEBİ MİNE, HAYMALI HÜLYA, ARPACI BEKİR BÜLENT, ÇETİNKAYA HAKAN, YILDIZ KENAN, **KOÇ MEHMET** (2019). MİKROSATELLİT YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ ERİME ANALİZİ İLE KİLİS YAĞLIK ZEYTİN GENOTİPLERİNİN MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU. 1. Uluslararası GAPGıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi, 33 (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:5576099)
3. ÖZKAYA RUKİYE, ÇETİNKAYA HAKAN, GÖKÇEN İBRAHİM SAMET, **KOÇ MEHMET** (2019). THE ROLE AND USE OF OLIVE OIL AND OLIVE LEAVES AS A FUNCTIONAL FOOD. The Fifth International Mediterranean Symposium on Medicinal and Aromatic Plants (MESMAP 5), 290-292. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5354950)
4. **KOÇ MEHMET**, ÇETİNKAYA HAKAN, YILDIZ KENAN (2018). A Research on Recent Developments and Determination of the Potential of Olive Oil in Kilis.. 1. International Conference on "Agriculture, Forestry Life Sciences" (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4655146)
5. ARPACI BEKİR BÜLENT, FIRAT CİHAN, **KOÇ MEHMET**, YARALI KARAKAN FAİKA (2018). WHICH IS CRUCIAL FOR HETEROSIS? TRAITS, GENETIC OR CHARACTERISTIC DIVERSITY: PUNGENCY PARADIGM. International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture" (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4290780)
6. **KOÇ MEHMET**, GÖKÇEN İBRAHİM SAMET, KULAK MUHİTTİN, ÇETİNKAYA HAKAN, YILDIZ KENAN, OKATAN VOLKAN (2018).

- ASSESSING GENETIC DIVERSITY OLIVE GERMPLASMS GROWN IN KILIS BY SIMPLE-SEQUENCE-REPEAT MARKERS. Agriculture for Life, Life for Agriculture (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4290317)
7. ÇELİK MEHMET ALİ,KULAK MUHİTTİN,ÇETİNKAYA HAKAN,**KOÇ MEHMET**,ÖZÜPEKÇE SALMAN (2018). An Investigation on Effects of Dry and Wet Climate Conditions on Pistachio (*Pistacia vera*) Yield in Middle Euphrates Basin Southeast of Turkey. The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, "Agriculture for Life, Life for Agriculture" (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4570874)
 8. **KOÇ MEHMET**, GÖKÇEN İBRAHİM SAMET,KULAK MUHİTTİN, ÇETİNKAYA HAKAN,YILDIZ KENAN,OKATAN VOLKAN (2018). ASSESSING GENETIC DIVERSITY OLIVE GERMPLASMS GROWN IN KILIS BY SIMPLE SEQUENCE-REPEAT MARKERS. The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, "Agriculture for Life, Life for Agriculture", 16 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4897608)
 9. ÇELİK MEHMET ALİ,KULAK MUHİTTİN,ÇETİNKAYA HAKAN,**KOÇ MEHMET**,GÖCERİ ALİ,ÖZÜPEKÇE SALMAN (2018). AN INVESTIGATION ON EFFECTS OF DRY AND WET CLIMATE CONDITIONS ON PISTACHIO (*PISTACIA VERA*) YIELD IN MIDDLE EUPHRATES BASIN SOUTHEAST OF TURKEY.. THE INTERNATIONAL CONFERENCE AGRICULTURE FOR LIFE, LIFE FOR AGRICULTURE., 1(1), 44-44. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5438832)
 10. ÇETİNKAYA HAKAN,**KOÇ MEHMET**,GÖKÇEN İBRAHİM SAMET (2018). Phenolic Compounds Accumulation During Alternation In *Olea europaea* L.. The Fourth Mediterranean Symposium on Medicinal and Aromatic Plants (MESMAP-4) (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4573364)
 11. **KOÇ MEHMET**,KULAK MUHİTTİN,YILDIZ KENAN (2017). Effect Of Drought Stress On Aquaporin Isoforms Expression Level And Lipid Peroxidation Changes In Leaves In Cv. Horoz Karası Grapevine Grafted On Different Rootstocks. Global Conference on Plant Science and Molecular Biology (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3659857)
 12. BUZKAN NİHAL, ARPACI BEKİR BÜLENT,YARALI FAİKA, **KOÇ MEHMET** (2017). New emerging viruses in the genus Polerovirus in vegetable growing areas in Turkey.. 15th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, 297 (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No:3626116)
 13. **KOÇ MEHMET**,GÖKÇEN İBRAHİM SAMET,ODABAŞIOĞLU MEHMET İLHAN,YILDIZ KENAN (2017). THE EFFECTS OF DROUGHT ON THE LEVEL OF ISOFORMS OF AQUAPORIN IN CV. 'HOROZ KARASI' GRAPEVINE. The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest Agriculture for Life, Life for Agriculture (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3659856)
 14. ÇETİNKAYA HAKAN,KULAK MUHİTTİN,**KOÇ MEHMET** (2017). Correlation of Predictor Variables to Squalene Content in Olive Fruits Using

