# KISINTILI SULAMA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN GEMLİK ZEYTİN FİDANLARININ AGRONOMİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE YÜKSEK SICAKLIK TOLERANSLARININ BELİRLENMESİ

**Berna ÖNCÜ**

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# KISINTILI SULAMA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN GEMLİK ZEYTİN FİDANLARININ AGRONOMİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE YÜKSEK SICAKLIK TOLERANSLARININ BELİRLENMESİ

**Berna ÖNCÜ**
0000-0001-7570-0245

Doç. Dr. Asuman CANSEV
(Danışman)

Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU
(İkinci Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021

**Her hakkı saklıdır**

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

## KISINTILI SULAMA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN GEMLİK ZEYTİN FİDANLARININ AGRONOMİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE YÜKSEK SICAKLIK TOLERANSLARININ BELİRLENMESİ

**Berna ÖNCÜ**

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Asuman CANSEV

**İkinci Danışman:** Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU

Çalışmada, kısıntılı sulama uygulamalarının bir yaşlı zeytin fidanlarıüzerindeki agronomik ve fizyolojik etkilerinin belirlenmesi; ayrıca bu uygulamaları takiben zeytin fidanlarının yüksek sıcaklık koşullarına toleransları ile ilgili değişimlerin saptanması amaçlanmıştır. Denemede, $I_{100}$: tam sulama konusu, $I_{66}$: $I_{100}$ konusu için belirlenen su miktarının 2/3'ü düzeyinde sulama, $I_{33}$: $I_{100}$konusu için belirlenen su miktarının 1/3'ü düzeyinde sulama ve $I_0$:susuzkonu olmak üzere 4 sulama seviyesi uygulanmıştır. Belirli periyotlarda bitkilerde gövde çapı, bitki boyu, sürgün uzunluğu, yaprak sayısı, meyve en ve meyve boy ölçümleri, yaprak alanı ölçümlerigerçekleştirilmiştir. Ayrıcasulama seviyelerine göre yapraklarda meydana gelen kıvrılma oranları vedip sürgünü oluşturma durumlarıdeğerlendirilmiştir. Bununla birlikte yaprak oransal su kapsamı (YOSK), turgor kaybı (TK), yaprak su potansiyeli, klorofil miktarı (SPAD) ve stoma sayısı, stoma boyu ve stoma eninde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Denemenin son aşamasında,4 ay süresince gerçekleştirilen kısıntılı sulamaların ardından zeytin fidanlarına kontrollü koşullarda yüksek sıcaklık uygulamalarıyapılmıştır. Yüksek sıcaklıklar, kademeli ve şok sıcaklık uygulamaları olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, agronomik ölçümler ve fizyolojik ölçümlerde sulama seviyelerinin etkisi $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Aynı zamanda, yüksek sıcaklık koşullarında, sulama seviyelerinin etkisinin $p \leq 0.05$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu uygulamalar ile $I_{33}$ seviyesinde sulanan bitkilerin yüksek sıcaklık uygulamalarına karşı daha toleranslı olduğu görülmüştür. Araştırma sonucunda, büyüme ve gelişme parametreleri değerlendirildiğinde "Gemlik" zeytinin sulanmasında $I_{66}$ sulama konusu önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Zeytin fidanı, Kısıntılı sulama, Yüksek sıcaklık, Gemlik zeytin çeşidi

**2021, xi +101 sayfa.**

## ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMİNATİON OF THE AGRONOMIC AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND HİGH TEMPERATURE TOLERANCES OF "GEMLIK" OLIVE SAPLİNGS WHİCH WERE RAİSED UNDER DEFİCİT İRRİGATİON CONDİTİONS

**Berna ÖNCÜ**

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Horticulture Department

**Supervisor:** Assoc. Dr. Asuman CANSEV

**Second Supervisor:** Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU

The aim of the present study was to determine the agronomic and physiological effects of deficit irrigation practices on one year-old olive saplings and to determine the changes related to the tolerance of olive saplings to high temperature conditions following these applications. In the experiment, four irrigation treatments were applied: $I_{100}$: full irrigation, $I_{66}$: irrigation at the level of 2/3 of the water amount determined for the full irrigation treatment, $I_{33}$: 1/3 of the water amount determined for the full irrigation treatment, and $I_0$ (dry-no watering) treatment. Measurements of stem diameter, plant height, shoot length, number of leaves, fruit width and length, leaf area were carried out in certain periods. The rolling rates of the leaves and the formation of bottom shoots were evaluated according to the irrigation levels as well. In addition, leaf water content (YOSK), turgor loss (TK), leaf water potential, chlorophyll amount (SPAD) and stomata number, changes in stomatal width and length were investigated. In the last stage of the experiment, high temperature was applied to the olive saplings under controlled conditions after the deficit irrigation for 4 months. High temperature treatments were carried out by two methods as cascade and shock temperature applications. Data showed that irrigation levels significantly affected agronomic and physiological results at $p \leq 0.05$. At the same time, it was determined that the effect of irrigation levels was significant at $p \leq 0.05$ with regard to high temperature conditions. It was observed that the plants irrigated at $I_{33}$ level were more tolerant to high temperature applications. As a result of the present research, on evaluation of growth and development parameters, $I_{66}$ irrigation is recommended for irrigation of "Gemlik" olive saplings.



**Keywords:** Olive sapling, Deficit irrigation, High Temperature, "Gemlik" olive variety

**2021, xi +101 pages.**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin her alanında desteğini, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen maddi ve manevi her konuda yanımda olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Asuman CANSEV'e teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen ikinci danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU'ya teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmamda değerli bilgilerini benimle paylaşan Sayın hocam Prof. Dr. Cevriye Mert'e teşekkür ederim.

Sera ve labaratuvar koşullarında yardımlarını esirgemeyen, tez çalışmamın her aşamasında bana destek veren sevgili nişanlım Fikri Burak KOPAROĞLU ve değerli arkadaşım Rüveyde Nur YILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca bana maddi ve manevi desteği sunan, yanımda olan sevgili annem Ayşe ÖNCÜ, sevgili ablam Dilek ÖNCÜ KEREM, sevgili eniştem Şeref KEREM ve sevgili yiğenim Hüseyin Ata KEREM'e teşekkür ederim. Yanımda olmasada varlığını ve gücünü her daim hissettiğim canım babam Hüseyin ÖNCÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

**Berna ÖNCÜ**
**29/06/2021**

**İÇİNDEKİLER** **Sayfa**

ÖZET ..... i
ABSTRACT ..... ii
TEŞEKKÜR ..... iii
İÇİNDEKİLER ..... iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... v
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... viii
1.GİRİŞ ..... 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI ..... 5
3. MATERYAL VE YÖNTEM ..... 17
3.1. Materyal ..... 17
3.2. Yöntem ..... 18
3.2.1. Kısıntılı Sulama Uygulamaları ..... 18
3.2.2. Agronomik Ölçümler ..... 20
3.2.3. Fizyolojik Ölçümler ..... 21
3.2.4. Yüksek Sıcaklık Uygulamaları ..... 24
3.2.5. Şok Sıcaklık Uygulamaları ..... 24
3.2.6. Ölçüm ve Gözlemler ..... 24
3.2.7. Verilerin Değerlendirilmesi ..... 28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA ..... 29
4.1. Agronomik ölçümler ..... 29
4.2. Fizyolojik ölçümler ..... 59
4.3. Yüksek Sıcaklık Uygulamaları ..... 76
5. SONUÇ ..... 88
KAYNAKLAR ..... 93
ÖZGEÇMİŞ ..... 101

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| Kısaltmalar | Açıklama |
|---|---|
| ABA | Absisik Asit |
| APX | Askorbat Peroksidaz |
| Ca | Kalsiyum |
| cm | Santimetre |
| D | Drenaj suyu |
| Etc | Bitki su tüketimi |
| g | Gram |
| $GA_3$ | Giberellik Asit |
| IPCC | Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli |
| K | Potasyum |
| K.A | Kuru ağırlık |
| l | Litre |
| LOX | Lipoksijenaz |
| $m^3$ | Metreküp |
| MDA | Malondialdehit |
| mm | Milimetre |
| ml | Mililitre |
| mM | Milimolar |
| µm | Mikrometre |
| NaCl | Sodyum Klorür |
| PRO | Prolin |
| RubisCO | Ribuloz -1,5- bifosfat karboksilaz/oksijenaz |
| SOD | Süperoksit Dismutaz |
| T.A | Taze ağırlık |
| TK | Turgor kaybı |
| Y.A | Yaş Ağırlık |
| YOSK | Yaprak Oransal Su Kapsamı |
| ΔS | Substrat ya da toprakta tutulan su miktarındaki değişim |
| Wn, Wn+1 | Sulama öncesi saksı ağırlığı |

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa**

Şekil 3.1. Saksılara dikilen zeytin fidanlarının sera ortamında görünümleri ..... 17
Şekil 3.2. Yaprak oransal su kapsamı analizi için uygulama yapılan yaprak örnekleri .. 23
Şekil 3.4. Yaprakların boyuna kıvrılma durumu ..... 27
Şekil 3.5. Sürgünlerde oluşan yaprak kahverengileşme seviyesi ..... 27
Şekil 4.1. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre bitki boyları ..... 29
Şekil 4.2. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre gövde çapları ..... 30
Şekil 4.3. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre sürgün uzunlukları ..... 35
Şekil 4.4. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre yaprak sayısı miktarları ..... 36
Şekil 4.5. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitki boyları ..... 40
Şekil 4.6. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre toprak üstü kısımların taze ağırlıkları ..... 41
Şekil 4.7. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre toprak üstü kısımların kuru ağırlıkları ..... 41
Şekil 4.8. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre kök uzunlukları ..... 44
Şekil 4.9. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre toprak altı kısımların taze ağırlıkları ..... 44
Şekil 4.10. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre toprak altı kısımların kuru ağırlıkları ..... 45
Şekil 4.11. Sulama seviyelerine göre köklerde meydana gelen farklılıklar ..... 48
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir. ..... 48
Şekil 4.12. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre meyvelerde meydana gelen meyve enleri ..... 49
Şekil 4.13. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre meyvelerde meydana gelen meyve boyları ..... 49
Şekil 4.14. Sulama seviyelerine göre meyve boyutunda meydana gelen farklılıklar ..... 52
Şekil 4.15. Gemlik zeytin çeşidinde 1. Ölçüm'de (Temmuz ayı) sulama seviyelerine göre yaprak alanları ..... 52
Şekil 4.16. Gemlik zeytin çeşidinde 2. Ölçüm'de (Ağustos ayı) sulama seviyelerine göre yaprak alanları ..... 53
Şekil 4.17. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitkilerde meydana gelen yaprak ucu kıvrılma seviyeleri ..... 56
Şekil 4.18. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitkilerde meydana gelen dip sürgünü oluşumları ..... 57
Şekil 4.19. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre yaprak oransal su kapsamında meydana gelen değişimler ..... 59

Şekil 4.20. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre turgor kaybında meydana gelen değişimler ..... 60
Şekil 4.21. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyeleri ve ölçüm günlerine göre klorofil miktarları ..... 64
Şekil 4.22. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre ve ölçüm günlerine göre yaprak su potansiyelleri ..... 68
Şekil 4.23. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre stoma sayıları ..... 70
Şekil 4.24. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre stoma boyları ..... 71
Şekil 4.25. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre stoma enleri ..... 71
Şekil 4.26. $I_{100}$ seviyesindeki bitkilerin stoma görünümleri ..... 73
Şekil 4.27. $I_{66}$ seviyesindeki bitkilerin stoma görünümleri ..... 73
Şekil 4.28. $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerin stoma görünümleri ..... 74
Şekil 4.29. Gemlik zeytin çeşidinde kademeli yüksek sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen boyuna kıvrılma seviyeleri ..... 76
Şekil 4.30. Gemlik zeytin çeşidinde kademeli yüksek sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen kahverengileşme seviyeleri ..... 77
Şekil 4.31. Gemlik zeytin çeşidinde şok sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen boyuna kıvrılma seviyeleri ..... 80
Şekil 4.32. Gemlik zeytin çeşidinde şok sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen kahverengileşme seviyeleri ..... 81

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Sayfa**

Çizelge 4.1. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre bitki boyları ve gövde çapları ..... 31
Çizelge 4.2. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre göre sürgün uzunlukları ve yaprak sayısı miktarları ..... 37
Çizelge 4.4. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre kök uzunlukları, toprak altı kısımların taze ağırlıkları ve kuru ağırlıkları ..... 46
Çizelge 4.5. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre meyvelerde meydana gelen meyve enleri ve meyve boyları ..... 50
Çizelge 4.6. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitkilerde meydana gelen yaprak alanı değişimleri ..... 54
Çizelge 4.7. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitkilerde meydana gelen yaprak ucu ukıvrılma seviyeleri ve dip sürgünü oluşumları ..... 58
Çizelge 4.8. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre yaprak oransal su kapsamı ve turgor kaybında meydana gelen değişimler ..... 61
Çizelge 4.9. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyeleri ve ölçüm günlerine göre klorofil miktarları ..... 65
Çizelge 4.10. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre stoma sayıları ..... 72
Çizelge 4.11. Gemlik zeytin çeşidinde kademeli yüksek sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen boyuna kıvrılma seviyeleri ve kahverengileşme miktarları ..... 78
Çizelge 4.12. Gemlik zeytin çeşidinde şok sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen boyuna kıvrılma seviyeleri ve kahverengileşme miktarları ..... 82

# 1.GİRİŞ

Zeytin (Olea europaea L.), Akdeniz bölgesindeki en önemli meyve ağacı türlerinden biridir ve bu bölgenin sembolik ağacı olarak tanımlanmaktır (Loumou ve Giourga 2003). Zeytinin tarihi geçmişini incelediğimizde eski dönemlerden itibaren insan yaşamında çok önemli yere sahip olduğu hatta bazı kültürlerde kutsal bitki olarak tanımlandığı görülmektedir. İnsanoğlu zeytini öncelikli olarak ilaç yapımında kullanmış daha sonra zeytin ürünlerinin ve özellikle zeytinyağının insan sağlığına olumlu etkilerinin fark edilmesiyle zeytine verilen önem gün geçtikçe artmıştır. Akdeniz havzasının 30-45 enlemleri arasında yayılış göstermekte olup 37 ülkede (29'u kuzey, 8'i güney yarım kürede) zeytin yetiştiriciliği yapılmaktadır (Özilbey 2011). Zeytin üretiminde önemli ülkeler ise; İspanya, İtalya, Yunanistan, Türkiye, Fas ve Tunus'tur. Bu ülkeler içinde İspanya ve Tunus önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde zeytin yetiştiriciliği özellikle Ege, Marmara, Akdeniz, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri olmak üzere geniş bir alanda yapılmaktadır (Güler ve ark. 2010). Aydın, İzmir, Manisa ve Muğla gibi üretimin yoğun olduğu illere bakıldığında zeytin yetiştiriciliğinde Ege bölgesinin birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Ayrıca Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Gaziantep ve Mersin'de yetiştiricilikte ön plana çıkan illerimizdir. Zeytin, Akdeniz havzasında yetişen dolayısı ile kış ılıklığı seven bir tür olduğu için diğer illerimizde yayılışını sınırlandıran en büyük etken kış soğuklarıdır.

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde çevrenin kirlenmesi, olumsuz çevre koşulları gibi birçok nedenden dolayı doğal afetler artmıştır. Doğal afetlerin son yıllarda artmasına sebep olan en büyük etken ise küresel ısınmaya bağlı olarak görülen iklim değişiklikleridir. İklim değişikliğinin belirtileri meteorolojik değerlerdeki artışlar olarak bilinmektedir. Doğal afetlerdeki artışları azaltmanın en önemli yolu küresel ısınmayı durdurmak ve atmosfere yayılan sera gazlarının oranını mümkün olduğu kadar azaltmaktır. Sera gazlarının dünyada ısı değişimine neden olduğu bilinmektedir. Dünyada oluşan küresel ısınmanın etkisi farklı coğrafyalarda olumlu ve olumsuz iklim değişiklikleri ortaya çıkarır. Türkiye'nin de içinde bulunduğu Doğu Akdeniz iklim bölgesinde meteorolojik değerlerde artışlar görülmektedir. Son yıllarda ülkemizde kurak periyoda girmiştir. Kuraklık genel olarak topraktaki su miktarının azaldığı ve bitki

gelişiminin yavaşladığı yağmur görülmeyen dönem olarak ifade edilir. Bitkilerde gerçekleşen evapotranspirasyon hızındaki değişmeler ve toprağın su tutma kapasitesi, yağışsız dönemde kuraklık oluşmasına neden olur (Jones 1992, Kozlowski ve Pallardy 1997). Kuraklık, sosyo-ekonomik zarar olarak etkisini gösteren, yavaş bir şekilde gelişen ve bitkiler üzerinde çok etkili olan bir doğal afettir. Meteorolojik olgu olarak başlayan kuraklık tarımsal, hidrolik kuraklık olarak gelişme gösterir ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak devam etmektedir. Kuraklık stresi ortaya çıktığında tarımsal üretimde verim sağlamak çok zor olmakta hatta imkânsız hale gelmektedir. Kuraklık etkisini suya ihtiyacın en fazla olduğu dönemde hissettirir fakat bu zamanda da önlem almak için çok geç kalınmaktadır (Kadıoğlu 2008).

Kurak şartlarda birçok bitkide yaşlanma süreci ve yaşlı yaprakların dökülmesi hızlanırken, kökler toprağın alt katmanlarındaki suya ulaşmak için kök sistemlerini geliştirerek adaptasyon sağlar (Mahajan ve Tuteja 2005). Kurak koşullarda bitkilerde yaprak yüzeyi küçülür, transpirasyon azalır ve böylece bitkinin gerçekleşen strese karşı toleransı artar. Birçok mekanizma geliştirmesine rağmen kuraklık stresi, bitkilerin fizyolojik davranışlarında çeşitli değişiklikler yaratır. Hücre dehidrasyonuna neden olur ve bunun sonucunda ise ozmotik stres meydana gelir. Kuraklık devam ettikçe gen ifadelerinin indüklenmesi, antioksidantların seviyesinin artması ve bunun gibi birçok değişiklik ortaya çıkar (Bartels ve Sunkar 2005). Ayrıca bazı proteinler bozulur veya sentezlenemez. Kuraklık stresi yaşayan bitkilerde, büyüme ve gelişme azalır, fotosentez hızı yavaşlar ve ABA (Absisik asit) seviyesinde artmalar meydana gelir. ABA seviyesinde görülen bu artmalar sonucunda ise stomalar kapanır dolayısı ile kuraklık stresi bitkilerde gaz değişikliğine neden olur. Kuraklık şiddetlendikçe fotosentezin stoma dışı bileşeni inhibe edilir ve fotosistem II'nin ışığa bağlı bir etkisizliği meydana gelir. Bu nedenle fotosentezin kuraklık stresinden etkilenen en hassas süreçlerden biri olduğu iyi bilinmektedir.

Zeytin ağaçları bilindiği gibi Akdeniz iklim bölgesi ile birlikte yarı kurak bölgelerde yetişir. Bununla birlikte, iklim değişiklikleri Akdeniz havzasının küresel ısınma ve kurumaya karşı özellikle savunmasız bir bölge olacağını göstermektedir (Nardini ve ark. 2014).Kuraklığa karşı toleranslı olan bitkiler adaptasyon yetenekleri ile toleranslı

olmayan bitkilere göre farklılık gösterirler (Thomson ve Kelly 1957).Zeytin, birçok yazar tarafından kanıtlandığı gibi kuraklık stresine dikkate değer ölçüde dayanıklıdır. Kurak koşullar altında -uzun süreli kuraklık döneminde bile- yaz aylarında, zeytin ağacı çeşitli savunma mekanizmaları geliştirerek hayatta kalır (Xiloyannis ve ark. 1999, Chartzoulakis ve ark. 1999). Gelişmiş bir ozmotik ayarlama ve yaprak anatomik modifikasyonlarının ortaya çıkmasından (Chartzoulakis ve ark. 1999), stomanın kapanması ve terlemenin etkili bir şekilde düzenlenmesi (kuraklık ve terlemenin etkili bir düzenlemesi) nedeniyle yüksek derecede kuraklık toleransı gösterir (Fernández ve ark. 1997) ve diğer meyve ağacı türleri ile karşılaştırıldığında, toprak üstü organları ve kök sistemi arasında daha yüksek bir su potansiyeli gradyanına sahiptir (Xiloyannis ve ark. 2004). Bunlara rağmen uzun süre kurak koşullara maruz kalan zeytin ağaçlarında, su içeriği ve dokularının su potansiyellerinin düştüğü, yapraklar ve kökler arasında yüksek bir potansiyel gradyan oluştuğu ve ağaç büyümesinin durdurduğu gözlenmiştir.
Ülkemizde zeytin yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlar yarı kurak ve kurak bölgeler olduğu için bu alanlarda yetişen zeytin ağaçlarının tükettiği su miktarı 700 ile 900 mm arasındadır. (Goldhamer ve ark. 1994, Moriana ve ark. 2003). Türkiye'de zeytin yetiştirilen alanlar göz önünde bulundurulduğunda zeytin ağaçlarının kuraklığa adaptasyonu hakkında elde edilen bilgilerin çok önemli olduğunu bize göstermektedir. Aslında, zeytinin kuraklık stresine tepkisinin çeşitlere bağlı bir karakteristik olduğu ve kuraklık toleransı için çeşitler arasında dikkate alınır ölçüde genetik çeşitlilik gözlendiği belirtilmiştir (Bacelar ve ark. 2007). Her bir zeytin çeşidinde kuraklık stresine tepki olarak ortaya çıkan mekanizmaların bilinmesi su kaynakları azaldığında veya sulama suyunun olmadığı koşullarda yetiştirilecek olan çeşidin belirlenebilmesi için oldukça önemlidir.

Zeytin ağaçları üzerinde etkili olan bir diğer stres faktörü sıcaklık derecelerinde meydana gelen anormal değişimlerdir. Yıllık ve aylık sıcaklık ortalamaları, zeytin bitkisinin hem vejetatif hem de generatif gelişmesinde çok önemli rol oynar. Sıcaklık derecelerindeki değişimler fotosentez mekanizması üzerine oldukça etkilidir. Sıcaklık arttıkça fotosentez şiddeti artar ve 30˚C'de fotosentez en yüksek miktarına erişir. Sıcaklık derecesi ilerledikçe fotosentezde rol oynayan birçok enzimin yapısı bozulur ve aktivitesi azalır. Bunun sonucunda fotosentez şiddeti 30˚C'denitibaren azalır ve 40˚Cile

45˚C' de tamamen durur (Efe 2004). Ayrıca yüksek sıcaklıklar kendine uyuşmazlığı ve çiçeklenme oranını etkileyerek zeytin ağacını ve meyve verimini olumsuz etkilemektedir. İlkbahardaki aşırı sıcaklıklar döllenmeyi etkilediğinden meyve tutumu olmamaktadır. Mayıs-Haziran aylarında normalin üzerindeki sıcaklıklar yapraklarda fazla terlemeden dolayı büzülmeye neden olmaktadır. Kış aylarında sıcaklık derecesinin anormal şekilde yükselmesi ağacın uyumasını engelleyip zamanı gelmeden sürgün oluşturmasına neden olur. Çıplak olan ağaç gövdesi ise bu anormal sıcaklık yükselmelerinde aşırı güneşten yanmakta ve kavrulmaktadır. (Aykas 2004). Zeytin ağaçlarının 40˚C'de üzerindeki sıcaklıklara dayanabilmesi için sulama yapılması gerekmekte ve ayrıca sulama miktarına, sulama periyoduna önem verilmesi gerekmektedir (Varol ve ark. 2009).

Literatürde ülkemizde yetiştirilen zeytin çeşitlerinin kuraklığa dayanımları ile ilgili yeterli çalışma bulunmasına rağmen yüksek sıcaklık toleransları hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada Gemlik zeytin çeşidi tercih edilmiştir. Gemlik zeytin çeşidi kolay köklenmesi dolayısı ile çoğaltımının kolay olması, verimin yüksek olması, meyvesinin kaliteli olması ve periyodisitesinin kontrol edilebilir olması sebebiyle ülkemizde pek çok yörede bahçe kurulumunda tercih edilen çeşittir. Bununla birlikte bu çeşidin yaygın olarak yetiştiriciliğinin yapılması ve birçok yerde yeni bahçelerin kurulması ağaçların aynı zamanda çeşitli biyotik ve abiyotik streslere maruz kalma potansiyelini de artırmaktadır. Ülkemizde ilerleyendönemlerde su ile ilgili sıkıntılı durumların oluşması ve tarımı yapılan otsu ve odunsu türlerin bu durumdan olumsuz şekilde etkilenmesi beklenmektedir. Bu nedenle geniş alanda tarımı yapılan türlerin kısıntılı sulama koşullarına karşı göstereceği tepkilerin incelenmesine dair yapılacak çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Diğer yandan, kuraklık stresinin oluştuğu yaz aylarında aynı zamanda ekstrem yüksek sıcaklıklarla beraber oluşacak kombine stresin bitkiye vereceği zarara dair yapılan çalışmalar çok kısıtlı düzeydedir. Belirtilen nedenlerle bu çalışmada, Gemlik zeytin çeşidi fidanlarının kısıntılı sulama koşulları altında agronomik ve fizyolojik tepkileri ile bu sulama koşulları esnasında oluşacak yüksek sıcaklıklara karşı çeşidin tolerans seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde farklı zeytin *(Olea europea L.)* çeşitlerinde kuraklık stresi, çeşitli abiyotik stresler ve yüksek sıcaklık stresi ile ilgili birçok araştırmaya yer verilmiştir.

Sofo ve ark. (2004), kuraklık stresine tepki olarak zeytin ağaçlarının yapraklarında ve köklerindeLOX (lipoksijenaz) aktivitesi ve PRO(Prolin) birikimini incelemişlerdir. PROve MDA (malondialdehit) seviyeleri ve LOX aktivitesi, fotosentetik foton akışı yoğunluğu seviyelerini belirlemek için çevresel koşullarda yetişen iki yaşındaki zeytin fidanları kullanılmıştır. "Coratina" çeşidine ait bu ağaçlar kademeli olarak yirmi gün boyunca kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Denemeye başlamadan önce ve deneme sırasında, yaprak ve kök örnekleri toplanmış ve bu örneklerin PRO ve MDA analizleri yapılmıştır. Bu analizlere göre PRO seviyeleri hem yapraklarda hem de köklerde kuraklık şiddetine paralel olarak artış göstermiştir. Hem yaprak hem de kök dokularında kuraklık stresinin şiddetlenmesiyle LOX aktivitesi ve MDA içeriğinde önemli artışlar gözlenmiştir. Ayrıca deneme sırasında terleme ve fotosentetik hız, stomatal iletkenlik ve karbondioksit konsantrasyonu ölçümleri yapılmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, PRO birikiminin kuraklık toleransında PRO'nun olası bir rolüne işaret ettiğinin ve MDA içeriği, LOX aktivitesindeki artışların ise lipid peroksidasyon mekanizmaları ile ilgili olduğunu göstermektedir.

Kurak koşullarda tarlada yetişen beş zeytin çeşidi ("Arbequina", "Blanqueta", "Cobrançosa", "Manzanilla" ve "Negrinha") üzerine araştırma yapan Bacelar ve ark. (2004), bu zeytin çeşitlerinin sklerofil ve yaprak anatomik özelliklerini incelemişlerdir. Bu incelemeler, yaprak ölçümleri, yaprak dokusu kalınlığı, stoma yoğunluğu, yaprak alanı, yaprak kütlesi, yaprak dokusu yoğunluğu, bağıl su içeriği, su doygunluğu açığı, doygunlukta su içeriği ve kütiküler terleme oranını içermektedir. Çeşitler arasında önemli düzeyde genotipik farklılıklar bulunmuştur. "Negrinha", "Manzanilla" ve "Cobrançosa" diğer çeşitlere göre su kaybına karşı korunmak için daha fazla morfolojik ve yapısal yaprak adaptasyonlarına sahip olurken "Manzanilla" ve "Negrinha", parankima dokuları oluşturarak, üst kütikula ve hem üst hem de alt epidermis gibi koruyucu yapıları artırarak sklerofillerini geliştirmişlerdir. "Cobrançosa", yüksek

yoğunluklu yaprak dokusu, kalın kütikula ve tüy tabakaları yoluyla su kaybına karşı iyi koruma göstermiştir. “Negrinha”, “Manzanilla” ve “Cobrançosa” çeşitleriyle karşılaştırıldığında, “Arbequina” yaprakları daha ince bir tüy tabakasına sahip olmuştur, bu da yaprakların su kaybına karşı daha az korunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, küçük yaprakların gelişiminin bitkide su kaybını azaltabileceği öne sürülmüştür. Çeşitler arasında, “Blanqueta” en büyük yapraklara sahip olmuştur ve özellikle adaksiyal yüzeyden yüksek oranda su kaybına neden olabilecek bazı anatomik özellikler geliştirmiştir.

İtalya, Basilicata bölgesinde yapılan bir denemede Dichio ve ark. (2005), kurak koşullardave yeniden sulama sırasında zeytin ağaçlarının yapraklarında ve köklerinde gerçekleşen ozmotik düzenlemeyi araştırmıştır. Bu çalışma için “Coratina” çeşidine ait iki yaşında kendinden köklü zeytin fidanları kullanılmıştır. Bitkiler dört kuraklık seviyesine tabi tutulmuş ve on üç günlük kuraklıktan sonra kontrol (-0.45 ± 0.015 MPa) , düşük stres (-1.65 ± 0.021 MPa), orta stres (-3.25 ± 0.035 MPa) ve yüksek stres (-5.35 ± 0.027 MPa) düzeyinde yaprak suyu potansiyellerine ulaşmıştır. Stomatal iletkenlik ve net fotosentetik oran, artan kuraklık stresi ile azalmıştır. Zeytin ağaçlarında ozmotik uyum, kuraklık toleransının aktif ve pasif ozmotik regülasyonu ile ilişkilendirilmiş ve su kaybını önlemek için önemli bir mekanizma sağladıkları görülmüştür.

Sofo ve ark. (2007), kuraklık stresi sırasında zeytin ağaçlarında oluşan değişimleri incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, kuraklık stresine maruz kalan zeytin bitkilerinin dokularının su içeriğini ve su potansiyellerini düşürdüğünü, yapraklar ve kökler arasında özellikle yüksek bir potansiyel gradyan oluşturduğunu, bitki büyümesini durdurduğunu fakat fotosentetik aktiviteyi ve terlemeyi durdurmadığını göstermektedir. Fotosentetik aktivitenin devam etmesi, asimilatların sürekli üretilmesine ve çeşitli bitki kısımlarında birikmesine neden olmuştur. Böylece kuraklık stresi uygulanan bitkiler iyi sulanan bitkilerle karşılaştırıldığında daha yüksek bir kök/yaprak oranına sahip olmuştur. Şiddetli kuraklık stresi seviyelerinde, fotosentezin stomatal olmayan bileşeni inhibe edilmiş ve fotosistem II'nin ışığa bağlı bir inaktivasyonu meydana gelmiştir.
Arji ve Arzani (2008), beş zeytin çeşidi (“Mary”, “Zard”, “Roghani”, “Bladi” ve “Mission”) üzerine yaptıkları çalışmada kuraklık stresine karşı biyokimyasal tepkileri

değerlendirmişlerdir. Bir yaşında köklü zeytin fidanları, kumlu tınlı toprak karışımı (%24 silt, %14 kil ve %62 kum) kullanılarak 14 litrelik kaplarda yetiştirilmiştir. Zeytin fidanları, büyüme mevsimi boyunca çeşitli düzeylerde kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Sonuçlar, kuraklık stresi seviyelerinin serbest PRO, çözünür karbonhidratlar, klorofil a, b ve karotenoidlerin miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bitkilerin kurak koşullara maruz kalması, her bir çeşitte ve çözünür karbonhidrat konsantrasyonunda gözle görülür artışlara yol açmıştır. "Mary" ve "Bladi" çeşitleri, diğer çeşitlere göre kuraklık stresi altında daha yüksek miktarda serbest PRO ve çözünür karbonhidratlara sahip olmuştur. Kuraklık stresi koşullarında klorofil a, b ve karotenoid miktarı önemli ölçüde azalmıştır ve bu azalmanın çeşitlerin kuraklık stresi derecelerine dayanımı ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak "Bladi", "Mary", "Roghani", "Zard" ve "Mission" sırasıyla kuraklık stresi altında daha iyi performans göstermiştir. Sonuç olarak, zeytin ağacının kuraklık toleransı için belirli yapısal özelliklere sahip olduğu ve aynı zamanda kuraklık stresi koşullarında direnmeye izin veren aktif mekanizmalara sahip olduğu görülmektedir. Daha yüksek PRO ve çözünür karbonhidrat geliştiren "Mary", "Bladi" ve "Roghani" gibi çeşitlerin, "Zard" ve "Mission" çeşitlerinden daha fazla kuraklık toleransı gösterdiği ifade edilmiştir.

Greven ve ark. (2009), yaptıkları bir çalışmada kuraklığın genç zeytin ağaçlarında su kullanımı, meyve gelişimi ve yağ verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaç ile Marlborough, Yeni Zelanda'da 2000-2001 yıllarının kurak yaz dönemlerinde iki zeytin ağacı altmış dört gün boyunca sulanmamış, bu ağaçlara komşu olan iki ağaç ise sulanmıştır. Ağaçlar, sulamanın yeniden başlamasından hemen önce üç hafta boyunca gün doğumundan gün batımına kadar her gün terleme, yaprak ve gövde suyu potansiyeli açısından ölçülmüştür. Meyve ve sürgün gelişimlerinin haftalık olarak ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sulamanın yeniden başlatılmasından sonraki on gün içinde tüm bu parametreler kuraklık öncesi seviyelere geri dönmüştür. Kuraklık başladıktan bir hafta sonra hem meyve hem de sürgün büyümesi durmuş, yeniden sulamadan sonraki ilk birkaç gün boyunca, aynı ağaçların yaprakları arasında yaprak su potansiyelinde yüksek bir değişkenlik bulunmuştur. Fakat bu değişkenlik altı gün sonra kaybolmuştur. Sürgün büyümesi yeniden sulamadan sonra düzelmemiştir ancak meyve büyüme oranı günler içinde sürekli sulanan ağaçlarla aynı olmuştur. Sonuç olarak, sulanmayan ağaçlardan elde edilen verim sulanan ağaçlara göre elde edilen verimden daha düşük olmuştur. Bu

ağaçlar daha düşük yağ ve yüzdeye sahip olmuştur ayrıca fenolik maddeler bakımından daha düşük içeriğe sahip oldukları belirlenmiştir.

Farklı zeytin genotiplerinin kuraklık koşullarına fizyolojik tepkilerini araştıran Bacelar ve ark. (2009), "Arbequina", "Blanqueta", "Cobrancosa", "Manzanilla" ve "Negrinha" çeşitlerinde gaz değişim oranları, klorofil içeriği, basınç-hacim ilişkileri, fotosentetik pigmentler, toplam çözünür şekerler, nişasta, çözünür proteinler ve PRO konsantrasyonlarınıincelemişlerdir. Çeşitler arasında önemli genotipik farklılıklar bulunmuştur. Günlük gaz değişimleri karşılaştırdığında, "Cobrancosa", "Manzanilla" ve "Negrinha"'nın, "Arbequina" ve "Blanqueta"'dan daha yüksek fotosentez oranına sahip olduğunu görmüşlerdir. "Cobrancosa", "Manzanilla" ve "Negrinha"'nın kuraklık koşullarını daha iyi tolere edebildiği ve daha savurgan su kullanımı gösterdiği buna rağmen "Arbequina" ve "Blanqueta"'nın daha yüksek verimlilikle suyu kullandığı tespit edilmiştir. Fotosentezdeki gün ortası stres derecesi genotipe bağlı olup, maksimum "Arbequina"'da ve minimum "Negrinha"'da görülmüştür. Savurgan su kullanımı gösteren çeşitler, yüksek doku esnekliği ortaya koyarken, "Arbequina" ve "Blanqueta" yüksek doku sertliği ortaya koymuştur. Ayrıca yapraklarda çözünebilir protein birikimi ile ilişkili kuraklık tolerans mekanizmalarının varlığını da belirlemişlerdir. "Arbequina'daki" yüksek seviyelerde çözünür proteinler, stres sonrası iyileşme süreci için iyi bir rezerv oluşturabilmektedir. Tüm çeşitlerde, özellikle "Manzanilla"'da, yapraklarda serbest PRO birikmiştir. Sonuç olarak, "Cobrancosa", "Manzanilla" ve "Negrinha" gibi kuru bölgelere özgü zeytin çeşitleri, "Arbequina" ve "Blanqueta" gibi ılıman iklime sahip bölgelerde üretilen çeşitlerden daha iyi şekilde kurak koşullara adaptasyon sağlama kabiliyetine sahiptir hipotezi çıkarılmıştır.

Boughallep ve Hajlaoui (2010), "Zalmati" ve "Chemlali" zeytin çeşitlerinde kuraklığın neden olduğu fizyolojik ve anatomik değişiklikleri incelemişlerdir. Serada saksıda yetiştirilen iki yaşındaki zeytin fidanları iki ay boyunca sulanmamıştır. İki çeşidin büyüme oranı, yaprak su potansiyeli ve yaprak bağıl su içeriği artan kuraklık stresi ilebirlikte azalmıştır. "Zalmati", özellikle şiddetli kuraklık stresi sırasında "Chemlali"'den daha yüksek büyüme oranı, yaprak bağıl su içeriği değerleri ve daha düşük yaprak su potansiyeli değerleri göstermiştir. Ayrıca kuraklık stresi, fotosentetik

kapasitede ve klorofil içeriğinde belirgin bir düşüşe neden olmuştur. Kuraklık stresi arttıkça net fotosentetik hız, stomatal iletkenlik, terleme hızı, PSII'nin maksimum fotokimyasal verimliliği ve PSII reaksiyon merkezlerin içsel verimliliği azalmıştır. Diğer taraftan, şiddetli kuraklık koşullarında çeşitlerin daha düşük yaprak klorofili ve karotenoidler içerdiği görülmüştür. Bununla birlikte, "Zalmati" çeşidi, "Chemlali" çeşidi ile karşılaştırıldığında kuraklık stresinden daha az etkilenmiştir. "Zalmati" çeşidi daha düşük yaprak alanı ortaya çıkarmıştır ve daha yüksek yaprak dokusu yoğunluğuna sahip olmuştur. Sonuç olarak, "Zalmati" çeşidinin kurak koşullara "Chemlali" çeşidine göre daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.

Guerfel ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada "Chemlali" ve "Chetoui" çeşitlerinin kuraklığa karşı tepkilerini karşılaştırmışlardır. Otuz gün boyunca sulama yapılmamış ve otuz günün ardından her iki çeşitte de yaprak su potansiyellerinin düştüğü ayrıca "Chetoui" çeşidinde bu duruma paralel olarak net fotesentez oranında düşüş olduğu belirtilmiştir. PSII fotokimyasının maksimum verimliliği "Chemlali" de (% 28) ve Chetoui de (% 47) önemli ölçüde azalmıştır. "Chemlali" çeşidinde MDAüretiminin daha düşük seviyelerinden anlaşıldığı üzere, oksidatif strese karşı daha yüksek bir koruma göstermiştir. Katalaz aktivitesi ise "Chetoui" çeşidinde daha yüksek olmuştur. APX (Askorbat peroksidaz) aktivitesi, su stresi altında "Chemlali" de artmıştır, ancak "Chetoui" çeşidi bundan etkilenmemiştir. SOD (Süperoksit dismutaz) aktivitesi her iki çeşitte de su stresi altında inhibe edilirken, "Chemlali"'de daha yüksek aktiviteye sahip olmuştur. Bu nedenle, APX ve SOD aktivitesini artırma yeteneği, "Chemlali" çeşidinde kuraklık toleransı ile ilgili önemli bir özellik olduğu sonucuna varılmıştır.

Ennajeh ve ark. (2010), kuraklığa dayanıklı ve kuraklığa duyarlı iki zeytin çeşidinin yaprak anatomisi üzerine çalışma yapmışlardır. Bunun için kuraklığa dayanıklı "Chemlali" çeşidi ve kuraklığa duyarlı "Meski" çeşidini kullanmışlardır. Kuraklık stresi altında "Chemlali", "Meski" çeşidine göre daha yüksek fotosentez oranı ve daha düşük terleme oranı göstermiştir. Yaprak anatomik özelliklerine bakıldığında çeşitler arasında farklılıklar bulunmuştur. "Chemlali" çeşidinde palizat parankiması ve sünger parankimasının kalınlığı sırasıyla %17 ve %22 artarken bu oran "Meski" çeşidinde %9 ve %13 oranında artmıştır. Ayrıca, kuraklık stresi sırasında "Chemlali" yapraklarındaki

stomatal yoğunluk %25 artmış ve bunun sonucunda da dışarıdan karbondioksit alımının arttığı görülmüştür. Su kaybının kontrolünde yer alan diğer yapısal özellikler "Meski" yapraklarından fazla "Chemlali" yapraklarında gelişmiştir. Daha düşük su mevcudiyeti koşulları altında, yaprak boyutu "Meski"'de %15 azalırken, "Chemlali"'de %24 azalmıştır, tüy yoğunluğu "Meski"'de değişmeden kalırken "Chemlali"'de %25 artmıştır. Üst ve alt epidermis kalınlığı "Meski"'de değişmeden kalırken "Chemlali"'de sırasıyla %32 ve %25 artmıştır. Yaprak morfolojisi ve anatomisindeki bu farklı değişiklikler, iki çeşit arasındaki kuraklık direnci farkını açıklamaktadır. Özellikle palizat parankiması, sünger parankiması, stoma yoğunluğu ve tüy yoğunluğu, bir ağacın kuraklık stresine dayanma yeteneğini yöneten yaprakların temel yapısal özellikleri olarak düşünülebilir. Ayrıca bu özellikler kuraklığa daha dayanıklı zeytin çeşitlerinin seçiminde bir kriter olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Aşık ve ark. (2010), İzmir Bornova Zeytincilik Araştırma Enstitüsü'nde yaptıkları bir çalışmada farklı sulama seviyelerinin "Memecik" zeytin çeşidinde verim ve büyüme üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sulama seviyeleri; %25 sulama, %50 sulama, %75 sulama, %100 sulama, %125 sulama ve susuz konu olarak belirlenmiştir. Uygulanan her sulama seviyesine göre bitkilerde verim ve büyüme oranları farklılık göstermiştir. Sonuç olarak, bitkilerin gelişimi ve verim açısından %50 düzeyinde sulama miktarının iyi sonuç verdiği ve bu düzeyde sulamanın kullanılabileceği önerilmiştir.

Pauyafard ve ark. (2016), "Ayvalık" zeytin çeşidinde kuraklık stresi sırasında meydana gelen bazı fizyolojik ve morfolojik değişimleri incelemişlerdir. Denemede %100, %66 ve %33 düzeyinde sulama ve susuz konu olmak üzere dört sulama seviyesi uygulanmıştır. Fizyolojik özellik olarak klorofil içeriği, stoma iletkenliği, yaprak sıcaklığı ve hava sıcaklığı farkı izlenmiştir. Morfolojik özellik olarak ise gövde çapı, bitki boyu, sürgün çapı ve sürgün uzunluğu incelenmiştir. Uygulanan fizyolojik ve morfolojik parametreler sonucunda sulama düzeyleri arasında (susuz konu hariç) istatiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmamıştır. Sonuç olarak, "Ayvalık" zeytin çeşidinin kuraklık stresine karşı dayanıklı olduğu ve sulamanın yetersiz olduğu alanlarda kullanılabileceği önerilmiştir.

Güler (2018), dört farklı zeytin çeşidinde ("Ayvalık", "Domat", "Manzanilla", "Kilis Yaglık") kuraklık stresi sırasında anatomik, fizyolojik, morfolojik ve gen ifadelerinde meydana gelen değişimleri araştırmıştır. İki yaşlı zeytin fidanları kırk beş gün boyunca sulanmamış ve kırk beş gün sonunda tekrar sulanmıştır. Sulamaya başladıktan sonra kırk beş gün süren kuraklık stresi sonrasında meydan gelen değişimler incelenmiştir. Yaprak su içeriği, tüy yoğunluğu, yaprak su potansiyeli ve stoma sayısına bakıldığında çeşitler arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu parametreler kuraklık stresinin belirlenmesi açısından önemlidir. Ayrıca, DHN1, DHN6, OESDHN genlerinin, zeytin çeşitlerinin kuraklık stresine karşı tolerans kabiliyetinin tespit edilmesi açısından önem taşıdığı belirtilmiştir.

Brito ve ark. (2019), kuraklık stres etkileri ve değişen iklim özelliklerine göre zeytin ağaçlarının uyumunu incelemişlerdir. Zeytin ağaçlarının, çeşitli abiyotik streslere karşı oldukça dayanıklı bir tür olarak kabul edilmesine rağmen zeytin yetiştirme alanları genellikle olumsuz çevre koşullarından, kuraklıktan, yüksek ısıdan etkilendiği ve zarar gördüğünü bildirmişlerdir. Bu olumsuz koşullara karşı verimi ve yağ kalitesini korumak için çeşitli stratejilerin geliştirilmesinin zorunlu olduğunu ifade etmişlerdir. Kuraklık stresi genel olarak, meyve kuru kütlesi ve yağ birikimini olumsuz etkilerken meyve olgunlaşmasını hızlandırmaktadır. Meyve ve zeytinyağı fenolik içeriği genel bir eğilim olarak kuraklık ile paralel olarak artış göstermesine rağmen yağların bazen acı bir tada sahip olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, belirli bir eşikten itibaren, fenolik bileşiklerin sağladığı kalite artışına bakıldığında eksik sulamanın daha iyi bir seçenek olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda, eksik bir sulama stratejisinin, toplam fenol içeriğini ve kaliteyi artırarak kaliteli sızma zeytinyağı üretiminde etkili olduğu bu çalışmada belirtilmiştir.

Kuraklığın ve tuzluluğun zeytin ağaçlarına etkisini araştıran Trablesi ve ark. (2019), zeytin ağaçlarının kuraklık ve tuz stresine karşı çeşitli adaptasyonlar geliştirerek bu streslere karşı koyabileceklerini belirtmişlerdir. Fakat bu adaptasyonların sınırlı olduğunu ve daha sonra ağaçlarda kalıcı hasarlar oluşturabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmanın amacı, şiddetli bir kuraklıktan sonra zeytin yapraklarının performansını sulama ve sulama olmadan karşılaştırmak ve yağmurlu bir dönemden sonra toparlanma

kapasitelerini değerlendirmektir. Sonuçta, kuraklık sırasında sulanan bitkilere kıyasla yağmurla beslenen bitkiler için fotosentez oranının çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Yağmurla beslenen ağaçların fotosentez oranı, tatlı suyla sulanan ağaçların sadece %55'i düzeyinde olmuştur. Tuzlu su ile sulama, fotosentezi %55 düzeyinde artırarak kuraklık etkisini azaltmış, ancak tatlı suya kıyasla fotosentez oranı %23 daha düşük kalmıştır. Bu nedenle zeytin yaprakları, şiddetli su veya tuz stresine maruz kaldıktan sonra fotosentetik kapasitelerinin tamamını geri kazanamadığı bu çalışmada belirtilmiştir.

Faria ve ark. (1998), Portekiz'de yaz aylarında yaptıkları bir çalışmada dört ağaç türünün (Mantar meşesi, Pırnal meşesi, Zeytin ve Mavi okaliptüs) su stresi, yüksek ışık ve sıcaklığa karşı tepki mekanizmalarını incelemişlerdir. Yaz boyunca karbon asimilasyonundaki günlük değişimin çoğunu stomatal kapanma açıklasa da, aşırı güneş radyasyonunun bir sonucu olarak, fotosistem II'nin fotokimyasal veriminde bir düşüş meydana gelmiştir. Sonuç olarak, yavaş büyüyen bir ağaç olan zeytinin en düşük net fotosentetik oranlarına, klorofile göre en yüksek karotenoid oranına ve en yüksek de-epoksidasyon oranlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşılık, hızlı büyüyen bir ağaç olan Mavi okaliptüsta fotosentetik oranlar en yüksek, fotokimya için ışık kullanımının minimum ve maksimum değerleri yaklaşık % 50'ye ulaşmıştır. İki meşe türü ise, bu iki türün arasında kalan değerlerde bir tepki göstermiştir.

Kouboiris ve ark. (2009), bağıl nem ve genotipe bağlı olarak sıcaklığın zeytin ağaçlarında polen performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. "Koroneiki", "Kalamata", "Mastoidis" ve "Amigdalolia" zeytin çeşitleri, bağıl nem ve genotipe göre sıcaklığın zeytin polen çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Denemelerin sonuçlarına göre çeşitler yüksek sıcaklık stresine göre sınıflandırılmıştır ve toleranslı olarak, "Mastoidis" ve "Kalamata" çeşitleri belirlenmiştir. Ayrıca çalışılan tüm çeşitlerin 40°C'de hassas olduğu belirtilmiştir.

Remorini ve ark. (2009), yaptıkları bir çalışmada kök bölgesindeki tuzluluğun ve güneş ışığı radyasyonundaki değişikliklerin "Cipressino" zeytin çeşidi üzerine fizyolojik ve biyokimyasal etkilerini araştırmışlardır. İki yaşındaki bitkilere 0 veya 125 mM NaCl verilmiştir ve bu bitkiler beş haftalık bir süre boyunca %15 (gölge) veya %100 güneş

ışığına maruz bırakılmıştır. Bu süre içinde bitkilerde, gaz değişimi ve bitki büyümesi, katyon ve klorür konsantrasyonları, çözünür karbonhidrat, viyaksantin döngüsü pigmentleri ve polifenollerin konsantrasyonları, protein oksidasyonu ve lipid peroksidasyonu ölçümleri yapılmıştır. Gaz değişim performansında ve bitki büyümesinde tuz kaynaklı azalmalar, güneşte kalan bitkilerde daha fazla olmuştur. Güneşte kalan bitkilerin, kök bölgesi tuzluluğundan bağımsız olarak, çok daha yüksek mannitol ve ksantofil konsantrasyonlarına sahip olduğu görülmüştür. Polifenollere, özellikle flavonoidlere tahsis edilen "yeni asimile karbon" miktarı, tuzluluk stresi ve yüksek güneş ışığına yanıt olarak artmıştır. Dikkat çekici bir şekilde, gölgede kalan bitkilerde protein oksidasyonu, iyi sulanan bitkilerin güneş gören yaprak kısımlarından daha fazla olmuştur. Yapılan bu deneme, bitki tepkilerini belirlemede tuzve sıcaklık stresinin güneş altında büyüyen bitkilerde yaprak oksidatif hasarından sorumlu olduğu öne sürülmüştür.