Multivariate Statistical Analysis.. The Third Mediterranean Symposium on Medicinal and Aromatic Plants (MESMAP-3), 162 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3859003)

15. **KOÇ MEHMET**,YILDIZ KENAN,ÇETİNKAYA HAKAN, UĞUR Remzi, ALTUN Özkan,GÜLER ZERBAB (2016). Genetic relationships between wild and cultivated olives in South of Turkey. 8TH INTERNATIONAL OLIVE SYMPOSIUM (Özet Bildiri/)(Yayın No:3094126)
16. ÇETİNKAYA HAKAN,KULAK MUHİTTİN,**KOÇ MEHMET**,Ferudun KOÇER (2016). Correlation of predictor variables to fatty acid content in olive fruits using multiple regression analysis. 8TH INTERNATIONAL OLIVE SYMPOSIUM (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3094226)
17. **KOÇ MEHMET**,YILDIZ KENAN,YILDIRIM SAADETTİN (2016). THE EFFECT OF ROOTING MEDIUM TEMPERATURE AND MOISTURE ON ROOTING OF BLACK MULBERRY HARDWOOD CUTTING. The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest "Agriculture for Life, Life for Agriculture" (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:3039537)
18. ARPACI BEKİR BÜLENT,BUZKAN NİHAL,AK Ayhan,KARATAŞ Kerim,YARALI FAİKA,**KOÇ MEHMET** (2016). THE EFFECT OF POTATO VIRUS Y PATHOTYPES ON YIELD AND PHOTOSYNTHETIC CAPACITY OF CHILLI PEPPER. ICNASE'16 (/)(Yayın No:3038673)

D. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. ARPACI BEKİR BÜLENT,ak ayhan,karataş kerim,**KOÇ MEHMET**,cotty Peter J (2016). Kırmızı biberde aflatoksin oluşturmeyan Aspergillus flavus izolatlarının belirlenmesi. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 73(4), 323-332. (Kontrol No: 3831408)

E. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

1. **KOÇ MEHMET**,GÖKÇEN İBRAHİM SAMET,ODABAŞIOĞLU MEHMET İLHAN (2017). Asma Anaçlarının Kuraklığa Karşı Moleküler Tepkiler. MOLEKÜLER BIYOLOJİ VE BIYOTEKNOLOJİ KONGRESİ (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3659852)
2. GÖKÇEN İBRAHİM SAMET,KARAMAN MUHAMMET,**KOÇ MEHMET** (2017). Kilis Bölgesinde Yetişen Karadut (Morus nigra) Meyvesinin Bazı Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi. Moleküler Biyoloji ve Biyoteknoloji Kongresi (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3659847)
3. Erkan birol, **koç mehmet** (2011). Balassa İndeksi Yardımıyla Türkiye nin Meyve İhracatındaki Rekabet Gücünün Analizi . Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi (Özet Bildiri/)(Yayın No:685434)

Diğer Yayınlar

1. **KOÇ MEHMET,ÇETİNKAYA HAKAN,YILDIZ KENAN** (2018). A RESEARCH ON RECENT DEVELOPMENTS AND DETERMINATION OF THE POTENTIAL OF OLIVE IN KILIS, TURKEY. International Journal of Agriculture, Forestry and Life Science, 2(2), 185-188. (Uluslararası) (Hakemli) (MAKALE Derleme Makale) (Yayın No: 5396868)

Eğitim ve Kurslar

1. Uygulamalı Hücre Kültürü ve Moleküler Biyoloji Araştırmaları Kursu, DNA İzolasyonu ve Diğer Uygulamalar Atlas Biyoteknoloji, Kurs, 16.06.2019 - 22.06.2019 (Ulusal)
2. Bitkilerde Uygulamalı Moleküler Markır, Gen Ekspresyonu ve Yeni Nesil Dizileme Teknolojileri, ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİBİYOTEKNOLOJİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ, Kurs, 27.04.2016 -29.05.2016 (Ulusal)
3. DNA Markırları Gen İfadesinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler ve Dizileme Teknolojileri Eğitimi ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ BİYOTEKNOLOJİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ, Kurs, 19.06.2018 -21.06.2018 (Ulusal)
4. "Kantitatif Real Time PCR Uygulamalı Eğitimi" Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü, Kurs, 23.06.2015 -24.06.2015 (Ulusal)
5. “Genetik Çalışmalarda Biyoinformatik Uygulamalar” Eğitimi Kocaeli TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) 2010 (Ulusal)

Hakemlikler

Nordic Journal of Botany (Science Citation Index Expanded) 2020 International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences (Uluslararası Hakemli) 2019