Garcia-Inza ve ark. (2014), "Arauco" zeytin çeşidinde meyve kuru ağırlığı, yağ konsantrasyonu ve yağ asidi bileşimi üzerine sıcaklığın etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmanın amacı: meyve yağı biriktirme aşamasında sıcaklığın meyve kuru ağırlığı, sıvı yağ konsantrasyonu ve yağ asidi bileşimi üzerindeki etkisini aydınlatmak ve sıcaklığa karşı en büyük hassasiyeti sergileyen ve sıcaklık işlemlerinden sonra en yüksek meyve kapasitesine sahip olan yağ birikimi fazındaki gelişimsel pencereyi belirlemektir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, yağ biriktirme evresindeki yüksek sıcaklıkların, sıcak bölgelerde zeytinyağı verimini ve kalitesini, özellikle de yüksek sıcaklık olayı fazın erken döneminde meydana geldiğinde olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir.

Benlloch-Gonzalez ve ark. (2016), yaptıkları bir çalışmada orta derece yüksek sıcaklığın zeytin ağaçlarında bitkisel büyüme ve potasyum dağılımına etkisini incelemişlerdir. Bunları belirlemek için tohumdan üretilen genç bitkiler altmış dört ve kırk iki gün boyunca orta yükseklikte sıcaklıkta (37°C) büyümeye bırakılmıştır. Denemede hem toprak üstü kısmı hem de kök ortamı sıcaklığı orta derecede yüksek olduğunda bitki kuru madde birikimi azalmıştır. Bununla birlikte, kök ortam sıcaklığı 25°C olduğunda, toprak üstü yüksek sıcaklığının bitki büyümesi üzerindeki inhibe edici etkisi

gözlenmemiştir. Hem toprak üstü kısmın hem de kökün orta derecede yüksek sıcaklığa maruz kalması, gövde ve kökte K (Potasyum) birikimini, su kullanım verimliliğini ve yaprağa göre su içeriğini de azaltmıştır. Sadece toprak üstü kısmı orta derecede yüksek sıcaklığa maruz bırakıldığında, gövdede K birikimi, su kullanım verimliliği ve yaprak nispi su içeriği değişmemiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, zeytin ağaçlarının sadece toprak üstü kısmını çevreleyen atmosferin ısınması su ve K taşınmasını düzenlemede çok etkili olduğunu göstermiştir.

Sofo (2011), iki zeytin çeşidi ("Coratina" ve "Biancolilla") üzerine yaptığı çalışmada şiddetli kuraklık ve yüksek ışık seviyesinin iki yaşındaki zeytin fidanlarına etkisini incelemiştir. Zeytin fidanlarına yirmi bir gün boyunca kuraklık stresi uygulanmıştır ve bu süre içerisinde bazı bitkilere gölgeleme yapılmış bazıları ise direkt ışık stresine maruz bırakılmıştır. Yaklaşık -6.5 MPa'lık yaprak su potansiyeline ulaşan bitkiler yirmi üç gün boyunca tekrar sulanmıştır. Deneme sürecinde bitkilerde fotosentetik performansı incelemek için gaz değişimi ve klorofil ölçümleri yapılmıştır. Kuraklık stresi ve yüksek ışınım seviyeleri gaz değişimi, bağıl elektron taşıma hızı ve fotosentetik verimlilikte düşüşe neden olmuştur ve bu düşüş direkt ışığa maruz kalan bitkilerde daha belirgin olmuştur. "Coratina" çeşidinin yüksek ışık ve kuraklık stresine karşı daha duyarlı olduğu ve yeniden sulama sırasında daha yavaş toparlandığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, gölgeleme işleminin zeytin fidanlarında fotosentetik verimi etkileyen önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir.

Sicilya'da yaygın olarak üretimi yapılan "Biancolilla", "Cerasuola" ve "Nocellara del Belice" zeytin çeşitlerinde kuraklık ve yüksek sıcaklık stresi üzerine bir çalışma yapan Grisafi ve ark. (2013), bu streslere karşı çeşitlerde meydana gelen morfolojik, anatomik ve fizyolojik tepkileri araştırmışlardır. Yapraklarda meydana gelen değişiklikler, kloroplast yapısı, sürgün gelişimi ve oksijen üretimi gibi yapısal özelliklere bakıldığında, "Biancolilla" çeşidinin diğer çeşitlere göre yüksek sıcaklık ve kuraklık stresine karşı daha iyi toleransa sahip olduğu görülmüştür. Diğer yandan, "Nocellara del Belice"'de incelenen morfolojik ve fizyolojik özellikler diğer çeşitlere göre yüksek sıcaklık ve kuraklık stresinden daha çok etkilendiğini göstermiştir.

Haworth ve ark. (2018), sıcaklık ve kuraklık stresinin zeytin ağaçlarına fotosentetik ve stomatal etkisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. “Leccino” zeytin çeşidi üzerine yapılan bu çalışmada, İtalya’da sıcaklıklar 40°C’nin üzerine çıktığında sulama yapılan ve sulama yapılmayan zeytin ağaçlarında fotosentetik gaz değişimi ve klorofil içerikleri incelenmiştir. Ortalamanın üzerinde oluşan sıcaklıklar, bitkilerin fotosentetik ve stomatal fizyolojisi üzerinde belirgin etkilere sahip olmuştur. Sıcaklık stresi, zeytinlerin fotosentetik aktivitesinde düşüşe neden olmuştur. Fotosistem II'ye verilen hasar, kuraklık stresi yaşayan bitkilerde daha belirgin olmuştur. Daha yüksek sıcaklıklar ise stomatal iletkenlikte azalmalara neden olmuştur. Küresel sıcaklıklar arttıkça, sıcaklık stresi veya yüksek sıcaklıklara toleranslı olan zeytin çeşitlerinin belirlenmesinin giderek daha önemli bir hale geldiği yapılan bu çalışmada belirtilmiştir.

Karimi ve ark. (2018), sıcak ve kuru ortamda otuz gün boyunca sulanmayan iki yaşlı zeytin fidanlarının büyüme oranlarını ve yaprak yapısını araştırmışlardır. Zeytin çeşitleri olarak “Fishomi”, “Dezful”, “Amigdalolia” ve “Conservolia” kullanılmıştır. Deneme sonucunda, kuraklık stresinin “Fishomi” bitkilerinin büyümesini diğer çeşitlere göre daha çok etkilediği, “Dezful”, “Amigdalolia” ve “Conservolia” çeşitlerinin kuraklık stresi altında daha yüksek yaprak su içeriğine sahip olduğu ve daha iyi büyüme gösterdiği görülmüştür. Bu bitkilerin daha iyi kuraklık toleransı göstermesinin, yapraklarında daha yüksek çözünebilir karbonhidrat, PRO, K ve Ca bulundurması ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir.

Araujo ve ark. (2019), yüksek sıcaklık şoku ile birlikte farklı sulama işlemlerine maruz kalan zeytin fidanlarının fizyolojik ve moleküler mekanizmalar üzerine tepkilerini incelemişlerdir. Genç bitkilerin bu tür stres olaylarıyla nasıl karşı karşıya kaldığını anlamak için, saksıda büyüyen zeytin fidanlarına iki farklı sulama konusu (tam sulama konusu ve susuz konu) uygulanmıştır. Daha sonra, bitkiler 2 saat boyunca 40°C'ye maruz bırakılmış veya kontrol sıcaklığı altında kalmıştır. İşlemlerden sonra tüm bitkiler iyi bir sulama koşuluna bırakılmıştır. Yapraklar fotosentez, bağıl su içeriği, mineral durumu, pigmentler, karbonhidratlar, hücre zarı geçirgenliği, koruyucu proteinleri, ısı şok proteinleri ve akuaporinlerin lipid peroksidasyonu ve ekspresyonu için karşılaştırılmıştır. Sulanmayan bitkilerde karbonhidrat miktarı artarken bazı fotosentetik

parametreler sulanan bitkilere göre daha düşük değerler göstermiştir. Bununla birlikte, her iki bitki grubu da yüksek sıcaklığa maruz bırakıldığında, sulanan bitkiler, sulanmayan bitkilere göre net karbondioksit asimilasyon hızında ve klorofil b'de daha büyük düşüşler yaşamıştır. Genel olarak, sulanmayan bitkilerde artan koruyucu proteinler ve yüksek sıcaklık şok proteinleri ekspresyonu, muhtemelen lipid peroksidasyonundaki artışı ve membran bütünlüğü kaybını önlemek için sıcaklık ile güçlendirilmiştir. Sulanan ve sulanmayan bitkiler sıcaklık işlemlerinden sonra uygulama yapılmadan önceki hallerine geri dönmüştür. Geri kazanım, bir tür strese (kuraklık veya sıcaklık) maruz kalan bitkilerde artan aquaporin ekspresyonu ile ilişkilendirilmiştir.

Valente ve ark. (2020), kuraklık ve sıcaklık kombine stresinin zeytin meyveleri üzerinde fenolik ve lipofilik bileşiklere etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, üç farklı zeytin çeşidi ("Cobrançosa", "Cordovil de Castelo Branco" ve "Cordovil de Serpa") kullanılmıştır. "Cobrançosa" çeşidimeyveleri organik asitler, esterler ve karbonhidratlar açısından daha zengin, "C.Serpa" çeşidi meyveleri özellikle kontrol koşulları altında daha yüksek fenolik bileşiklere sahip olmuştur. Kuraklık ve sıcaklık zeytin meyvelerinin kantitatif profilini çeşitlere bağlı olarak değiştirmiştir.

# 3. MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1. Materyal

Bu araştırma, 2019 yılı Nisan-Eylül ayları arasında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Örtüaltı Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nde gerçekleştirilmiştir.

Zeytin (*Olea europaea* L.) yetiştiriciliği Türkiye'de; Ege, Marmara, Akdeniz, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Özellikle Marmara Bölgesi ve Bursa'da yaygın kullanılması, çeliklerinin çoğaltımının kolay olması, veriminin yüksek olması sebebi ile çalışma da Gemlik zeytin çeşidi tercih edilmiştir.

Bir yaşlı Gemlik zeytin fidanları Bursa ili, Orhangazi ilçesindeki Zorlu fidancılıktan temin edilmiştir. Fidanların yetiştirilmesi, yetiştirilen fidanların kısıntılı sulama seviyelerine göre performanslarını belirlemek için uygulanan agronomik ölçümler Bahçe Bitkileri Bölümü Örtüaltı Uygulama ve Araştırma Ünitesi'nde yürütülmüştür. Fizyolojik ölçümler ve yüksek sıcaklık uygulamaları Bahçe Bitkileri Bölümü Moleküler Biyoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.1.** Saksılara dikilen zeytin fidanlarının sera ortamında görünümleri

### 3.2. Yöntem

22.03.2019 tarihinde temin edilen fidanların 29.03.2019 tarihinde saksıya dikim işlemleri gerçekleştirilmiştir. Fidanlar 6 litrelik saksılara (75x175x250) 1:1:1 oranında torf, perlit ve bahçe toprağı kullanılarak dikilmiştir. Bitkiler sulama seviyelerine göre $I_{100}$ (tam sulama), $I_{66}$ (2/3 düzeyinde sulama), $I_{33}$ (1/3 düzeyinde sulama) ve $I_0$ (susuz konu) sulama gruplarına ayrılmıştır.

#### 3.2.1. Kısıntılı Sulama Uygulamaları

Kısıntılı sulama uygulamalarına göre belirlenen sulama suyu miktarı

$I_{100}$: Tam sulama konusu(kontrol)

$I_{66}$: Tam sulama konusuna göre verilen suyun 2/3'ü düzeyinde sulama

$I_{33}$: Tam sulama konusuna göre verilen suyun 1/3'ü düzeyinde sulama

$I_0$: Susuz konu

Uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesi

Kontrol grubundaki saksıların ağırlıkları alınarak uygulanacak olan sulama suyu miktarı belirlenmiştir. Denemenin ilk aşamasında, saksılar su ile doyurulmuştur. Su ile doyurulan saksılar tamamen drene olana kadar beklenmiştir. Drenaj sona erdikten sonra, saksıların ağırlığı alınmıştır. Alınan bu ağırlık tarla kapasitesi olarak kabul edilmiştir. Hesaplanan sulama suyu miktarı, saksının su içeriğini tarla kapasitesine getirmek için, her sulamada her bir saksıya uygulanmıştır. İki sulama arası geçen süre çok az olduğu için bitki biyokütlesindeki küçük artışlar göz önünde bulundurulmamıştır (Ullah ve ark. 2017).

Sulama suyu miktarını tespit etmek amacıyla, kontrol grubu içinden her tekerrür için iki sulama arası bitkinin tükettiği su miktarı, su bütçesinin ağırlık esası eşitliğinden yararlanarak aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Kurunç ve Ünlükara 2009).

$$ETc(K) = I + (Wn - Wn+1) \quad \text{Eşitlik (3.1)}$$

ETc(K): Kontrol grubunun bitki su tüketimi
I: Uygulanan su miktarı (Litre)
Wn ile Wn+1 ise n. ve n+1: Sulama öncesi saksı ağırlığı(kg).

Etc(K) bir sonraki sulama için kontrol grubuna uygulanmış olan standart su miktarı ($I_{100}$ sulama) olarak göz önüne alınmaktadır. Diğer tüm deneme grupları, kontrol grubunun tekerrürlerinden elde edilen ortalama ETc'nin ya da tam sulama grubunda belirtilen değerlerine göre sulanmıştır. Drenaj suyu, tam sulama konusunda olası drenaj durumu gözlemlenmiş ve saksıların altında yer alan tabaklardan ölçülerek belirlenmiştir.

Kontrol grubu dışındaki diğer deneme gruplarının bitki su tüketimi (ETc) su bütçesi eşitliği (hacim esası) kullanılarak uygulanan besin çözeltisi hacminden drene olan besin çözeltisinin çıkarılmasıyla belirlenmiştir. Sera ortamında devam eden denemede, yağış, yüzey akışı ve kapilar yükselme olmadığı için su bütçesi, aşağıda verilen eşitlikteki gibi yazılmıştır:

$$ETc = I - \Delta S - D \quad \text{Eşitlik (3.2)}$$

Etc: Bitki su tüketimi
I: Uygulanan sulama suyu miktarı (L)
ΔS: Substrat ya da toprakta tutulan su miktarındaki değişim (L)
D: Drenaj suyu (L).

Yapay substrat (perlit) için depolanan su miktarındaki değişim çok düşük olduğu ve etkisinin çok az olması sebebi ile bu çalışmada ihmal edilmiştir (Jolliet 1999; Mpusia 2006). Böylece deneme konuları için bitki su tüketimi, aşağıda verilen formülde olduğu gibi hesaplanmıştır:

ETc = I – D  Eşitlik (3.3)

Etc: Bitki su tüketimi
I: Uygulanan sulama suyu miktarı (L)
D: Drenaj suyu (L).

### 3.2.2. Agronomik Ölçümler

Sulama konularına göre bitkilerde oluşan değişimleri belirlemek amacıyla, 27.05.2019-19.08.2019 tarihleri arasında iki hafta aralıklarla ölçümler yapılmıştır. Agronomik ölçümler kapsamında bitkilerde; gövde çapı, bitki boyu, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca toprak altı ve üstü kısımlarının yaş ve kuru ağırlıkları, meyve en/meyve boy ölçümleri ve yaprak alanı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Agronomik ölçümlerin belirli düzende ilerlemesi amacıyla bitkilerin sağlıklı ve zarar görmemiş sürgün ve gövdelerinde işaretlemeler yapılmıştır. İşaretlemeler yapılırken yaklaşık aynı boyda sürgün uzunluğuna ve gövde çapına sahip bitkiler seçilmiştir.  Her ölçüm zamanında bu işaretlemelerden yararlanarak ölçümler tekrarlanmıştır.

Gövde çapı

Gövde çapı (mm) ölçümleri saksı seviyesinin yaklaşık 8-10 cm üzerinden kumpas ile ölçülmüştür.

Bitki boyu

Boy ölçümleri (cm) saksı seviyesi ve bitki büyüme ucu dikkate alınarak metre ile gerçekleştirilmiştir.

Sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı

Sürgün uzunluğu (cm) ölçümleri sürgün koltuk kısımları ve sürgün büyüme ucu dikkate alınarak (sürgün uzunlukları yaklaşık 15-20 cm) metre ile gerçekleştirilmiştir. Sürgün üzerindeki yaprak sayısını (adet) belirlemek için her sürgün üzerinde sayım yapılmıştır.

Bitkilerde toprak altı ve toprak üstü kısımlarının yaş ve kuru ağırlıklarının ölçümleri

Her sulama seviyesinden tesadüfi olarak belirlenen bitkilerin hassas terazide g olarak ağırlıkları alınmış, daha sonra 80°C etüvde 24 saat bekletilmiş ve kuru ağırlıkları g olarak alınmıştır.

Meyve eni ve Meyve boyu

Uygulama sonunda sulama seviyelerine göre meyve boyu (mm) ve meyve eni (mm) boyutlarında farklılıklar görülmüştür. Bu farklılıkları belirleyebilmek amacıylaher tekerrürden onar meyve üzerinde kumpas ile ölçüm yapılmıştır.

Yaprak alanı ölçümleri

Uygulanan sulama seviyeleri ile yaprak alanı arasındaki ilişkiyi saptamak için 1. Ölçüm (Temmuz ayı)ve 2. Ölçüm (Ağustos ayı) olmak üzere iki kez yaprak alanı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.3. Fizyolojik Ölçümler

Sulama konularına göre bitkilerde oluşan fizyolojik değişimleri belirlemek amacıyla,12.06.2019-30.08.2019 tarihleri arasında iki hafta aralıklarla ölçümler yapılmıştır. Fizyolojik ölçümler kapsamında bitkilerde; klorofil miktarı, yaprak oransal su kapsamı, yaprak su potansiyeli, stoma sayısı, stoma en ve boy ölçümleri yapılmıştır.

Klorofil miktarı

Klorofil miktarı ölçümleri amacıyla işaretlenen sürgünler üzerinde belirlenen kısımlarda (uç yaprak, orta yaprak ve alt yaprak) klorofil ölçümü yapılmıştır. Ölçümler klorofilmetre (Konica Minolta, Spad-502, Çin) ile gerçekleştirilmiştir.

Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK) ve Turgor Kaybı (TK)

Yaprak oransal su kapsamı analizleri için işaretlenmiş olan sürgünlerden yaprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler laboratuvara getirilmiştir. Yaprak örneklerinde aşağıdaki aşamalar izlenmiştir:

1.Yaprak örneklerinden 3 cm büyüklüğünde diskler alınmıştır.

2.Disklerin hassas terazide ağırlıkları alındıktan sonra 4 saat saf suda bekletilmiştir.

3. Suda bekletilen yaprak örneklerinin turgor ağırlıkları alınmıştır.

4. Turgor ağırlıkları alındıktan sonra yaprak örnekleri 80℃ etüvde 24 saat bekletilmiştir ve son olarak kuru ağırlıkları alınmıştır.

Aşamalar tamamlandıktan sonra elde edilen sonuçlara göreaşağıda bulanan eşitlikten yararlanarak bitkilerin yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve turgor kaybı (TK) hesaplanmıştır.

$$YOSK = Y.A - K.A/T.S - K.A \times 100$$ Eşitlik (3.4)

$$TK = T.A - Y.A/T.A \times 100$$ Eşitlik (3.5)

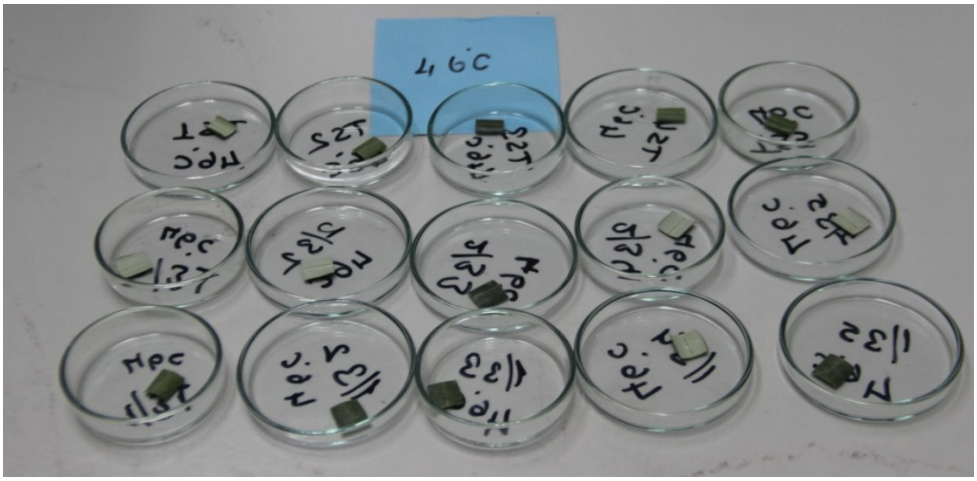
YOSK: Yaprak oransal su kapsamı

TK: Turgor kaybı

Y.A: Yaş ağırlık

K.A: Kuru ağırlık

T.A: Taze ağırlık



**Şekil 3.2.** Yaprak oransal su kapsamı analizi için uygulama yapılan yaprak örnekleri

Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri (MPa)

Yaprak su potansiyeli ölçümleri, portatif basınç odası aletiyle (SKYE SKPM 1405/40 Model) gün ortasında (12.00 – 14.00 arasında) ölçülmüştür. Bu amaçla, her parselde bir bitkinin gelişimini tamamlamış genç sürgünleri üzerinde ölçümler yapılmış ve bu değer gün ortası yaprak su potansiyeli değeri olarak alınmıştır (Grzesiak ve ark. 2013). Yaprak saplarının, kısa ve ince olması nedeniyle contada sıkıştırılamamış ve bu nedenle ölçümler sürgünler üzerinde yapılmıştır. Alınan bu sürgünlerdeki yaprak ayaları, sap kısımları dışarıda kalacak şekilde basınç odacığına yerleştirilmiş ve aygıtın basınç kaynağından yaprak ayası üzerine basınç uygulanmıştır. Uygulanan basınç, sapın dışarıda kalan ucunda su damlası görülünceye kadar artırılmış ve yaprak sapı ucunda su kabarcığı görüldüğü anda manometredeki basınç değeri okunmuştur.

Stoma sayısı, Stoma boyu ve Stoma eni ölçümleri

Sulama seviyelerine göre tesadüfi olarak belirlenen bitkilerden yaprak örnekleri alınmış ve alınan yaprak örneklerinin alt yüzeyleri tüylerden arındırılarak parlatıcı jel yardımıyla bitkilerin stomaları elde edilmiştir. Elde edilen stoma kalıpları ışık mikroskobunda gözlemlenmiştir. Uygun görülen bölgeler DP 20 görüntü sistemi kullanılarak fotoğraflanmıştır. Aynı sistem kullanılarak $mm^2$ de stoma sayıları belirlenmiş ve stoma en-boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.4.Yüksek Sıcaklık Uygulamaları

28.08- 28.09 tarihleri arasında yüksek sıcaklık uygulaması için bitkiler laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen bitkilerden sürgün ucundan itibaren yaklaşık 10 cm uzunluğunda sürgün örnekleri alınarak 50 ml hacimli polikarbonat tüpler (Corning tüp) içine koyulduktan sonra sıcak su banyosuna yerleştirilmiştir. Sıcak su banyosuna yerleştirilen örneklerin sıcaklık dereceleri kademeli bir şekilde 10 dakikada 1°C arttırılmıştır. Sıcaklık 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60°C'ye kadar yükseltilmiş ve her sıcaklık kademesinde örnekler 2 saat bekletilmiştir (Hong ve ark. 2009). 2 saat sonunda sıcak su banyosundan alınan bitki örneklerinin yüksek sıcaklığa karşı toleranslarını belirlemek amacıyla; bitki gözlemleri yapılarak bitkilerde meydana gelen zararlanma miktarı belirlenmiştir. Daha sonra bitki örnekleri bitki büyütme kabinine (25°C +- 2, 16/8, gündüz/gece) yerleştirilmiştir.

### 3.2.5. Şok Sıcaklık Uygulamaları

Şok sıcaklık uygulaması için bitkilerin sürgün uçlarından itibaren yaklaşık 10 cm uzunluğunda sürgün örnekleri alınarak 50 ml hacimli polikarbonat tüpler (Corning tüpler) içine yerleştirilmiştir. Bitkiler sıcak su banyosuna yerleştirilmiştir ve alınan yaprak örnekleri direkt olarak 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60°C' de 2 saat süre ile bekletilmiştir (Hong ve ark. 2009). Alınan bitki örneklerinin şok sıcaklık uygulamasına karşı toleranslarını belirlemek amacıyla; bitki gözlemleri yapılarak bitkilerde meydana gelen zararlanma miktarı belirlenmiştir. Daha sonra bitki örnekleri bitki büyütme kabinine (25°C +- 2, 16/8, gündüz/gece) yerleştirilmiştir.

### 3.2.6. Ölçüm ve Gözlemler

Kısıntılı sulama uygulaması sonucu meydana gelen stresi belirlemek ve bununla birlikte yüksek sıcaklık uygulamalarından sonra sürgünlerde ve yapraklarda meydana gelen zararı ortaya koyabilmek için skalalar oluşturulmuştur. Kısıntılı sulama uygulamasına bağlı olarak gerçekleşen stres sonucu yapraklarda uç kıvrılması ve bitkinin dip sürgünü oluşturma potansiyelleri gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklık uygulamalarının ardından

sürgünlerde meydana gelen zararlanmaları belirlemek için, yapraklarda boyuna kıvrılma ve kahverengileşme seviyeleri değerlendirilmiştir.

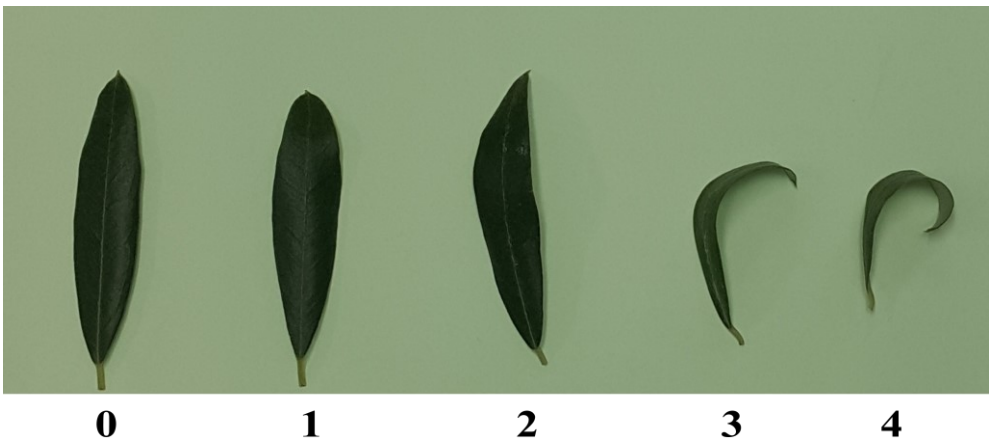
Kısıntılı Sulama Uygulamalarına Bağlı Olarak Gerçekleştirilen Gözlemler

Uç Kıvrılması

Bitkilerde gözlemlenen zararlanmalardan biri uç kıvrılmasıdır. Bu zararın tespiti için Tablo 3.1.'de görüldüğü gibi skala oluşturulmuştur.

**Tablo 3.1.** Yapraklarda görülen uç kıvrılması

| Uç kıvrılması | Skorlama |
|---|---|
| Uç kıvrılması görülmeyen yaprak | 0 |
| Hafif düzeyde uç kıvrılması görülen yaprak | 1 |
| Orta düzeyde uç kıvrılması görülen yaprak | 2 |
| Fazla düzeyde uç kıvrılması görülen yaprak | 3 |
| Çok fazla uç kıvrılması görülen yaprak | 4 |




**Şekil 3.3**. Yapraklarda görülen uç kıvrılması

Dip sürgünü oluşturma potansiyelleri

Sulama seviyelerine göre bitkilerde dip sürgünü oluşturma potansiyelleri değerlendirilmiştir. Dip sürgünü oluşturma potansiyelleri Tablo 3.2.'de görüldüğü gibi yapılmıştır.

**Tablo 3.2.** Bitkilerin dip sürgünü oluşturma potansiyelleri

| Dip sürgünü oluşturma potansiyeli | Skorlama |
|---|---|
| Dip sürgünü yok | 0 |
| Hafif düzeyde dip sürgünü oluşumu | 1 |
| Orta düzeyde dip sürgünü oluşumu | 2 |
| Fazla düzeyde dip sürgünü oluşumu | 3 |
| Çok fazla dip sürgünü oluşumu | 4 |

Yüksek Sıcaklık Uygulamalarına Bağlı Olarak Gerçekleştirilen Gözlemler

Boyuna Kıvrılma

Gözlemlenen diğer bir zarar yüksek sıcaklık etkisiyle yapraklarda gözlemlenen boyuna kıvrılma zararıdır. Yaprağın dip kısmından başlayarak yaprak ucuna kadar oluşan bu zararlanma için Tablo 3.3.'de görüldüğü gibi skala oluşturulmuştur.

**Tablo 3.3.** Yaprakların boyuna kıvrılma durumu

| Boyuna kıvrılma | Skorlama |
|---|---|
| Kıvrılma yok | 0 |
| Çok hafif düzeyde kıvrılmış yaprak | 1 |
| Orta düzeyde kıvrılmış yaprak | 2 |
| Çok Fazla düzeyde kıvrılmış yaprak | 3 |
| Tamamen kıvrılmış yaprak | 4 |




**Şekil 3.4.** Yaprakların boyuna kıvrılma durumu

Kahverengileşme Seviyesi

Yüksek sıcaklık etkisiyle oluşan bir diğer zararlanmayaprakların kahverengileşmesidir. Bu zararın tespiti için Tablo 3.4.'de görüldüğü gibi skala oluşturulmuştur.

**Tablo 3.4.**Yaprak kahverengileşme seviyesi

| Yaprak kahverengileşmesi | Skorlama |
|---|---|
| Kahverengileşme yok | 0 |
| Hafif düzeyde kahverengileşmiş yaprak | 1 |
| Orta düzeyde kahverengileşmiş yaprak | 2 |
| Çok fazla düzeyde kahverengileşmiş yaprak | 3 |
| Tamamen kahverengileşmiş yaprak | 4 |




**Şekil 3.5.** Sürgünlerde oluşan yaprak kahverengileşme seviyesi



**Şekil 3.6.**Yüksek sıcaklık uygulamasından sonra bitki dolabına yerleştirilen sürgünlerin görünümü

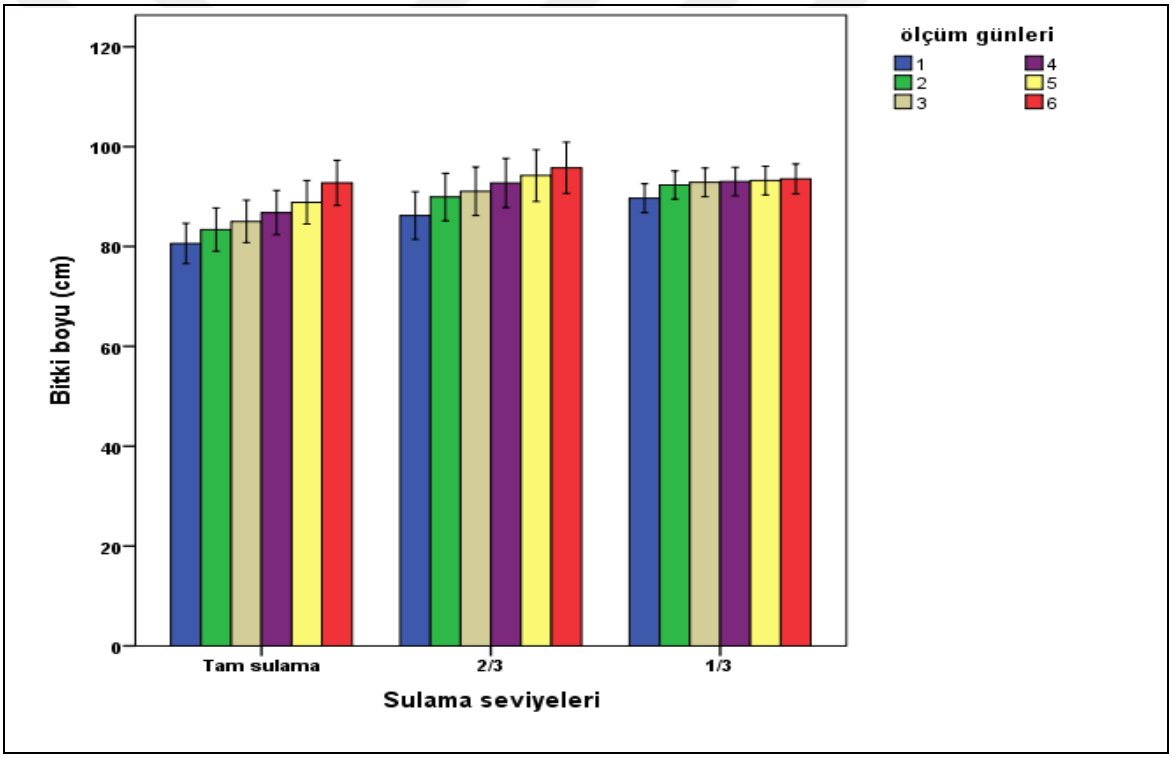
### 3.2.7. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü ve her tekerrürde sekiz bitki olacak şekilde planlanmıştır. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde SPSS istatistik programı tercih edilmiştir. Ortalamalar arası farklılıklar aynı programla, 0,05 önemlilik seviyesinde Duncan testi ile değerlendirilmiştir.

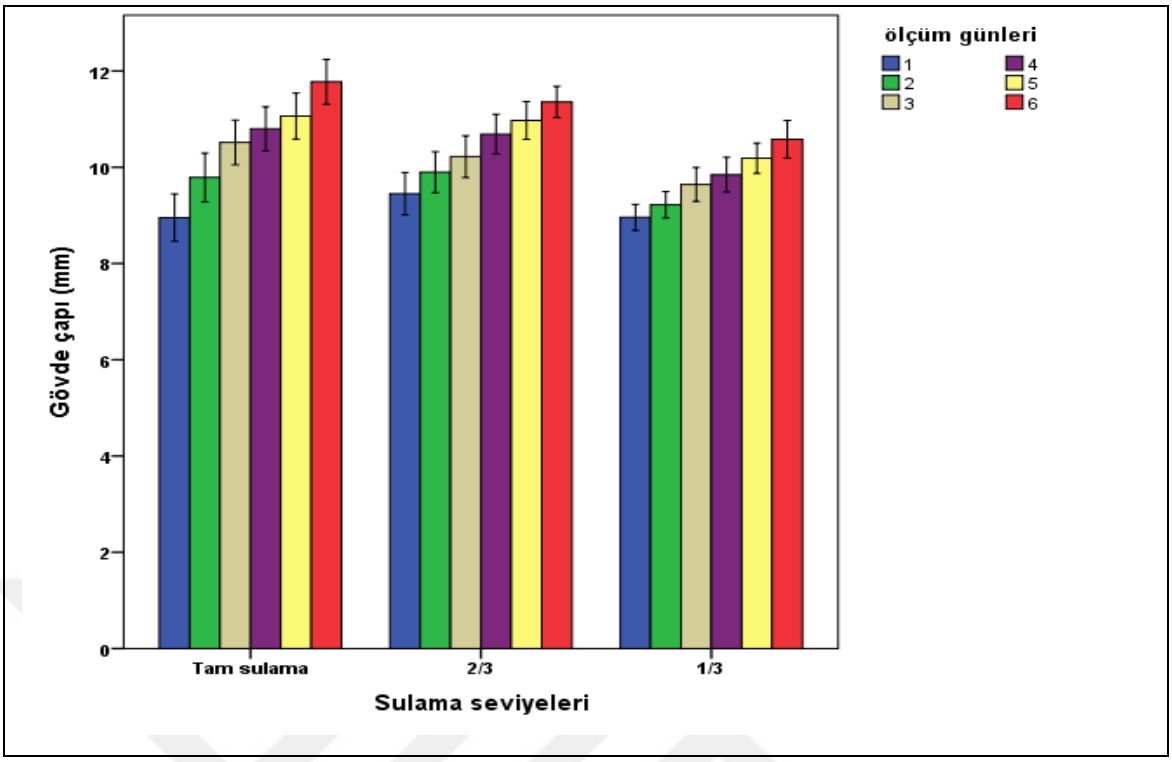
# 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

## 4.1. Agronomik ölçümler

Zeytin ağaçlarının, çeşitli abiyotik streslere oldukça dayanıklı bir tür olduğu bilinmesine rağmen zeytin yetiştirme alanları genellikle olumsuz çevre koşullarından, su kıtlığından ve yüksek sıcaklıktan oldukça etkilenmekte ve zarar görmektedir (Brito ve ark. 2019). Çalışmada kısıntılı sulama uygulamalarına göre 4 ay boyunca "Gemlik" zeytin çeşidinin bitki boylarında ve gövde çaplarında meydana gelen değişimler Şekil 4.1., Şekil 4.2. ve Çizelge 4.1.'de görülmektedir.




**Şekil 4.1.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre bitki boyları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.2.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre gövde çapları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.1.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre bitki boyları ve gövde çapları

| Değişkenler | Bitki Boyu (cm) | Gövde çapı (mm) |
|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | |
| Tam sulama | 92.4$^{a\,\beta}$ | 10.5$^{a\,\beta}$ |
| 2/3 sulama | 91.6$^{a}$ | 10.4$^{a}$ |
| 1/3 sulama | 86.2$^{b}$ | 9.2$^{b}$ |
| **Ölçüm günleri** | | |
| 1 | 85.4$^{b}$ | 9.1$^{d}$ |
| 2 | 88.5$^{ab}$ | 9.6$^{cd}$ |
| 3 | 89.6$^{ab}$ | 10.1$^{bc}$ |
| 4 | 90.8$^{ab}$ | 10.4$^{b}$ |
| 5 | 92.0$^{ab}$ | 10.7$^{ab}$ |
| 6 | 94.0$^{a}$ | 11.2$^{a}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | * | * |
| Ölçüm günü | ÖD | * |
| Sulama seviyesi x Ölçüm günü | ÖD | ÖD |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

ÖD, $^{*}$ %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Sulama seviyelerine göre bitki boyları değerlendirildiğinde $I_{100}$ sulama seviyesinde ilk ölçüm ve son ölçüm günleri arasında istatistiksel farklılık olduğu yani deneme süresince bitki boylarının belirgin şekilde arttığı tespit edilmiştir. $I_{66}$ ve $I_{33}$seviyelerinde deneme süresince bitki boylarında istatistiksel olarak fark tespit edilmemiştir. Çizelge 4.1.'de görüldüğü üzere sulama seviyelerine göre en uzun boylu bitkiler ortalama 92.4 cm ve 91,6 cm değerleri ile $I_{100}$ve $I_{66}$ seviyelerinde tespit edilmiş olup, $I_{33}$ seviyesinde sulanan bitkiler ortalama 86.2 cm ile en kısa bitki boyuna sahip olmuşlardır. Ölçüm günleri açısından bitki boyları değerlendirildiğinde, en uzun bitki boyunun 94.0 cm ile 6. ölçüm gününde, en kısa bitki boyunun ise 85.4 cm ile 1. ölçüm gününde olduğu görülmektedir. Son ölçümle ilk ölçüm gününe göre bitki boylarının belirgin şekilde arttığı ancak aradaki ölçüm günleri arasında fark olmadığı tespit edilmiştir. Sulama seviyesi x ölçüm günlerine göre interaksiyonları incelendiğinde bitki boylarının istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmektedir ($p \leq 0.05$). Şekil 4.2.'de gövde çapları incelendiğinde, tüm sulama seviyelerinde denemenin başlangıcından sonuna kadar geçen süre boyunca istatistiksel olarak önemli farklılık gözlemlenmiştir. Diğer yandan en fazla gövde çapı genişlemesinin $I_{100}$seviyesinde olduğu en az gövde çapı genişlemesinin ise$I_{33}$ seviyesinde olduğu görülmektedir. Çizelge 4.1.'den anlaşılacağı gibi "Gemlik" zeytin çeşidinde kısıntılı sulama uygulamalarına bağlı olarak gövde çaplarında meydana gelen değişimler sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En geniş gövde çapı 10.5 mm ve 10.4 mm ile $I_{100}$ve $I_{66}$ seviyelerinde, en az gövde çapı ise 9.2 mm ile $I_{33}$ seviyesinde tespit edilmiştir. Ölçüm günlerine göre gövde çapları değerlendirildiğinde en fazla gövde çapı 11.2 mm ile 6. ölçüm gününde, en az gövde çapı ise 9.1 mm ile 1. ölçüm gününde görülmüştür. Sulama seviyesi x ölçüm günlerine göre interaksiyonları incelendiğinde gövde çapı istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p \leq 0.05$).

Kaya (2012), "Ayvalık" ve "Gemlik" zeytin fidanlarında farklı sulama düzeylerinin büyüme parametreleri üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmada dört farklı sulama konusu ($I_{100}$, $I_{75}$, $I_{50}$ ve $I_0$) uygulanmıştır. "Ayvalık" zeytin çeşidinde bitki boyları değerlendirildiğinde, en az uzamanın $I_0$ konusunda olduğu, en fazla uzamanın ise $I_{100}$ konusunda olduğu görülmüştür. Her iki yılda da bitki boyları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. İlk yılda $I_{100}$, $I_{75}$ ve $I_{50}$ konusu aynı grupta yer alırken $I_0$ konusu farklı istatistik grubunda yer almıştır. İkinci yılda ise $I_{100}$ bir grupta, $I_{75}$ ve $I_{50}$ ayrı bir grupta

ve $I_0$ konusu farklı bir grupta yer almıştır. "Gemlik" zeytin çeşidinde bitki boyları değerlendirildiğinde, en az bitki boyu $I_0$ konusundan, en fazla bitki boyu ise $I_{100}$ konusundan elde edilmiştir. Her iki yılda da bitki boyları farkları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. İlk yılda $I_{100}$ ve $I_{75}$ aynı grupta, $I_{50}$ ve $I_0$ aynı grupta yer almıştır. İkinci yıl verileri değerlendirildiğinde ise $I_{100}$ ve $I_{75}$ bir grupta, $I_{50}$ bir grupta ve $I_0$ konusu farklı bir grupta yer almıştır. "Ayvalık" ve "Gemlik" zeytin çeşitleri bitki boyları açısından karşılaştırıldığında, "Ayvalık" zeytin çeşidinin boyları "Gemlik" zeytin çeşidinin boylarından uzun olmuştur. Gövde çapları açısından "Ayvalık" zeytin çeşidi değerlendirildiğinde en az değişimin $I_0$ konusunda olduğu, en fazla değişimin ise $I_{100}$ konusunda olduğu belirtilmiştir. Her iki yılda da gövde çapı değişimleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. $I_{100}$ farklı bir grupta, $I_{75}$ ve $I_{50}$ ayrı bir grupta ve $I_0$ konusu ayrı bir grupta yer almıştır. Gövde çapları açısından "Gemlik" zeytin çeşidi değerlendirildiğinde, en az değişim $I_0$ konusundan, en fazla değişim $I_{100}$ konusundan elde edilmiştir. Gövde çapları farkları iki yılda da istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. İlk yılda $I_{100}$ ve $I_{75}$ aynı istatistik grubunda, $I_{50}$ farklı bir grupta ve $I_0$ farklı bir grupta yer almıştır. İkinci yılda ise dört farklı istatistiksel grup oluşmuştur. Bu iki çeşit gövde çapları açısından karşılaştırıldığında, "Ayvalık" zeytin çeşidinde gövde çaplarının daha fazla olduğu görülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, "Ayvalık" zeytin çeşidinin kuraklığa daya dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.

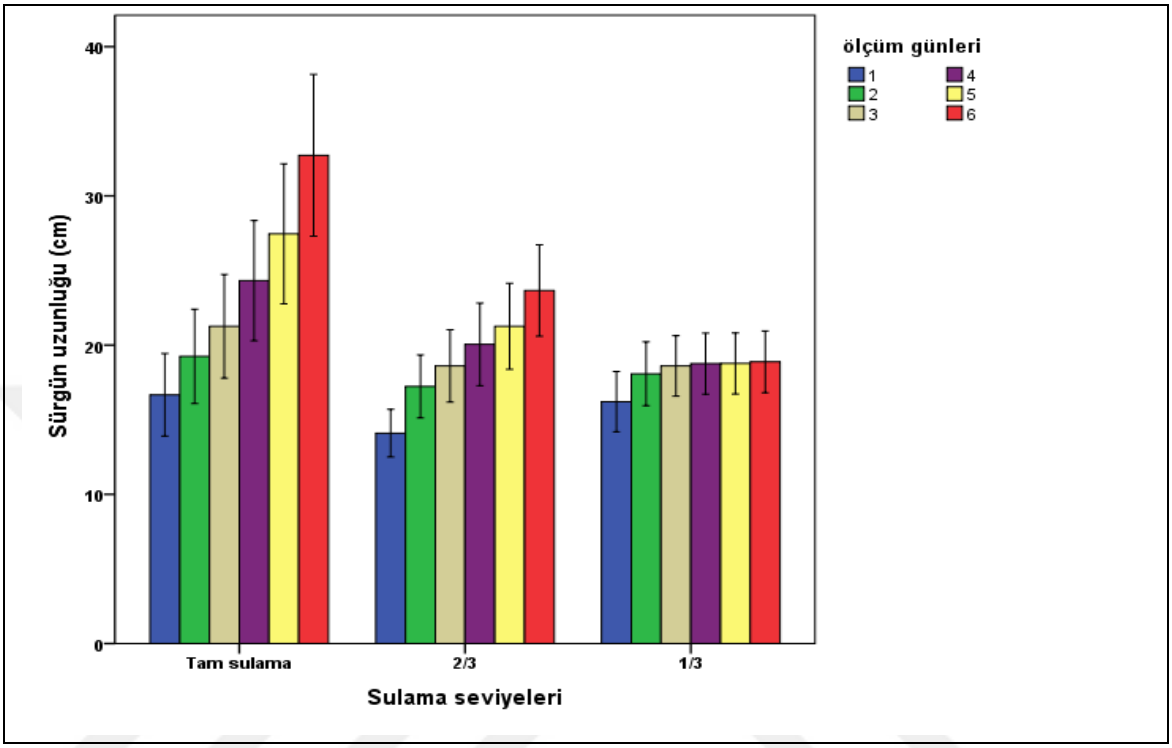
Pauyafard ve ark. (2016), "Ayvalık" zeytin çeşidinde kısıntılı sulama uygulamalarının neden olduğu bazı morfolojik ve fizyolojik değişimleri araştırdıkları çalışmada, bitki boyu ve gövde çapı değişimlerini incelemişlerdir. Denemede 4 farklı sulama seviyesi ($I_{100}$, $I_{66}$,$I_{33}$ve $I_0$ düzeylerinde sulama) uygulanmıştır. Araştırma sonucuna göre kısıntılı sulama uygulaması sırasında uygulanan sulama suyu miktarına göre bitki boylarında ve gövde çaplarında istatistiksel açıdan önemli fark olmadığı ($I_0$konusu hariç) tespit edilmiştir. Fakat sulama miktarındaki artışa paralel olarak bitki boylarında uzamalar, kısıntılı sulama stresinin artışı ile birlikte gövde çaplarında değişimler görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, yaptığımız çalışma ile tam olarak uyum göstermemesine rağmen sulama seviyelerine göre bitki boylarında meydana gelen uzamalar ve gövde çaplarındaki değişimler çalışmamız ile benzerlik göstermektedir. Çalışmada uygulanan sulama seviyesi miktarlarının aynı olması ve denemenin yaklaşık aynı aylar içerisinde yapılmasına rağmen görülen bu değişimlerin sebebinin farklı çeşit kullanımı, zeytin

fidanlarının farklı yaşta olması ve ölçüm günleri arasında geçen sürenin daha uzun olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

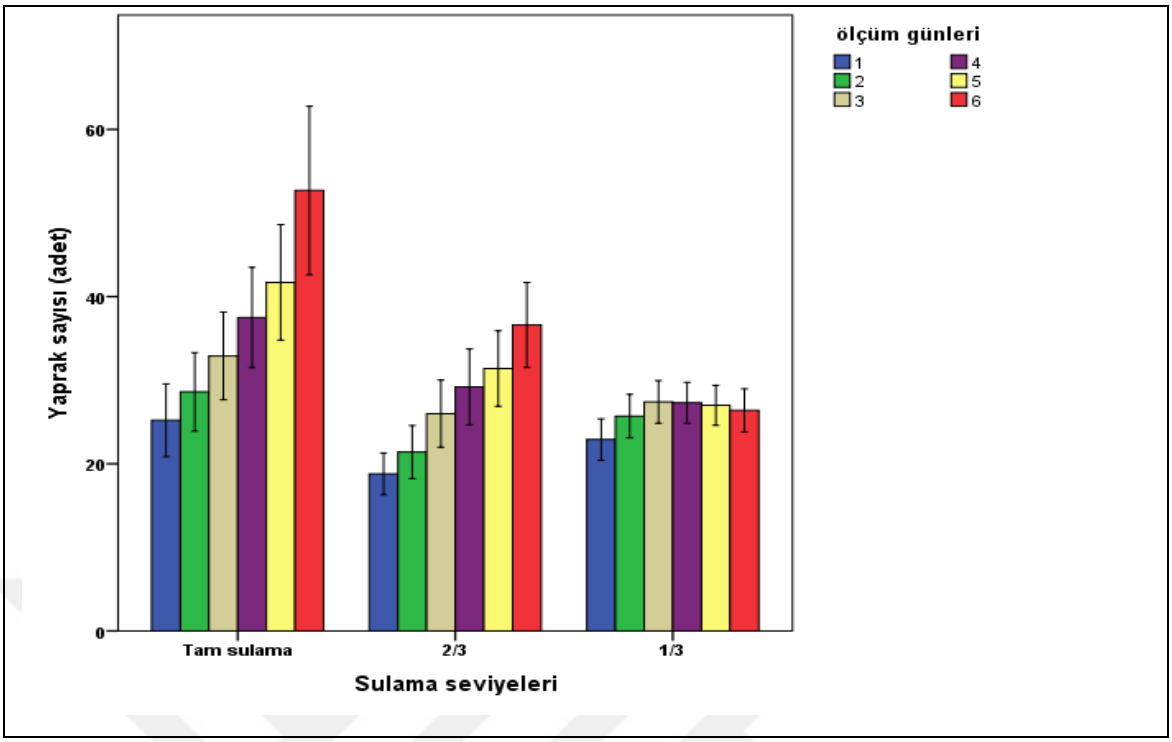
Şen ve Erdem (2018), farklı sulama suyu seviyelerinde badem ağaçlarının su kullanımını ve vegetatif gelişim parametrelerini incelemişlerdir. Denemede 3 farklı sulama seviyesi (%100 sulama, %75 sulama ve %50 sulama) uygulanmıştır. Vegetatif parametre olarak bitki boyu, sürgün uzunluğu, gövde kesit alanı ve taç hacminin araştırıldığı çalışmada elde edilen sonuçlara göre uygulanan sulama suyu miktarının badem ağaçlarının vegatatif gelişim parametrelerini istatistiksel olarak etkilemediği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulguların çalışmamız ile örtüşmediği bunun sebebinin ise farklı tür kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mısır bitkisine farklı su seviyelerini ($S_0$, $S_{20}$, $S_{40}$, $S_{60}$, $S_{80}$ ve $S_{100}$ düzeylerinde sulama) uygulayarak morfolojik ve fizyolojik değişimleri inceleyen Çamoğlu ve ark. (2011), elde ettiği sonuçlarda en uzun bitki boyunun $S_{100}$ konusunda en kısa bitki boyunun ise$S_0$konusunda olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlarda da en uzun bitki boyu $I_{100}$konusunda, en az bitki boyu ise $I_{33}$ sulama konusundan elde edilmiştir. Denememizin başlangıcında hiç sulama yapılmayan bitkiler kuruduğu için bitki gelişimleri incelenememiştir. Farklı bir çeşit kullanılmasına rağmen yapılan bu araştırma, uygulanan sulama suyu seviyelerinin bitki boyunu etkilediğini ve stres altındaki bitkilerin daha kısa boylu olduğunu kanıtlarken aynı zamanda çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Kısıntılı sulama uygulamalarına göre 4 ay boyunca “Gemlik” zeytin çeşidinde sürgün uzunluğunda ve yaprak sayısında meydana gelen değişimler Şekil 4.3., Şekil 4.4. ve Çizelge 4.2.’de görülmektedir.




**Şekil 4.3.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre sürgün uzunlukları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.4.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre yaprak sayısı miktarları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.2**. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre sürgün uzunlukları ve yaprak sayısı miktarları

| Değişkenler | Sürgün Uzunluğu (cm) | Yaprak sayısı (adet) |
|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | |
| Tam sulama | $25.5^{a\,\beta}$ | $39.4^{a\,\beta}$ |
| 2/3 sulama | $19.3^{b}$ | $27.2^{b}$ |
| 1/3 sulama | $18.2^{b}$ | $26.1^{b}$ |
| **Ölçüm günleri** | | |
| 1 | $16.4^{c}$ | $22.9^{d}$ |
| 2 | $18.7^{bc}$ | $26.0^{cd}$ |
| 3 | $20.0^{bc}$ | $29.7^{abc}$ |
| 4 | $21.7^{ab}$ | $32.4^{abc}$ |
| 5 | $23.3^{ab}$ | $34.5^{ab}$ |
| 6 | $26.0^{a}$ | $40.0^{a}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | * | * |
| Ölçüm günü | * | * |
| Sulama seviyesi x Ölçüm günü | ÖD | ÖD |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

ÖD, * %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre sürgün uzunlukları incelendiğinde $I_{100}$ve $I_{66}$seviyelerinde ilk ölçüm ile son ölçüm günleri arasında istatistiksel açıdan farklılık olduğu yani denemenin başlangıcından sonuna kadar geçen süre boyunca bu sulama seviyelerinde sürgün uzunluklarında belirgin artış olduğu görülmektedir. $I_{33}$seviyesinde ise deneme süresi boyunca istatistiksel açıdan fark olmadığı tespit edilmiştir. Çizelge 4.2.'de sulama seviyelerine göre en uzun sürgün uzunluğuna sahip olan bitkiler ortalama 25.5 cm ile $I_{100}$ seviyesindeki bitkilerde görülmüştür. $I_{66}$ ve $I_{33}$seviyelerinde sulanan bitkiler 19.3 ve 18.2 cm ile en kısa sürgün uzunluğuna sahip bitkiler olmuştur. Ölçüm günlerine göre sürgün uzunlukları değerlendirildiğinde 26 cm ile en uzun sürgün boyu 6. ölçüm gününde, en kısa sürgün boyu ise 16.4 cm ile 1. ölçüm gününde tespit edilmiştir. Sulama seviyesi x ölçüm günü interaksiyonları incelendiğinde ise sürgün uzunluklarında istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık olmadığı görülmektedir ($p\leq0.05$). Deneme süresi boyunca sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre yaprak sayısı miktarları incelendiğinde,$I_{100}$ ve $I_{66}$seviyelerinde istatistiksel açıdan farklılık olduğu fakat$I_{33}$seviyesinde ise farklılık olmadığı tespit edilmiştir. $I_{33}$ seviyesinde ilk ölçümden dördüncü ölçüm gününe kadar yaprak sayısı miktarı artmış fakat dördüncü ölçüm gününden son ölçüme kadar geçen sürede kısıntılı sulama uygulamaları ile birlikte stresin artmasıyla yaprak sayısı miktarında azalmalar olmuştur. Çizelge 4.2.'de görüldüğü gibi sulama seviyelerine göre yaprak sayısı miktarlarına bakıldığında en fazla yaprak sayısının ortalama 39.4 adet ile $I_{100}$ seviyesinde görüldüğü en az yaprak sayısının ise ortalama 27.2 ve 26.1 adet ile $I_{66}$ ve $I_{33}$ seviyelerinde olduğu görülmektedir. Ölçüm günlerine göre yaprak sayıları incelendiğinde en fazla yaprak sayısı 6. ölçüm gününde, en az yaprak sayısı ise 1. Ölçüm gününde görülmüştür. Sulama seviyesi x ölçüm günü interaksiyonlarına bakıldığında yaprak sayılarında istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık olmadığı görülmektedir ($p\leq0.05$).

Bitkiler transpirasyonla birlikte su kaybı yaşadıkça suya olan ihtiyaçlarının sürekli olarak arttığı görülür. Gerçekleşen su kaybı fotosentez gibi birçok fizyolojik olayı olumsuz etkileyerek bitki büyümesinde de gerilemelere yol açar. Su stresinin şiddetlenmesiyle hücre bölünmesinde aksamalar, protein sentezinde gerileme, stomanın kapanması ve fotosentez sonucu elde edilen ürünlerin taşınmasında aksaklıklar yaşanır.

Gerçekleşen bu olumsuz etkiler sonucunda yaprak canlılığını en aza indirir ve sonuç olarak yaprak sayısının azaldığı izlenir (Taiz ve Zeiger 2008).

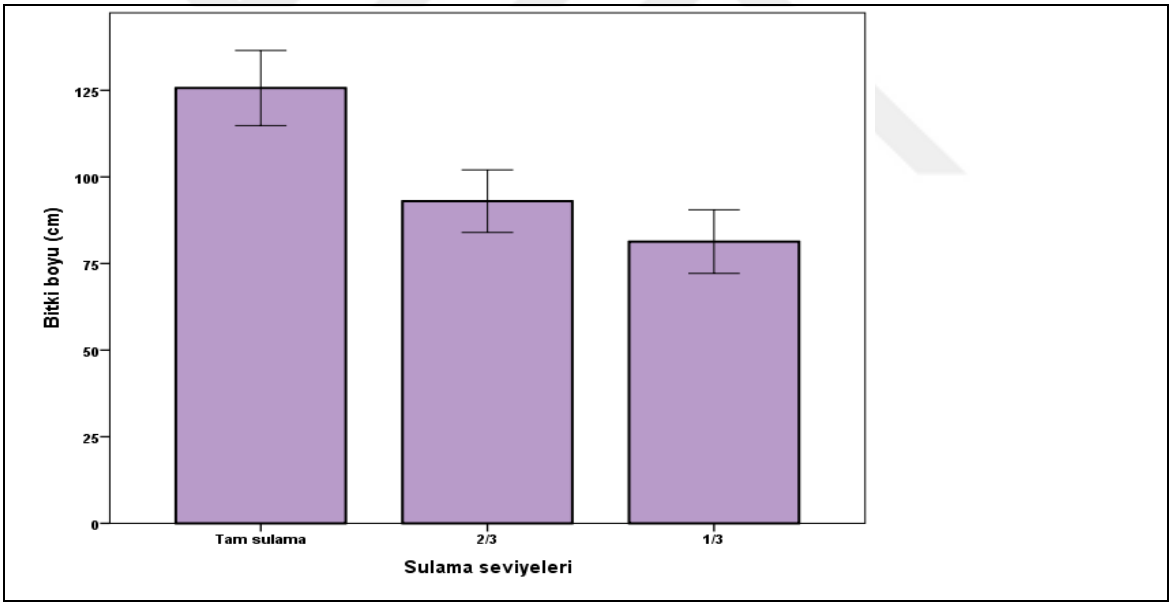
Kalefetoğlu (2006), nohut çeşitleri üzerine yaptığı kuraklık çalışmasında, yaprak sayısının kontrol ve stres gruplarında zamanla arttığını fakat kontrol grubunda artmaların stres grubuna göre daha fazla olduğunu saptamıştır. Çalışmamızdan elde edilen sonuçların bu çalışamadan elde edilen sonuçlarla örtüştüğü görülmektedir.

Kaya (2012), "Ayvalık" ve "Gemlik" zeytin fidanlarında farklı sulama düzeylerinin büyüme parametreleri üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmada dört farklı sulama konusu ($I_{100}$, $I_{75}$, $I_{50}$ ve $I_0$) uygulanmıştır. "Ayvalık" zeytin çeşidinde sürgün uzunlukları değerlendirildiğinde, en düşük artış $I_0$ (susuz konu) konusunda en yüksek artış ise $I_{100}$ konusunda olmuştur. İlk yılda $I_{100}$ konusu $I_{75}$ konusunda farklı bir istatistik grubunda, $I_{50}$ ve $I_0$ konusundan ayrı bir istatistik grubunda yer almıştır. İkinci yılda tüm sulama konuları farklı grupta yer almıştır. "Gemlik" zeytin çeşidinde sürgün uzunlukları değerlendirildiğinde, her iki yılda da sürgün uzunlukları en az $I_0$ konusunda, en fazla $I_{100}$ konusunda olmuştur. İki yılda değerlendirildiğinde, dört farklı istatistik grubu oluşmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, "Gemlik" zeytin çeşidinde sulama suyu azalmasına paralel olarak sürgün uzunluklarının da artışında azalmaların meydana geldiği görülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, "Ayvalık" zeytin çeşidinin kuraklığa daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.

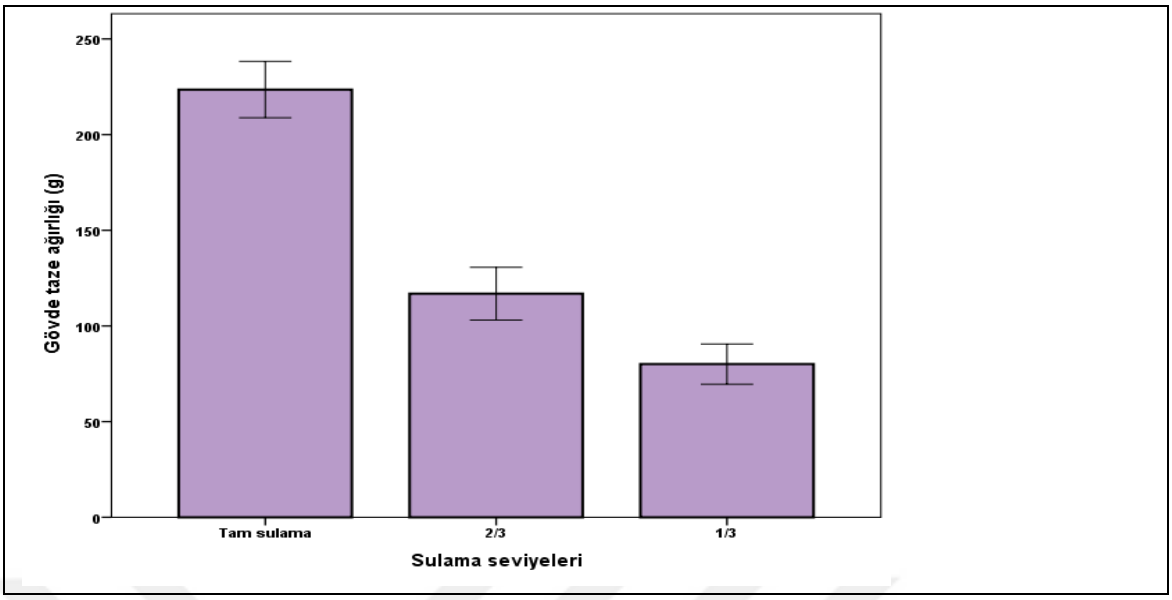
Pauyafard ve ark. (2016), "Ayvalık" zeytin çeşidinde kısıntılı sulama uygulamalarının neden olduğu bazı morfolojik ve fizyolojik değişimleri araştırdıkları çalışmada, sürgün uzunluğu değişimlerini incelemişlerdir. Denemede dört farklı sulama seviyesi ($I_{100}$, $I_{66}$,$I_{33}$ve $I_0$ düzeylerinde sulama) uygulanmıştır. Araştırma sonucuna göre kısıntılı sulama uygulaması sırasında uygulanan sulama suyu miktarına göre sürgün uzunluklarında istatistiksel açıdan önemli fark olmadığı ($I_0$ konusu hariç) tespit edilmiştir. Fakat uygulanan farklı sulama miktarlarına göre sürgün uzunluklarında değişiklikler görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, yaptığımız çalışma ile uyumluluk göstermemektedir. Bu değişimlerin sebebinin farklı çeşit kullanımı, zeytin fidanlarının farklı yaşta olması ve ölçüm günleri arasında geçen sürenin daha uzun olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şen ve Erdem(2018), yaptıkları araştırmada badem ağaçları üzerinde farklı sulama suyu seviyelerinin kullanımını ve vegetatif gelişim parametrelerini incelemişlerdir. 3 farklı sulama suyu (%100 sulama, %75 sulama ve %50 sulama) uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre uygulanan sulama suyu miktarının badem ağaçlarının vegetatif gelişim parametrelerini istatistiksel olarak etkilemediği sonucuna varılmıştır. Araştırma sonunda elde edilen bu sonuçların çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla uyuşmadığı görülmekte ve bu uyuşmazlıkların farklı tür kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

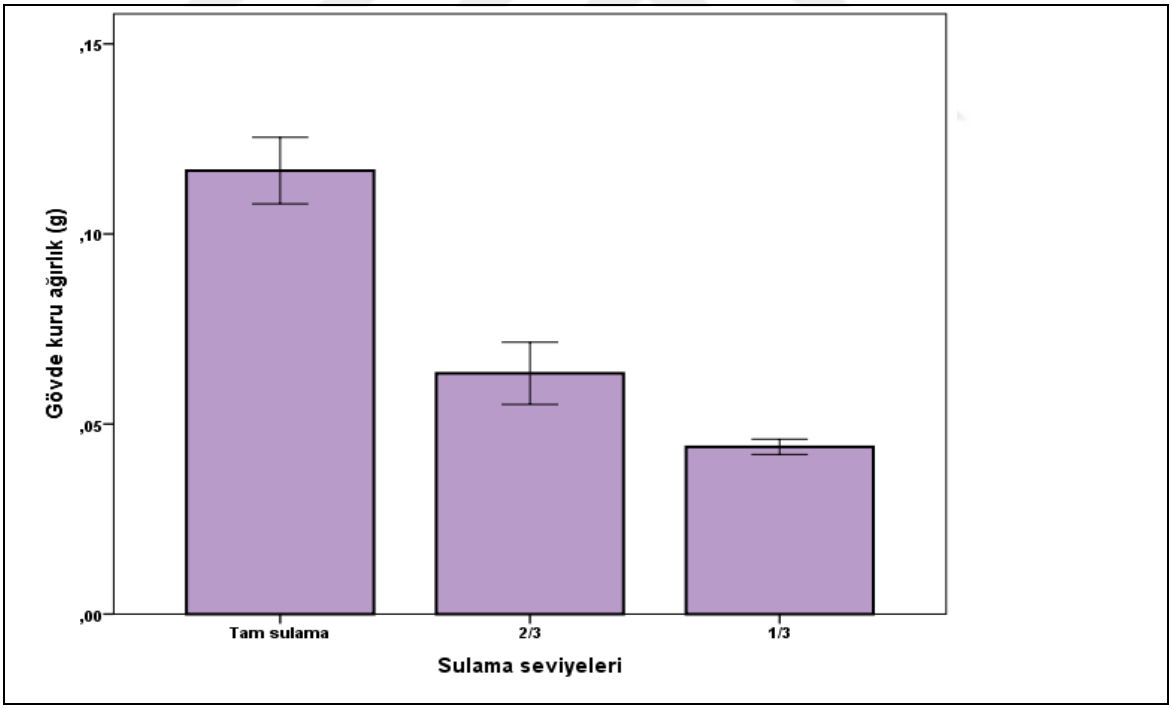
"Gemlik" zeytin çeşidinde 4 ay boyunca devam eden kısıntılı sulama uygulamaları tamamlandıktan sonra saksıdan çıkarılan bitkilerin sulama seviyelerine göre bitki boyu, toprak üstü kısımların taze ağırlığı ve kuru ağırlığı değişimleri Şekil 4.5., Şekil 4.6. ve Şekil 4.7. ve Çizelge 4.3.'de görülmektedir.




**Şekil 4.5.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitki boyları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.6.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre toprak üstü kısımların taze ağırlıkları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.7.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göretoprak üstü kısımların kuru ağırlıkları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.3.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitki boyları, toprak üstü kısımların taze ağırlıkları ve kuru ağırlıkları

| Değişkenler | Bitki boyu (cm) | Taze ağırlık (g) | Kuru ağırlık (g) |
|---|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | | |
| Tam sulama | 125.7$^{a\,\beta}$ | 223.6$^{a\,\beta}$ | 0.11$^{a\,\beta}$ |
| 2/3 sulama | 93.0$^{ab}$ | 116.9$^{b}$ | 0.06$^{b}$ |
| 1/3 sulama | 81.3$^{b}$ | 80.1$^{b}$ | 0.04$^{b}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | * | * | * |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

ÖD, * %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Sulama seviyeleri dikkate alınarak elde edilen sonuçlara göre bitki boyu değişimleri değerlendirildiğinde $I_{100}$seviyesindeki bitkilerin $I_{66}$ ve $I_{33}$ seviyelerindeki bitkilerden istatistiksel olarak farklı olduğu fakat $I_{66}$ ve $I_{33}$seviyeleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık olmadığı görülmektedir. Çizelge 4.3. incelendiğinde, en uzun bitki boyunun 125.7 cm ile $I_{100}$ seviyesindeki bitkilerde olduğu belirlenirken, bu değeri 93 cm ile $I_{66}$seviyesindeki bitkiler takip etmiştir. En kısa bitki boyu ise 81.3 cm ile $I_{33}$sulama seviyesindeki bitkilerde görülmüştür. Sulama seviyelerine göre toprak üstü kısımların taze ağırlıkları incelendiğinde tüm sulama seviyeleri arasında istatistiksel farklılık olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.3.'e göre değerlendirme yapıldığında ise en fazla taze ağırlık 223.6 g ile $I_{100}$ seviyesindeki bitkilerden elde edilmiştir. En az taze ağırlık 116.9 ve 80.1 g ile $I_{66}$ ve $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerde olmuştur. Sulama seviyelerine göre toprak üstü kısımların kuru ağırlıkları incelendiğinde tüm sulama seviyeleri arasında önemli düzeyde farklılık görülmektedir. Çizelge 4.3.'de görüldüğü

üzere en fazla kuru ağırlığının 0.11 g ile $I_{100}$sulama seviyesinde olduğu, en az kuru ağırlığın ise 0.06 g ve 0.04 g ile $I_{66}$ ve $I_{33}$ sulama seviyelerinde olduğu saptanmıştır. Bitki boyu, toprak üstü kısımların taze ağırlığı ve kuru ağırlığının sulama seviyesine göre interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

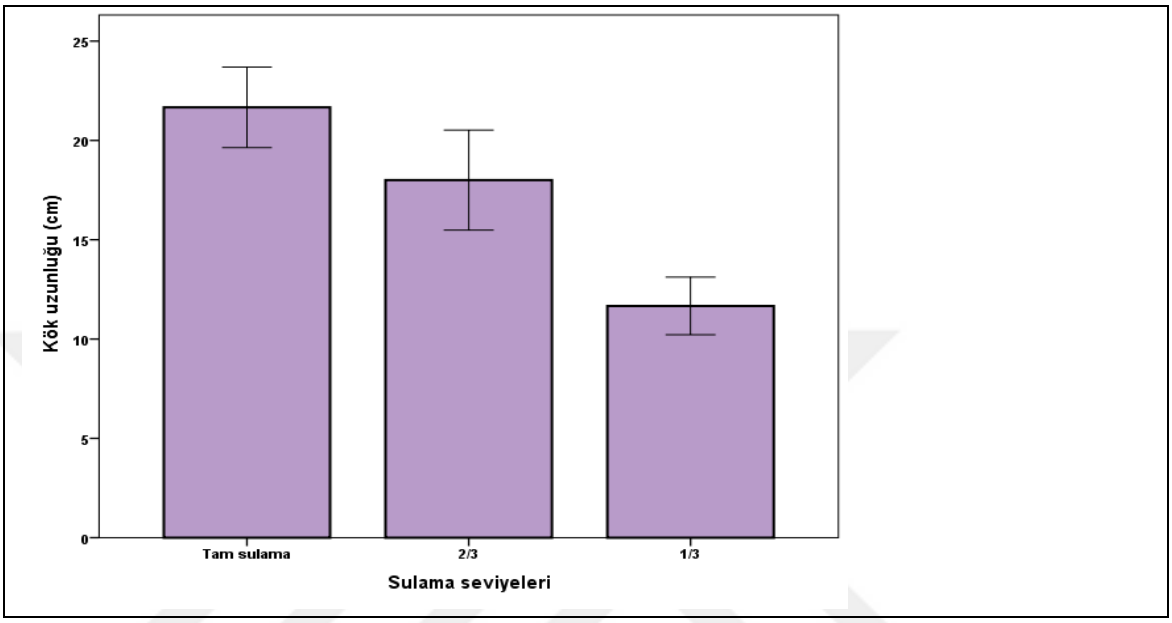
Kavun genotipleri üzerine 14 günlük kuraklık stresini uygulayan Kuşvuran ve Abak (2012), bitkilerde meydana gelen değişimleri değerlendirmişlerdir. Bitkilerde yeşil aksamın yaş ve kuru ağırlıkları alınmıştır. Sonuç olarak, bazı genotiplerde stres etkisinin daha çok görüldüğü ve bu bitkilerin ağırlıklarının daha az olduğu saptanmıştır.

Kuraklık stresinin etkisiyle büyümede, yaş ve kuru ağırlıkta azalmalar ayrıca yaprak alanında azalmalar birçok çalışmada bildirilmiştir (Anyia ve Herzog 2004, Kuşvuran ve ark. 2008).

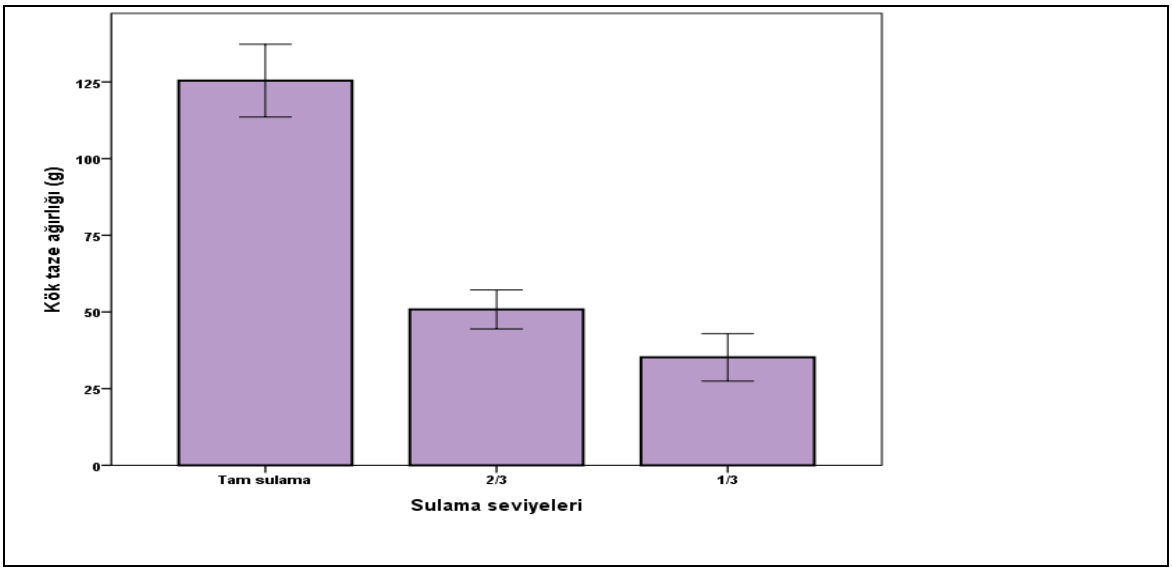
Bat ve ark. (2019), ekinezya üzerine yaptıkları çalışmada elde ettikleri sonuçlara göre, kuraklığın kök yaş ve kuru ağırlığını, gövde yaş ve kuru ağırlığını ayrıca kök ve gövde uzunluğunu azalttığını tespit etmişlerdir.

Uygulanan stresin artması ile birlikte yaş ve kuru ağırlıkların azaldığını gösteren araştırmaların sonuçları değerlendirildiğinde, bu sonuçların çalışmamız ile paralellik gösterdiği görülmüştür.

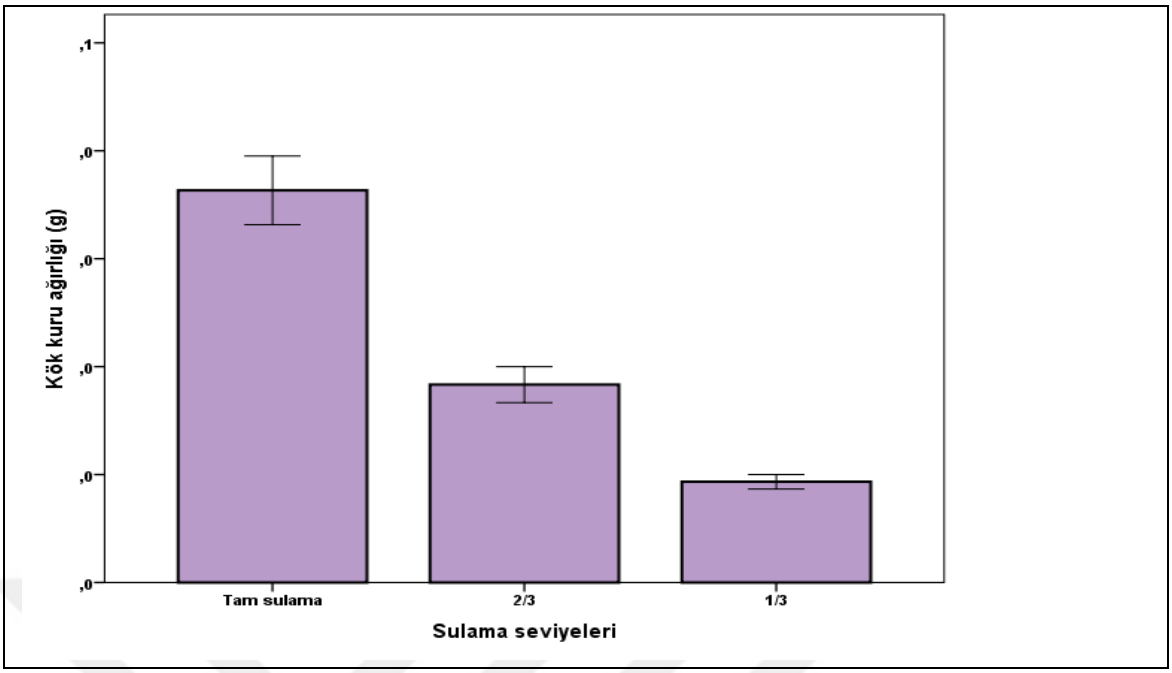
"Gemlik" zeytin çeşidinde 4 ay boyunca devam eden kısıntılı sulama uygulamaları tamamlandıktan bitkilerin sulama seviyelerine göre kök uzunluğu, toprak altı kısımların taze ağırlığı ve kuru ağırlığı değişimleri Şekil 4.8., Şekil 4.9. ve Şekil 4.10 ve Çizelge 4.4.'de görülmektedir.




**Şekil 4.8.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre kök uzunlukları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.9.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göretoprak altı kısımların taze ağırlıkları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.10.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göretoprak altı kısımların kuru ağırlıkları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.4.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre kök uzunlukları, toprak altı kısımların taze ağırlıkları ve kuru ağırlıkları

| Değişkenler | Kök uzunluğu (cm) | Taze ağırlık (g) | Kuru ağırlık (g) |
|---|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | | |
| Tam sulama | $21.7^{a\,\beta}$ | $125.4^{a\,\beta}$ | $0.07^{a\,\beta}$ |
| 2/3 sulama | $18.0^{ab}$ | $50.8^{b}$ | $0.04^{b}$ |
| 1/3 sulama | $11.7^{b}$ | $35.2^{b}$ | $0.02^{c}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | * | * | * |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

ÖD, * %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Sulama seviyeleri dikkate alınarak kök uzunluğu değişimleri değerlendirildiğinde $I_{100}$ile $I_{66}$ seviyesindeki bitkiler, $I_{33}$seviyesindeki bitkilerden istatistikselolarak farklılık göstermiştir. Çizelge 4.4. incelendiğinde en uzun kök boyunun 21.7 cm ile $I_{100}$seviyesinde olduğu belirlenirken, bu değeri 18 cm ile $I_{66}$ seviyesi takip etmiştir. En kısa kök boyu ise 11.7 cm ile $I_{33}$seviyesinde görülmüştür. Sulama seviyelerine göre toprak altı kısımların taze ağırlık sonuçları incelendiğinde tüm sulama seviyeleri arasında istatistiksel farklılık olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.4. incelenerek değerlendirme yapıldığında en fazla taze ağırlık 125.4 g ile $I_{100}$,en az taze ağırlık 50.8 g ve 35.2 g ile $I_{66}$ ve $I_{33}$ seviyesinde olmuştur. Sulama seviyelerine göre toprak altı kısımların kuru ağırlıkları incelendiğinde tüm sulama seviyeleri arasında önemli düzeyde farklılık olduğu görülmektedir. Çizelge 4.4.'de görüldüğü üzere en fazla kuru ağırlığın 0.07 g ile $I_{100}$sulama seviyesinde olduğu, bu değeri 0.04 g ile $I_{66}$ sulama seviyesindeki bitkilerin takip ettiği görülmüştür. En az kuru ağırlık ise 0.02 g ile $I_{33}$

sulama seviyesindeki bitkilerde olmuştur. Şekil 4.11. sulama seviyelerine göre bitkilerde meydana gelen kök değişimlerini göstermektedir. Şekilde en fazla kök oluşumunun $I_{100}$ bitkilerinde, en az kök oluşumunun $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerde olduğugörülmüştür. $I_{33}$ seviyesi diğer sulama seviyelerine göre kısıntılı sulama uygulamalarına bağlı olarak toprağın daha alt kısımlarında kök oluşumu göstermiştir. Kök uzunluğu, toprak altı kısımların taze ağırlığı ve kuru ağırlığının sulama seviyesine göre interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Kısıntılı sulama uygulamasının pamuk çeşitlerinde meydana getirdiği morfolojik değişimleri araştıran Ekinci ve Başbağ (2019), uygulanan sulama suyu seviyesi ile bitki kök gelişimi arasında negatif ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Stres altındaki bitkilerin kökleri daha derine doğru gelişim göstermiştir. Çalışmamızda elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, $I_{100}$ seviyesinde bitkilerin daha çok kök oluşturduğu,$I_{33}$sulama seviyesindebitkilerin ise daha az kök oluşturduğu fakat köklerinin daha derine doğru ilerlediği görülmüştür. Köklerde meydana gelen bu değişimin kısıntılı sulama uygulaması sonucu oluşan strese karşı bitkilerin geliştirdikleri tolerans mekanizmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Öztürk ve Korkut (2018), kuraklık stresinin buğdayda kök ağırlığı üzerine etkisini incelemiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, kuraklık stresi altında olan bitkilerde kök ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca kök yapısının kuraklık stresinde önemli bir parametre olduğu sonucuna varılmıştır.

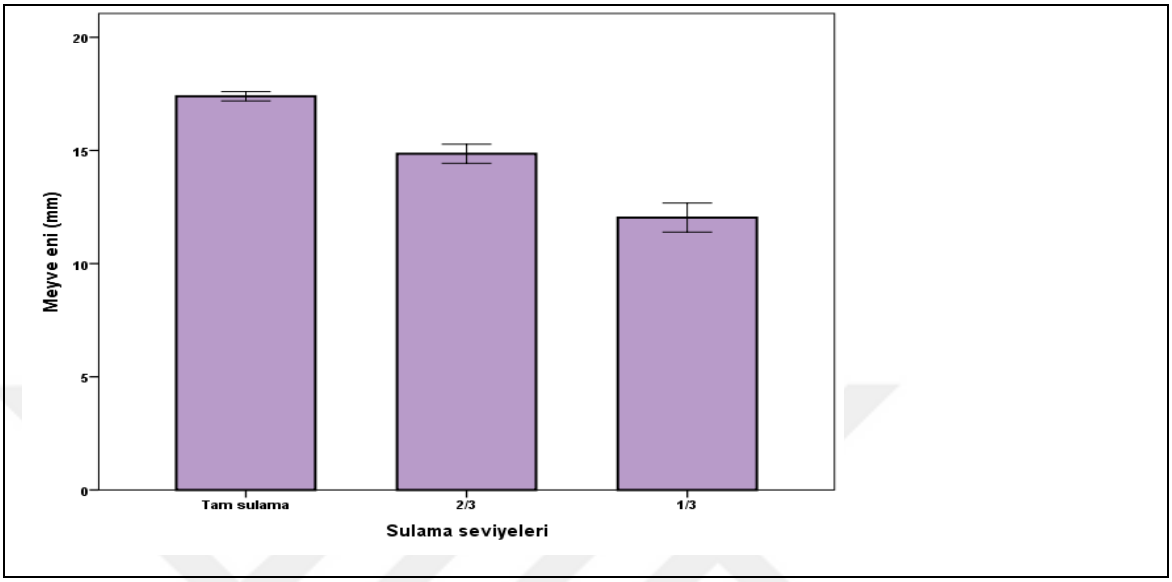
Dolgun ve Aydoğan Çiftçi (2018), makarnalık buğday çeşitlerinde kuraklık stresinin etkisini araştırmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlarda kuraklık stresinin, kök uzunluğu, fide uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığını azalttığı sonucuna varılmıştır.

Uygulanan stresin artması ile birlikte yaş ve kuru ağırlıkların azaldığı görünen araştırmaların sonuçları değerlendirildiğinde, bu sonuçların çalışmamız ile paralellik gösterdiği görülmüştür.

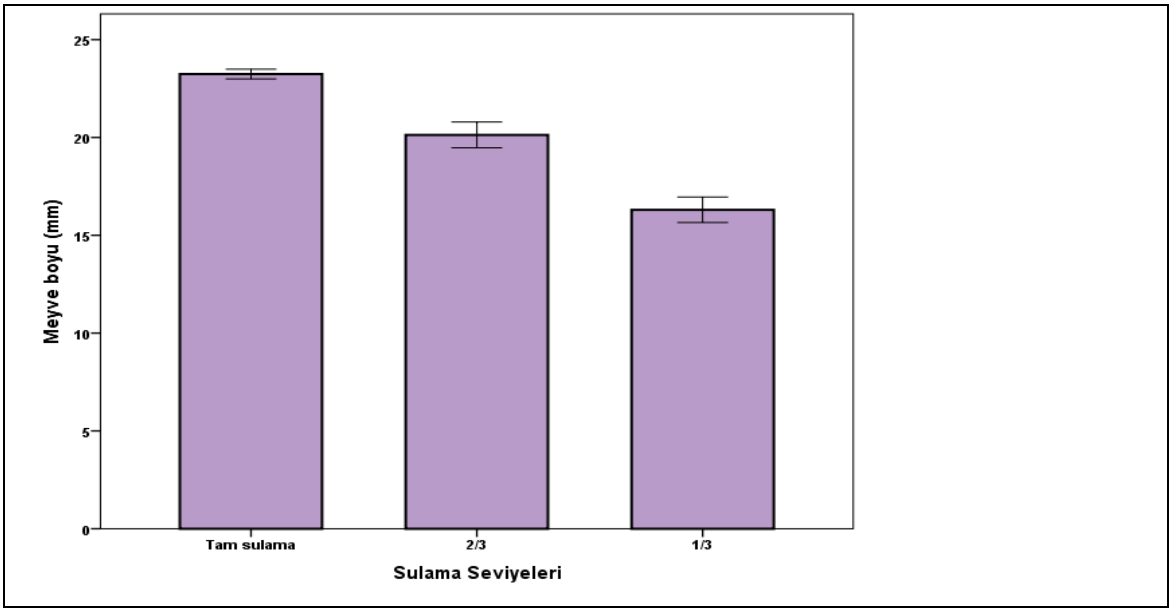



**Şekil 4.11.** Sulama seviyelerine göre köklerde meydana gelen farklılıklar
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

Kısıntılı sulama uygulamalarına göre 4 ay boyunca "Gemlik" zeytin çeşidinde meyve eni ve meyve boyunda meydana gelen değişimler Şekil 4.12., Şekil 4.13. ve Çizelge 4.5.'de görülmektedir.




**Şekil 4.12.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre meyvelerde meydana gelen meyve enleri
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.13.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre meyvelerde meydana gelen meyve boyları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.5.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre meyvelerde meydana gelen meyve enleri ve meyve boyları

| **Değişkenler** | **Meyve eni (mm)** | **Meyve boyu (mm)** |
|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | |
| Tam sulama | $17.4^{a\,\beta}$ | $23.2^{a\,\beta}$ |
| 2/3 sulama | $14.9^{b}$ | $20.1^{b}$ |
| 1/3 sulama | $12.0^{c}$ | $16.3^{c}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | * | * |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

ÖD, * %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Sulama seviyelerine göre meyve eninde tüm sulama seviyeleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık bulunmuştur. Çizelge 4.5. meyve eninde meydana gelen değişiklikleri göstermektedir. Çizelgeye göre; en fazla meyve eni ortalama 17.4 mm ile $I_{100}$seviyesinde olduğu görülürken ortalama 14.9 mm ile $I_{66}$ seviyesinin $I_{100}$ seviyesini takip ettiği görülmektedir. En az meyve eni ortalama 12 mm ile $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerden elde edilmiştir. Sulama seviyelerine göre meyve boyunda meydana gelen değişiklikler dikkate alındığında tüm sulama seviyeleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık olduğu dikkat çekmektedir. Çizelge 4.5. meyve boyunda meydana gelen değişiklikleri göstermektedir. Çizelge incelendiğinde; en fazla meyve boyu ortalama 23.2 mm ile $I_{100}$ seviyesinde olurken, bu değeri 20.1 mm ile $I_{66}$seviyesi takip etmiştir. En az meyve boyu ise 16.3 mm ile $I_{33}$seviyesinde olmuştur. Şekil 4.14. sulama seviyelerine göre meyve boyutunda meydana gelen değişimleri göstermektedir. En büyük meyveler $I_{100}$ seviyesinde, en küçük meyveler ise $I_{33}$ seviyesinde olmuştur.

Sulama seviyesine göre meyve eni ve meyve boyu interaksiyonlarına bakıldığında istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık olduğu görülmüştür ($p \leq 0.05$).

Pıtır (2015), kısıntılı sulama uygulamalarının Jalapeno çeşidi biberde meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişiklikleri incelemiştir. Deneme plastik serada yürütülmüş ve 4 farklı (%100 sulama: kontrol, %50 sulama, %25 sulama ve %0: sulama uygulanmayan konu) sulama seviyesi uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre meyve çapı ve meyve boyu değişimleri incelendiğinde %100 ve %50 sulama seviyeleri aynı istatistik grupta yer almış ve bunu yine aynı grupta yer alan %25 ve %0 sulama seviyeleri takip etmiştir. Bu sonuçlar meyve gelişimlerinin en fazla kontrol seviyesinde, en az meyve gelişimlerinin ise sulanmayan konuda olduğunu göstermiştir.

Yıldırım (2012), sera ortamında biber üzerine yaptığı çalışmada su stresi ile verim arasındaki ilişkiyi belirlemiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde meyve boyu, meyve çapı ve meyve et kalınlığı istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Yarış (2018), fasulyeye farklı sulama seviyeleri (%100 sulama, %75 sulama, %50 sulama, %25 sulama ve %0 sulama) uygulayıp bitkide meydana gelen değişimleri araştırmıştır. Bakla çapları ve bakla boyları sulama seviyelerine göre değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar, en fazla çap genişlemesinin ve boy uzunluğunun %100 sulama seviyesinde olduğunu gösterirken en az bakla gelişimlerinin %0 sulama seviyesinde olduğunu görmüştür.

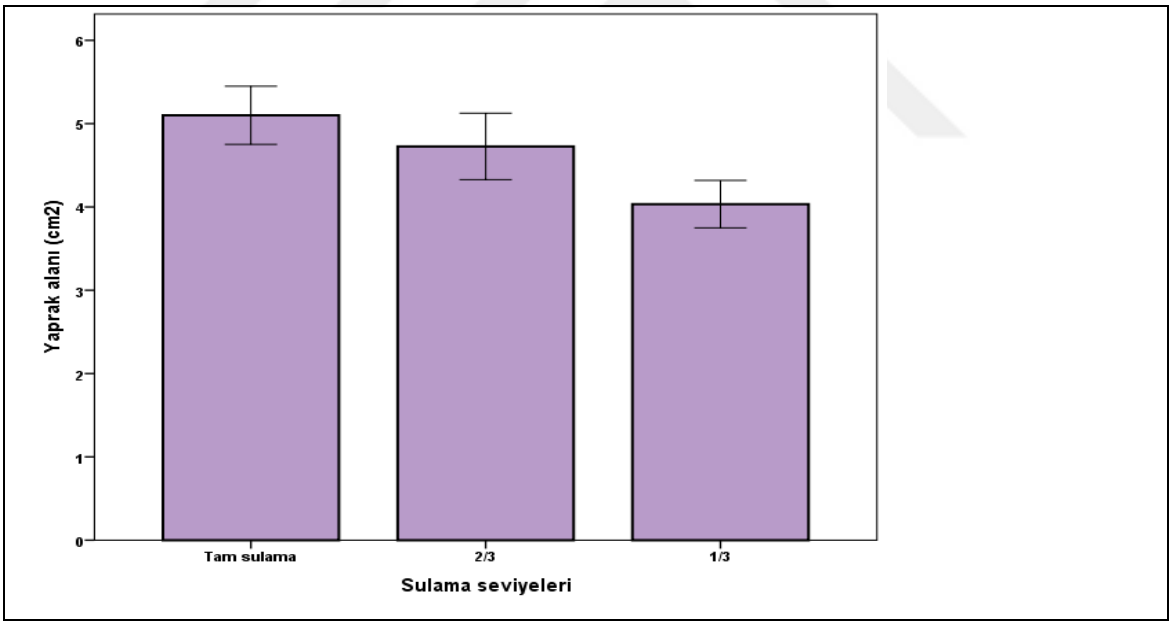
Araştırmalardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, bu sonuçların çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla örtüştüğü görülmektedir.



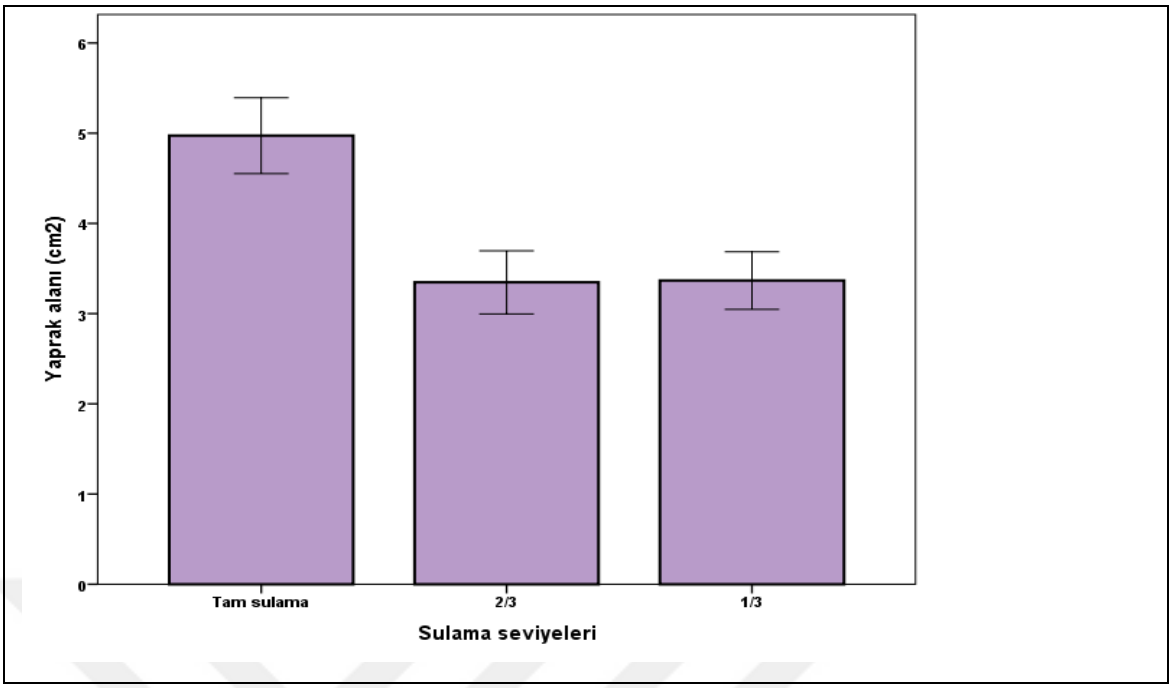
**Tam sulama** **2/3 sulama** **1/3 sulama**

**Şekil 4.14.** Sulama seviyelerine göre meyve boyutunda meydana gelen farklılıklar
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

Kısıntılı sulama uygulamalarına göre 4 ay boyunca "Gemlik" zeytin çeşidinde yaprak alanında meydana gelen değişimler Şekil 4.15., Şekil 4.16. ve Çizelge 4.6.'da görülmektedir.




**Şekil 4.15.** Gemlik zeytin çeşidinde 1. Ölçüm'de (Temmuz ayı) sulama seviyelerine göreyaprak alanları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.16.**Gemlik zeytin çeşidinde 2. Ölçüm'de (Ağustos ayı) sulama seviyelerine göre yaprak alanları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.6.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitkilerde meydana gelen yaprak alanı değişimleri

| **Değişkenler** | **23 Temmuz-1. Ölçüm** | **15 Ağustos-2. Ölçüm** |
|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | |
| Tam sulama | $5.1^{a\,\beta}$ | $5.0^{a\,\beta}$ |
| 2/3 sulama | $4.7^{ab}$ | $3.3^{b}$ |
| 1/3 sulama | $4.0^{b}$ | $3.4^{b}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | ÖD | * |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

ÖD, * %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Sulama seviyelerine göre Temmuz ayında yapılan yaprak alanı ölçümleri Şekil 4.15.'de görülmektedir. Buna göre, $I_{100}$ ve $I_{66}$ seviyeleri, $I_{33}$ seviyesinden istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Çizelge 4.6.'ya göre en büyükyaprak alanı ortalama 5.1 $cm^2$ ile $I_{100}$ seviyesinde belirlenmiştir. Bu değeri ortalama 4.7 $cm^2$ ile $I_{66}$seviyesindeki bitkiler izlemiştir. En küçük yaprak alanı ise ortalama 4.0 $cm^2$ ile $I_{33}$ seviyesinde olmuştur. Sulama seviyelerine göre interaksiyonları incelendiğinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık yoktur ($p \leq 0.05$). Bitkilerde kısıntılı sulama uygulamaları devam ederken meydana gelen kuraklık stresinin artmasıyla birlikte Ağustos ayında yaprak alanı ölçümleri tekrarlanmıştır. Şekil 4.16.'da görüldüğü üzere $I_{100}$ seviyesi, $I_{66}$ ve $I_{33}$ seviyelerine göre istatistiksel açıdan farklılık göstermiştir. Çizelge 4.6.'da ifade edildiği gibi Ağustos ayında en büyük yaprak alanı ortalama 5.0 $cm^2$ ile $I_{100}$ seviyesinde olurken en küçük yaprak alanı ise $I_{66}$ (3.3 $cm^2$) ve $I_{33}$ (3.4 $cm^2$) seviyelerinde ölçülmüştür.

Sulama seviyesine göre interaksiyonları incelendiğinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).

Yaprak yüzeyi genişledikçe bitkilerde gerçekleşen su kaybının arttığı görülmektedir. Kısıntılı sulama seviyelerine göre bitkilerde meydana gelen stresin arttığı yaprak yüzey alanlarında azalmalar olduğu görülür bu durum bitkinin gerçekleşen stres ortamına adaptasyonu ile ilgilidir. Kuraklık stresinin artmasına bağlı olarak yapraklarda meydana gelen değişimler genel olarak gerçekleşen su kaybını azaltmaya yöneliktir (Mahajan ve Tuteja 2005).

Ennajeh ve ark. (2010), kuraklığa dayanıklı ve kuraklığa duyarlı iki zeytin çeşidinin yaprak anatomisi üzerine çalışma yapmışlardır. Bunun için kuraklığa dayanıklı "Chemlali" çeşidi ve kuraklığa duyarlı "Meski" zeytin çeşidini kullanmışlardır. Yaprak anatomik özelliklerine bakıldığında çeşitler arasında farklılıklar bulunmuştur. Düşük su mevcudiyeti koşulları altında, yaprak boyutu "Meski'de" %15 azalırken, "Cemlali'de" %24 azalmıştır yani "Chemlali" çeşidinde kuraklık stresi sırasında yaprak yüzeylerinin daha çok küçüldüğü sonucuna varılmıştır.

Buğday üzerine yapılan bir çalışmada kurak koşullar uygulanmış ve elde edilen sonuçlarda stres altındaki bitkilerin normal bitkilere göre yaprak alanında daha az artmalar olduğunu izlenmiştir (Boogard ve ark. 1997).

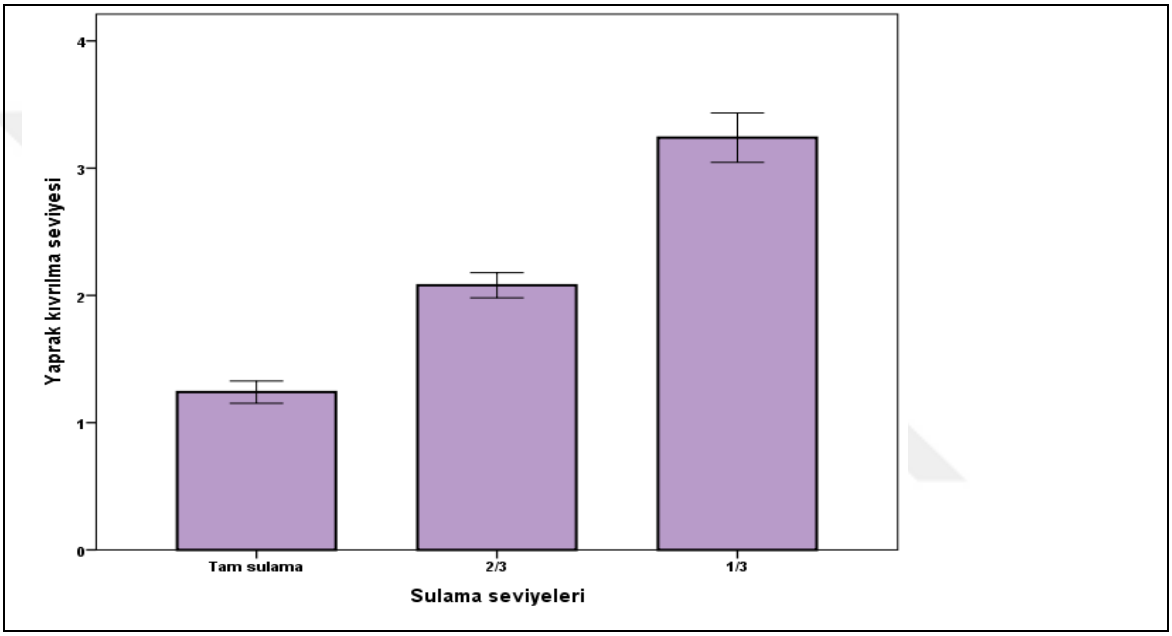
Yurtyeri (2009), ıspanağa farklı tuz seviyeleri ile su stresi uygulamış ve su uygulamasının azalmasına paralel olarak yaprak alanında azalmalar görmüştür. Çalışmamızın sonuçlarında da görüldüğü üzere kısıntılı sulama uygulamalarına bağlı olarak stres arttıkça yaprak alanlarında azalmalar meydana gelmiş ve $I_{66}$ seviyesinde sulanan bitkilerde bu azalma daha belirgin olmuştur.

Çelik (2014), farklı sulama seviyelerini yerkirazında uygulamıştır. Yaprak alanında meydana gelen değişimlerinde dikkate alındığı bu çalışmada uygulanan sulama suyu miktarının azalmasına paralel olarak yaprak yüzeylerinin küçüldüğü ifade edilmiştir. En fazla yaprak alanı kontrol (%100 sulama) konusundan elde edilirken, en az yaprak alanı ise hiç sulama yapılmayan (%0 sulama) bitkilerde görülmüştür. Benzer şekilde Pıtır (2015), Jalapeno biber çeşidi üzerine yaptığı araştırmada sulama seviyesinin azalmasına

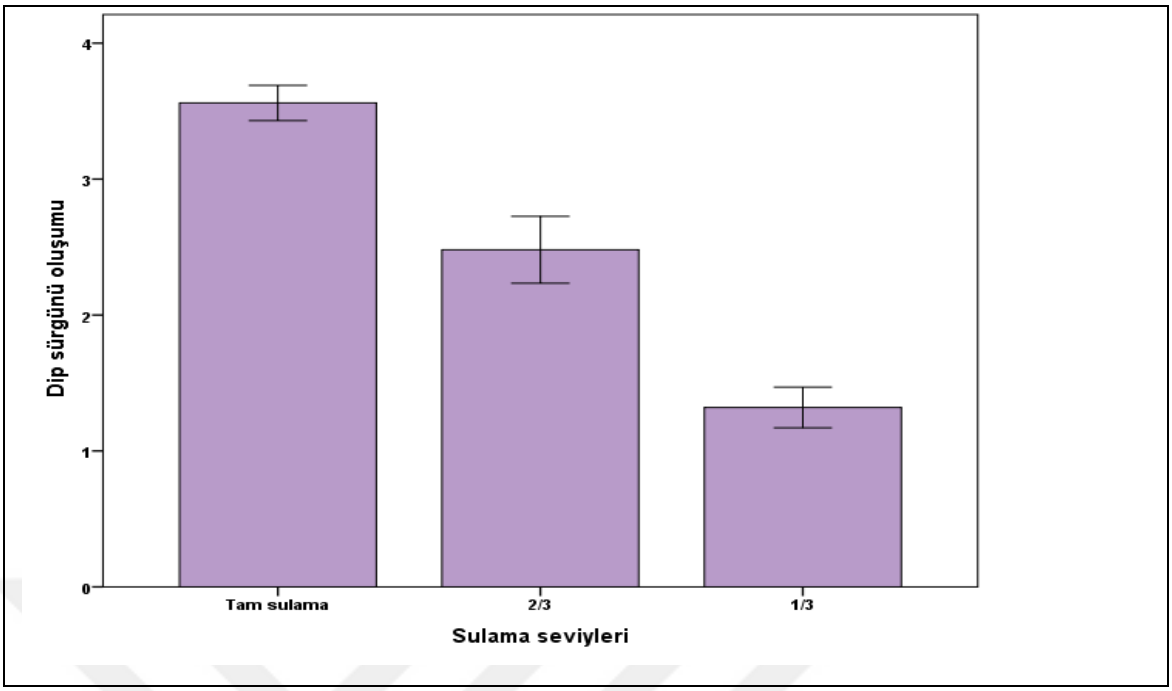
bağlı olarak meydana gelen stresin şiddetlenmesiyle birlikte yaprak alanında azalmalar olduğunu belirtmiştir.

Farklı bitkilerden elde edilen bu bulgular çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Kısıntılı sulama uygulamalarına göre 4 ay boyunca "Gemlik" zeytin çeşidinde yaprak ucu kıvrılma seviyeleri ve dip sürgünü oluşturma potansiyellerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.17., Şekil 4.18. ve Çizelge 4.7.'de görülmektedir.




**Şekil 4.17.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitkilerde meydana gelen yaprak ucu kıvrılma seviyeleri
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.18.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitkilerde meydana gelen dip sürgünü oluşumları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.7.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre bitkilerde meydana gelen yaprak ucu ukıvrılma seviyeleri ve dip sürgünü oluşumları

| Değişkenler | Yaprak ucu kıvrılması | Dip sürgünü oluşumu |
|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | |
| Tam sulama | $1.2^{c\,\beta}$ | $3.6^{a\,\beta}$ |
| 2/3 sulama | $2.0^{b}$ | $2.5^{b}$ |
| 1/3 sulama | $3.2^{a}$ | $1.3^{c}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | * | * |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

ÖD, * %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

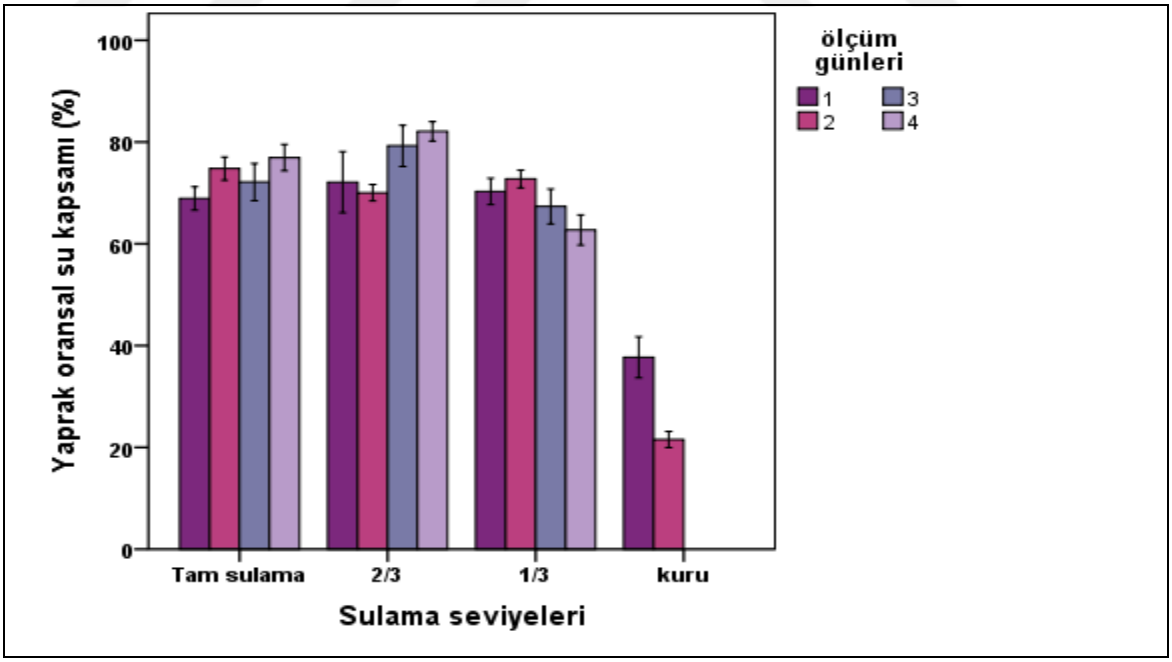
$I_{100}$ seviyesinde sulanan bitkiler, kısıntılı sulama uygulaması sonucu meydana gelen kuraklık stresi etkisinde kalmadıkları için yapraklarında kıvrılmalar gerçekleşmemiştir. $I_{66}$ seviyesindeki bitkilerde görülen kıvrılmalar hafif düzeyde olurken, $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerin yapraklarında görülen uç kıvrılmaları şiddetli olmuştur. Şekil 4.17.'de görüldüğü gibi tüm sulama seviyeleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık tespit edilmiştir. Diğer yandan Çizelge 4.7. incelendiğinde, en fazla kıvrılma $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerde görülmüş ve bu bitkileri $I_{66}$ seviyesi izlemiştir. $I_{100}$ seviyesindeki bitkilerde ise yaprak kıvrılması meydana gelmemiştir. Sulama seviyesine göre interaksiyonları incelendiğinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). Dip sürgünü oluşturma potansiyelleri sulama seviyelerine göre değerlendirildiğinde, en fazla dip sürgünü $I_{100}$ seviyesindeki bitkilerden elde edilmiştir. $I_{33}$seviyesindeki bitkiler ise çok az dip sürgünü oluşturmakla birlikte hiç sürgün oluşturmayan bitkiler olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.7.'de en fazla dip sürgünü $I_{100}$

seviyesindeki bitkilerde görülürken bu bitkileri $I_{66}$ seviyesinin takip etmiş, en az sürgün oluşumunun ise $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerde olduğu görülmüştür. Sulama seviyesine göre interaksiyonları incelendiğinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).

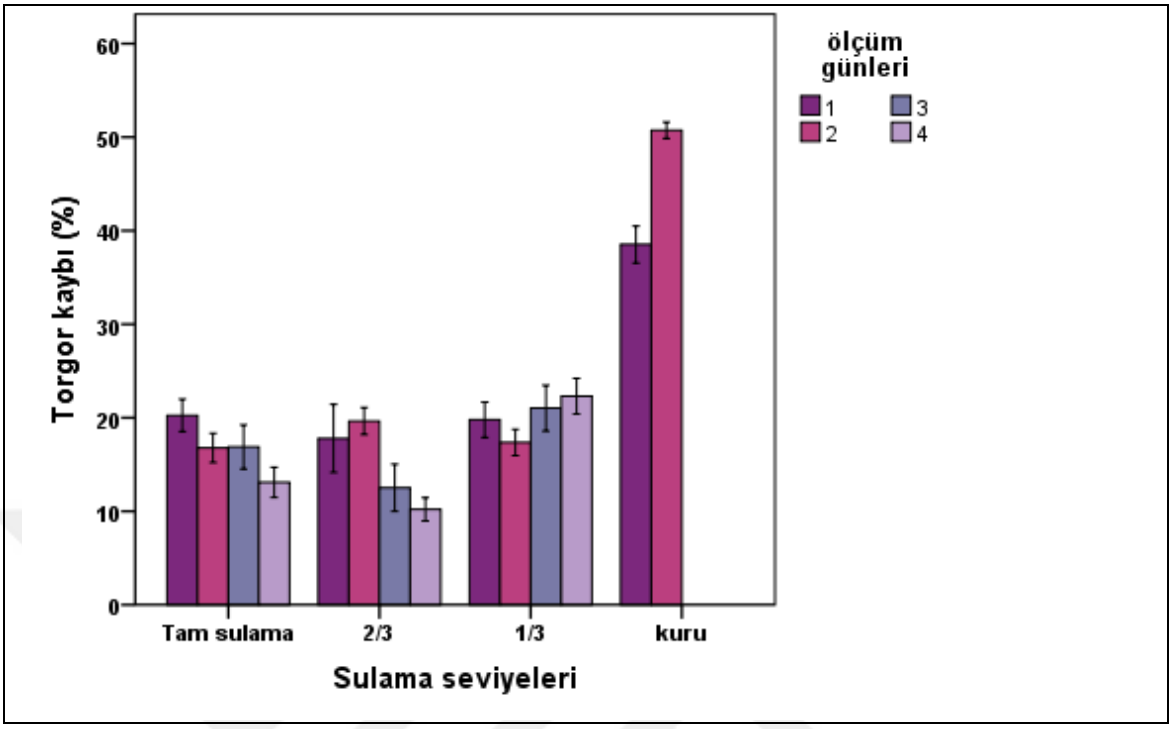
Kuraklık stresi sonucu bitkilerde morfolojik gözlemlere dayanarak yaprak ucu kıvrılması ve dip sürgünü oluşturma potansiyelleri değerlendirilmiş olup literatürde bu tür bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu parametreleri içeren bir çalışma ile karşılaştırılma yapılamamıştır.

## 4.2. Fizyolojik ölçümler

Kısıntılı sulama uygulamalarına göre 4 ay boyunca "Gemlik" zeytin çeşidinde yaprak oransal su kapsamı ve turgor kaybında meydana gelen değişimler Şekil 4.19., Şekil 4.20. ve Çizelge 4.8.'de görülmektedir.




**Şekil 4.19.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre yaprak oransal su kapsamında meydana gelen değişimler
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.20.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre turgor kaybında meydana gelen değişimler
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.8**. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre yaprak oransal su kapsamı ve turgor kaybında meydana gelen değişimler

| Değişkenler | Yaprak oransal su kapsamı (%) | Turgor kaybı (%) |
|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | |
| Tam sulama | 73.2$^{ab\ \beta}$ | 16.8$^{c\ \beta}$ |
| 2/3 sulama | 75.9$^{a}$ | 15.0$^{c}$ |
| 1/3 sulama | 68.3$^{b}$ | 20.1$^{b}$ |
| Kuru | 29.6$^{c}$ | 44.6$^{a}$ |
| **Ölçüm günleri** | | |
| 1 | 62.4$^{b}$ | 24.0$^{a}$ |
| 2 | 59.8$^{b}$ | 26.1$^{a}$ |
| 3 | 72.9$^{a}$ | 16.8$^{b}$ |
| 4 | 73.9$^{a}$ | 15.2$^{b}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | * | * |
| Ölçüm günü | ÖD | ÖD |
| Sulama seviyesi x Ölçüm günü | * | * |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

ÖD, $^{*}$ %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre yaprak oransal su kapsamında meydana gelen değişimler dikkate alındığında,$I_{100}$ve $I_{66}$ seviyelerinde ilk ölçüm günü ile son ölçüm günü arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu ve yaprak oransal su içeriğinin arttığı görülmektedir. $I_0$ve $I_{33}$ seviyeleri incelendiğinde ise ilk ölçüm ile son ölçüm günü arasında istatistiksel farklılık olduğu ve yaprak oransal su içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir. Çizelge 4.8.'e göre en fazla yaprak oransal su içeriği ortalama %75.9 ile $I_{66}$ seviyesinde olduğu görülürken bu değeri %73.2 ile $I_{100}$ seviyesindeki bitkiler takip etmiştir. $I_{33}$ seviyesinde değerin ortalama %68.3 olduğu, en az yaprak oransal su içeriğinin ise ortalama %29.6 ile $I_0$ bitkilerinde olduğu görülmüştür. Yaprak oransal su kapsamı içerikleri ölçüm günlerine göre değerlendirildiğinde %72.9 ve %73.9 değerleri ile en fazla su kapsamı 3. ve 4. ölçüm günlerinden, en az su kapsamı ise %62.4 ve %59.8 değerleri ile 1. ve 2. ölçüm günlerinden elde edilmiştir. Sulama seviyesi x ölçüm günü interaksiyonları incelendiğinde yaprak oransal su kapsamında istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık görülmektedir ($p \leq 0.05$). Diğer yandan sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre turgor kaybı oranları dikkate alındığında $I_{100}$ ve $I_{66}$ seviyelerinde ilk ölçüm ve son ölçüm günlerine göre turgor kaybının en az seviyede olduğu göze çarparken $I_0$ ve $I_{33}$ seviyelerinde daha çok turgor kaybı gerçekleşmiştir. Çizelge 4.8.'de görüldüğü gibi en fazla turgor kaybı ortalama %44.6 ile $I_0$seviyesinde olmuştur. Ortalama %20.1 değeri ile $I_0$seviyesini$I_{33}$ seviyesindeki bitkiler izlemiştir. En az turgor kaybının ortalama %16.8 ve %15.0 değeri ile $I_{100}$ve $I_{66}$seviyelerinde olduğu ifade edilmiştir. Ölçüm günleri açısından turgor kayıpları değerlendirildiğinde en fazla turgor kaybı %24.0 ve %26.1 değerleri ile 1. ve 2. Ölçüm günlerinde, en az turgor kaybı ise %15.2 ve %16.8 değerleri ile 3. ve 4. Ölçüm günlerinde olmuştur. Sulama seviyesi x Ölçüm günü interaksiyonları incelendiğinde turgor kaybı istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Kırnak ve Demirtaş (2002), kiraz ağaçları üzerine farklı sulama seviyelerini (%100 sulama: kontrol, %75 sulama, %50 sulama ve %25 sulama) uyguladıkları çalışmada elde ettikleri sonuçlara göre yaprak oransal su içeriği ile uygulanan sulama miktarı arasında doğrusal ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Kontrol grubu ile %75 sulama seviyesi arasında istatistiksel anlamda farklılık olmadığı diğer konular arasında istatistiksel anlamda farklılık olduğu görülmüştür. Yaprak oransal su kapsamındaki en fazla düşüş ise %25 sulama seviyesinde izlenmiştir.

Çelik (2014), yerkirazı üzerine benzer şekilde sulama uygulamaları yapmış ve elde ettiği sonuçlara göre su seviyeleri ile yaprak oransal su içeriği arasında doğrudan ilişki olduğunu saptamıştır.

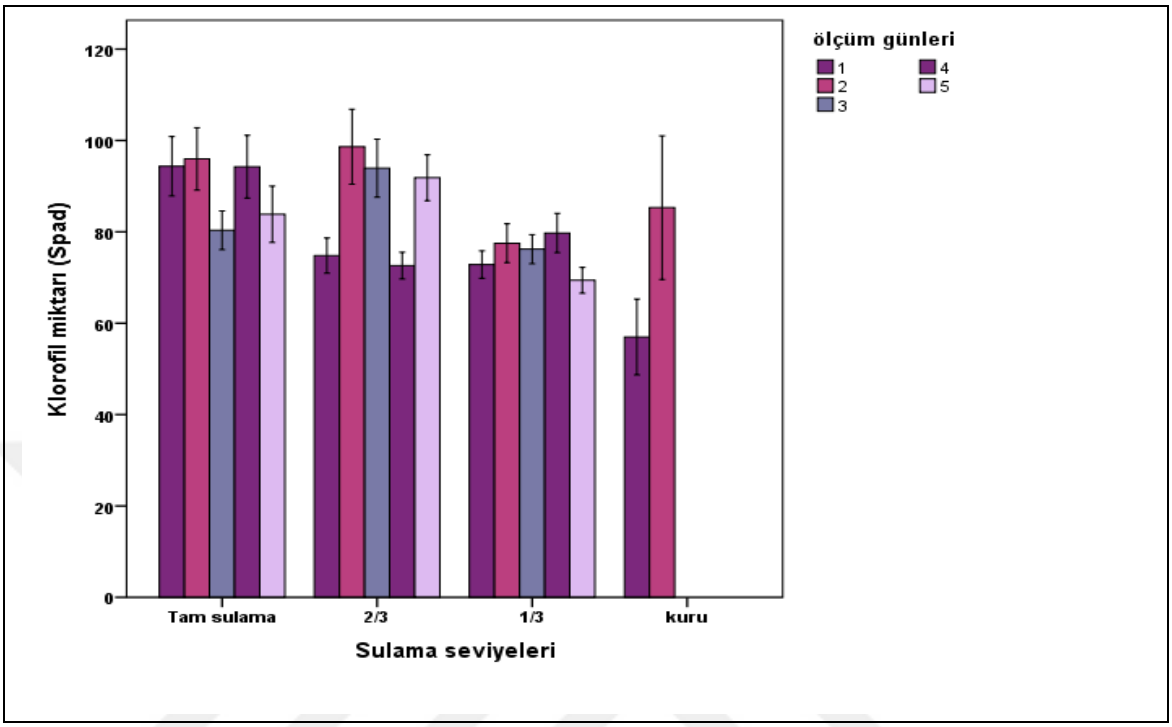
Yarış (2018), fasulyeye farklı sulama seviyeleri (%100 sulama, %75 sulama, %50 sulama, %25 sulama ve %0 sulama) uygulayıp bitkide meydana gelen değişimleri araştırmıştır. Sulama seviyelerine göre yaprak oransal su kapsamları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En fazla yaprak oransal su kapsamı %100 sulama seviyesinde, en az yaprak oransal su kapsamı ise %0 sulama seviyesinden elde edilmiştir.

Fasülye genotiplerinde tuz ve kuraklık stresinin etkilerini inceleyen Kaya (2011), kuraklık stresi altında bitkilerde yaprak oransal su kapsamının azaldığını tespit etmiştir.

Şeker pancarı üzerine araştırma yapan Köksal (2006), yaprak oransal su kapsamının sulama suyu ile paralellik gösterdiğini uygulanan sulama suyunun artmasıyla yaprak oransal su kapsamının arttığını ifade etmiştir.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre, en fazla yaprak oransal su kapsamı $I_{66}$seviyesinde, en azyaprak oransal su kapsamı ise $I_0$ seviyesindeki bitkilerde yaşanmıştır. En az turgor kaybı $I_{66}$ seviyesinde buna karşın en fazla turgor kaybı $I_0$seviyesinde gerçekleşmiştir. Yukarıda yer alan çalışmalar, turgor kaybının en fazla $I_0$ seviyesinde gerçekleşmesi açısından çalışmamız ile paralellik göstermektedir fakat diğer sonuçlar bu çalışmalar ile örtüşmemektedir. Bu değişikliğin sebebinin farklı tür kullanımı olduğu düşünülmektedir.

Kısıntılı sulama uygulamalarına göre 4 ay boyunca “Gemlik” zeytin çeşidinde klorofil miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.21. ve Çizelge 4.9.’da görülmektedir.




**Şekil 4.21.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyeleri ve ölçüm günlerine göre klorofil miktarları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.9.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyeleri ve ölçüm günlerine göre klorofil miktarları

| **Değişkenler** | **Klorofil miktarı (SPAD)** |
|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | |
| Tam sulama | 89.8[a β] |
| 2/3 sulama | 86.4[a] |
| 1/3 sulama | 75.1[b] |
| Kuru | 71.1[b] |
| **Ölçüm günleri** | |
| 1 | 74.7[b] |
| 2 | 89.3[a] |
| 3 | 83.5[ab] |
| 4 | 82.2[ab] |
| 5 | 81.7[ab] |
| **ANOVA** | |
| Sulama seviyesi | * |
| Ölçüm günü | * |
| Sulama seviyesi x Ölçüm günü | * |

[β] Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

ÖD, [*] %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Sulama seviyelerine ve ölçüm günlerine göre deneme süresi boyunca bitkilerde meydana gelen klorofil miktarı değişimleri incelendiğinde tüm sulama seviyelerinde düzensizlikler olduğu yani ölçüm günlerine göre klorofil miktarlarında artmalar ve azalmalar olduğu görülmektedir. $I_{100}$ve $I_{33}$ seviyelerinde ilk ölçüm ile son ölçüm günleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık olmadığı tespit edilirken $I_0$ ve $I_{66}$ seviyelerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık olduğu dikkat çekmektedir. Çizelge 4.9. klorofil miktarı değişimlerini göstermektedir. Çizelgeye göre; en fazla klorofil miktarının ortalama 89.8 SPAD ve 86.4 SPAD değerleri ile $I_{100}$ve $I_{66}$seviyelerinde olduğu görülmüştür. En az klorofil miktarı ortalama 75.1 SPAD ile $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerde ve ortalama 71.1 SPAD değeri ile $I_0$ bitkilerinde olmuştur. Ölçüm günleri açısından en fazla klorofil içeriği 89.3 SPAD ile 2. ölçüm gününde, en az klorofil içeriği ise 74.7 SPAD ile 1. ölçüm gününden elde edilmiştir. Sulama seviyesi x ölçüm günü interaksiyonları incelendiğinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).

Stres yaşayan bitkilerde; ozmotik uyumsuzluk, metabolik bozukluklar ve iyon içeriklerinde dengesizlik görülür. Meydana gelen bu değişimler klorofil ve karotenoid miktarları üzerinde de olumsuz etkisini gösterir. Bu olumsuz etki sonucunda klorofil parçalanmaları görülürken aynı zamanda klorofil sentezininde azaldığı görülmektedir (Köşkeroğlu 2006).

Boughallep ve Hajlaoui (2009), zeytin çeşitlerinde kuraklığın neden olduğu fizyolojik ve anatomik değişiklikleri incelemişlerdir. Çalışmada fotosentetik kapasite ve klorofil miktarı araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre stresin şiddetlenmesiyle fotosentetik kapasitenin ve klorofil miktarının azaldığı tespit edilmiştir.

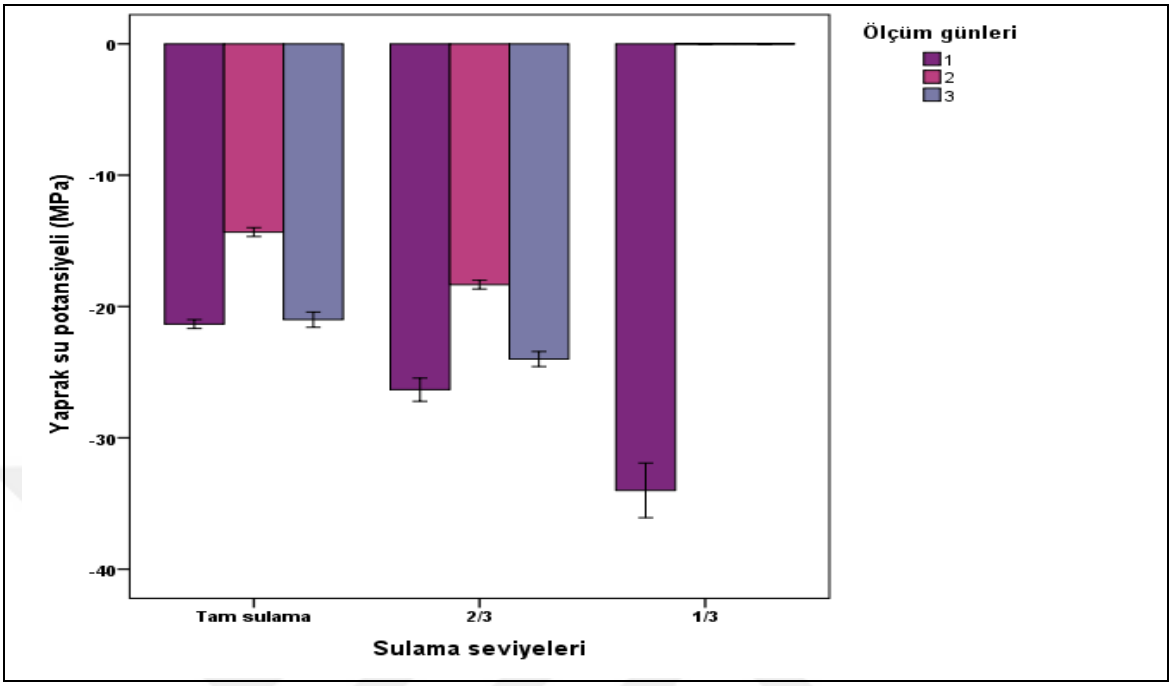
Külahçılar (2016), tombul fındık çeşidi üzerine farklı su seviyelerini mini yağmurlama sistemi ile uygulamışlardır. Çalışmada bitkiler 3 farklı sulama seviyesi (%0: kontrol, %50 sulama ve %100 sulama) ile sulanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde yapraktaki klorofil miktarının sulama seviyelerinden önemli düzeyde etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlarda ise sulama suyu seviyelerinin yapraklardaki klorofil miktarını etkilediği sonucuna varılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında, elde edilen sonuçların birbiriyle örtüşmediği bunun sebebinin ise farklı tür bitki kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kırnak ve Demirtaş (2002), kiraz fidanları üzerine dört farklı sulama seviyesi (%100 sulama: kontrol, %75 sulama, %50 sulama ve %25 sulama) uygulamış ve klorofil miktarları her sulama seviyesinde istatistiksel açıdan farklılık göstermiştir. Ayrıca uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça ve deneme süresinin uzaması ile birlikte stres altındaki bitkilerin klorofil miktarlarında düşüş olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu araştırma sulama suyu miktarının azalmasına paralel olarak klorofil miktarında azalmalar görülmesi yönünden çalışmamız ile uyuşmaktadır fakat bizim elde ettiğimiz sonuçlara göre tüm sulama seviyeleri arasında istatistiksel anlamda farklılık görülmemiştir. $I_{100}$ ile $I_{66}$ sulama seviyeleri aynı grupta yer alırken, $I_0$ (susuz konu) ile $I_{33}$sulama seviyesi farklı istatistik grubunda yer almıştır.

Doğan ve ark. (2020), ceylangözü üzerine farklı sulama seviyeleri (%100 sulama, %80 sulama, %60 sulama, %40 sulama ve %20 sulama) uygulayarak yapraklardaki klorofil içeriklerini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, %100, %80 ve %60 sulama seviyelerinde benzerlik görülmüş fakat %40 ve %20 sulama seviyelerinde belirgin farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. Kuraklığın etkisini göstermesi ile birlikte son ölçüm gününde %20 seviyesindeki bitkilerde klorofil ölçümü yapılamamıştır. Sonuç olarak, en fazla klorofil içeriği %100 sulama seviyesinde en az klorofil içeriği ise %20 sulama seviyesinde elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyuna paralel olarak klorofil miktarında değişimlerin görüldüğü bu araştırma, çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Öztürk ve Korkut (2018), kuraklık stresinin buğdayda klorofil kapsamına etkisini araştırmışlar ve kuraklığın klorofil miktarını azalttığını görmüşlerdir. Bu araştırma sonucu, çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir.

Kısıntılı sulama uygulamalarına göre 4 ay boyunca “Gemlik” zeytin çeşidinde yaprak su potansiyelinde meydana gelen değişimler Şekil 4.22.‘de görülmektedir.




**Şekil 4.22.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre ve ölçüm günlerine göre yaprak su potansiyelleri
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

Sulama konularına göre yaprak su potansiyeli değerlerinin değişim gösterdiği, genelde su stresi altında bulunan zeytin bitkisi yaprak su potansiyeli değerlerinin negatif yönde arttığı görülmektedir. En yüksek yaprak su potansiyeli değerleri, her 3 ölçümde de $I_{100}$ konusundaki bitkilerden elde edilirken en düşük ise en sert su stresinin yaşandığı $I_{33}$ ET konusu altındaki zeytin yapraklarından ölçülmüş, $I_{66}$ ET konusundaki zeytin bitkilerinin yaprak su potansiyeli değerleri ise bu iki konu arasında ölçülen değerler arasında kalmıştır. Bu durum, bitki kök bölgesinde tam veya kısıntılı düzeyde de olsa su temininin, bitkininkökten suyu daha kolay aldığını ve yaprak su potansiyeli değerlerini artırdığını göstermektedir. Yaprak su potansiyeli değerleri, ölçüm zamanına göre de farklılıklar göstermiştir. İlk ölçüm 5 Temmuz, ikinci ölçüm 4 Ağustos ve üçüncü ölçüm ise 30 ağustos tarihlerinde yapılmıştır. Şekil 4.25’e göre, Temmuz ayının ilk haftasında ölçülen yaprak su potansiyeli değerleri diğer aylardaki değerlerden daha yüksek bulunmuş, ağustos ayı başında kısmen azalmış ve Ağustos ayı sonunda tekrar artış göstermiştir. En sert su stresinin uygulandığı 1/3 ET konusunda sadece 1. ölçümde

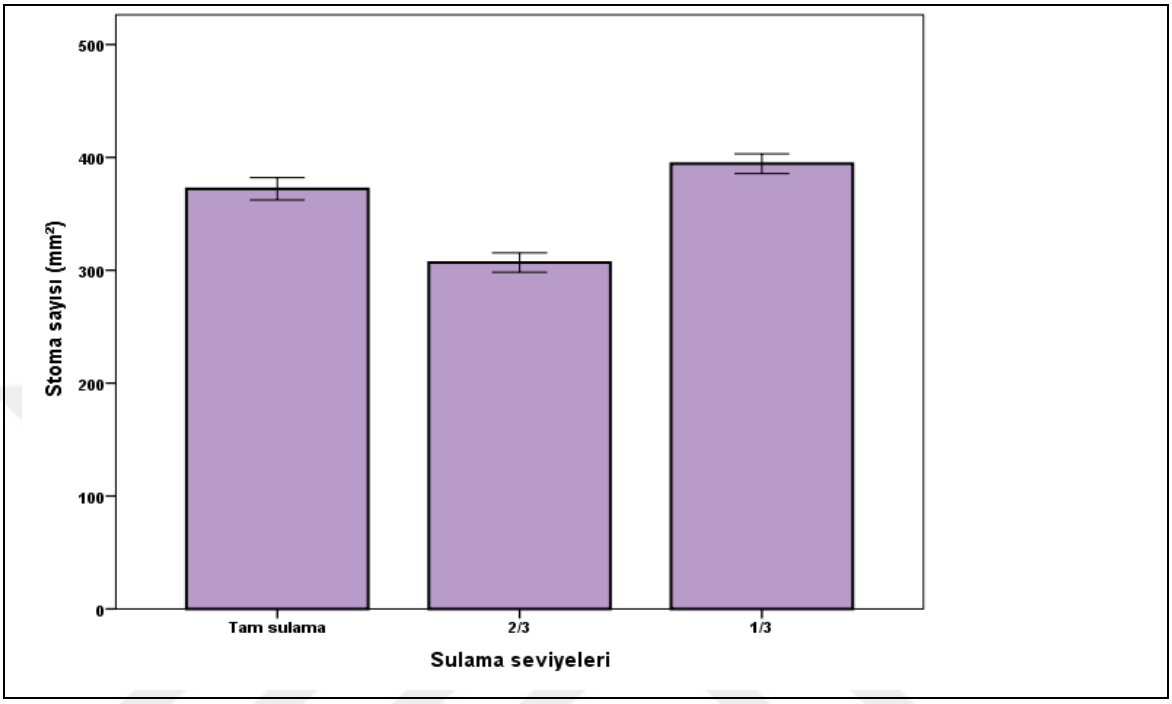
değer okunmuş, diğer ölçümlerde iseyaprak su potansiyeli cihazının ölçüm sınırları dışında gerçekleşen düşük yaprak su basıncınedeniyle değer okunamamıştır.

Güler (2018), yaptığı çalışmada farklı zeytin çeşitleri üzerinde su noksanlığı ile birlikte meydana gelen morfolojik, anatomik, fizyolojik özelliklerin değişimini ve gen ifadelerini belirlemiştir. Bu çalışmada bitkiler kırk beş gün boyunca sulama yapılmadan bekletilmiş ve kırk beş günün sonunda strese giren bitkiler tekrar sulanmıştır. Sonuçlar strese giren bitkiler ile kontrol bitkileri arasında önemli düzeyde farklılık olduğunu göstermiştir. Kırk beşinci gün değerlerine bakıldığında en yüksek MPa -3.74 değeri ile "Kilis Yağlık" çeşidinden, en düşük MPa -3.97 değeri ile "Manzanilla" çeşidinden elde edilmiştir. Çalışma sonucundan elde edilen verilere göre yaprak su potansiyeli ölçümleri kuraklık stresinin belirlenmesinde önemli bir parametre olmuştur. "Ayvalık" ve "Domat" çeşitlerinin ise -3.87 ve -3.83 MPa değerleri ile "Manzanilla" çeşidini takip ettiği görülmüştür.

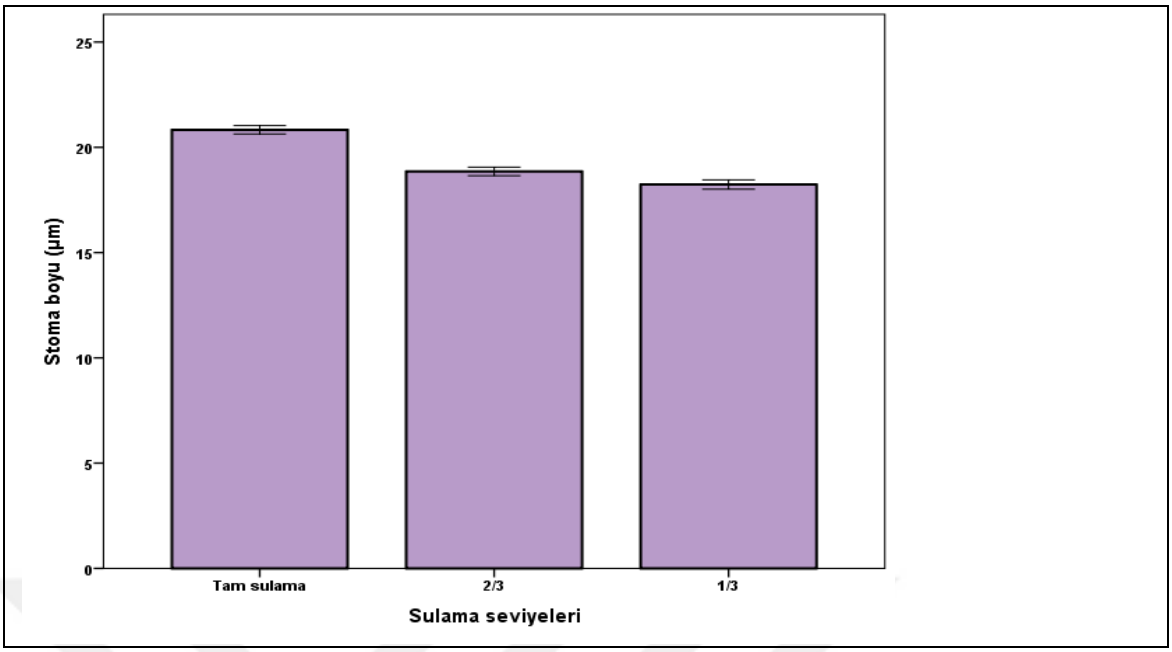
Boughallep ve Hajlaoui (2010), zeytin çeşitlerinde kuraklığın neden olduğu fizyolojik ve anatomik değişiklikleri incelemişlerdir. İki çeşidin bağıl büyüme oranı, yaprak su potansiyeli ve yaprak bağıl su içeriğinin artan su stresi ile azaldığı görülmüştür.

Doğan ve ark. (2020), ceylangözü üzerine farklı sulama seviyeleri (%100 sulama, %80 sulama, %60 sulama, %40 sulama ve %20 sulama) uygulayarak yaprak su potansiyeli ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, %100, ve %80 sulama seviyelerinde benzerlikler görülmüş ayrıca %60 ve %40 sulama seviyelerinde de benzerlikler tespit edilerek en az değerin %20 düzeyinde sulanan bitkilerde olduğunu ifade etmişlerdir. Kuraklığın etkisini göstermesi ile birlikte son ölçüm gününde %20 seviyesinde sulanan bitkilerde ölçümler gerçekleştirilememiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, sulama seviyelerine bağlı olarak gerçekleşen stresin yaprak su potansiyeli değerini azalttığı görülmektedir.

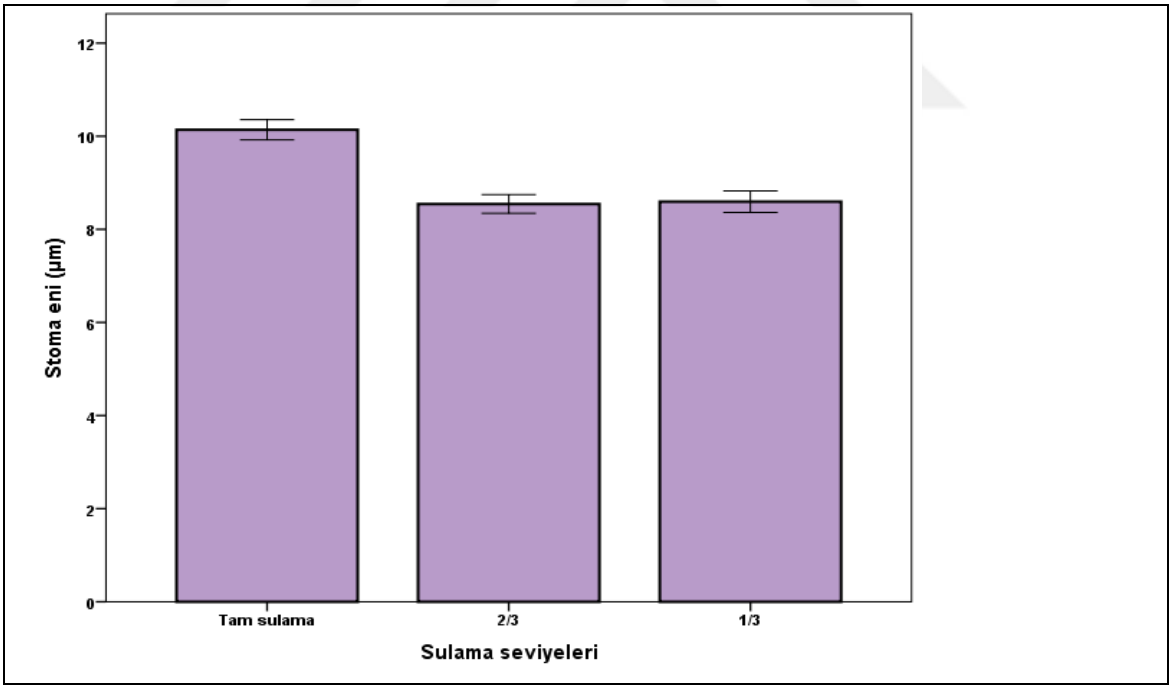
Kısıntılı sulama uygulamalarına göre 4 ay boyunca “Gemlik” zeytin çeşidinde stoma sayılarında, stoma boyunda ve stoma eninde meydana gelen değişimler Şekil 4.23., Şekil 4.24.,Şekil 4.25. ve Çizelge 4.10.’da görülmektedir.




**Şekil 4.23.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre stoma sayıları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.24.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre stoma boyları
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.25.** Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre stoma enleri
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.10**. Gemlik zeytin çeşidinde sulama seviyelerine göre stoma sayıları

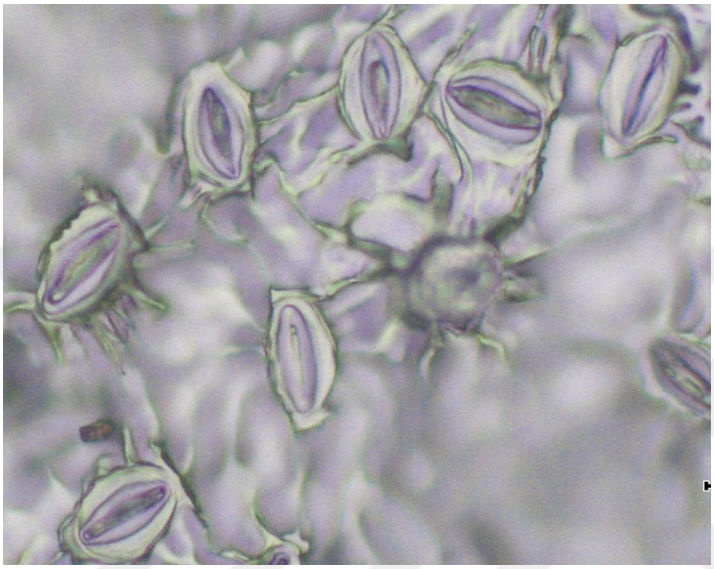
| Değişkenler | Stoma Sayısı ($mm^2$) | Stoma Boyu (µm) | Stoma eni (µm) |
|---|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | | |
| Tam sulama | $372^{a\,\beta}$ | $20.8^{a\,\beta}$ | $10.1^{a\beta}$ |
| 2/3 sulama | $307^{b}$ | $18.9^{b}$ | $8.5^{b}$ |
| 1/3 sulama | $394^{a}$ | $18.2^{c}$ | $8.6^{b}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | * | * | * |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

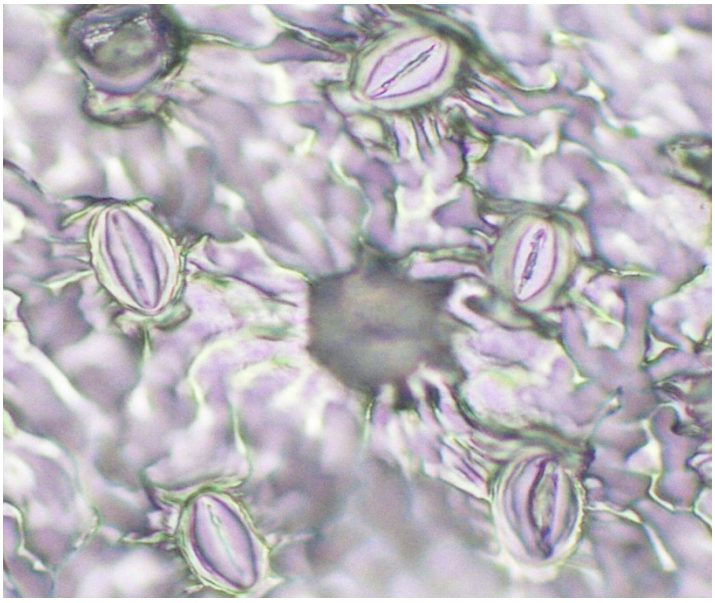
ÖD, * %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Şekil 4.23.'e göre stoma sayıları incelendiğinde $I_{100}$ ile $I_{33}$ sulama seviyeleri arasında istatistiksel açıdan farklılık olmadığı fakat $I_{66}$ seviyesi arasında önemli düzeyde farklılık olduğu görülmüştür. Şekil 4.24.'de stoma boyu tüm sulama seviyelerinde istatiksel açıdan önemli bulunurken, Şekil 4.25.'de stoma eni incelendiğinde $I_{100}$ seviyesinin $I_{66}$ ve $I_{33}$ seviyelerinden istatistiksel açıdan farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çizelge 4.10. stoma sayısı, stoma boyu ve stoma eninde meydana gelenfarklılıkları göstermektedir. Çizelgeye göre: en fazla stoma ortalama 394 $mm^2$ ile $I_{33}$ seviyesinden elde edilmiştir. Bu değeri ortalama 372 $mm^2$ ile $I_{100}$ seviyesi takip ederken en az stoma sayısının ise 307 $mm^2$ değeri ile $I_{66}$seviyesindeki bitkilerde olduğu gözlemlenmiştir. En uzun stomalar 20.8 µm değeri ile $I_{100}$ seviyesinde olurken bu değeri 18.9µm ile $I_{66}$ seviyesi takip etmiştir. En kısa stomalar ise 18.2 µm değeri ile $I_{33}$ sulama seviyesinde görülmüştür. En fazla stoma eni 10.1 µm ile $I_{100}$ seviyesinde, en az ise 8.5 µm ve 8.6 µm değerleri ile $I_{66}$ ve $I_{33}$ seviyelerinde görülmüştür. Sulama seviyesine göre interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

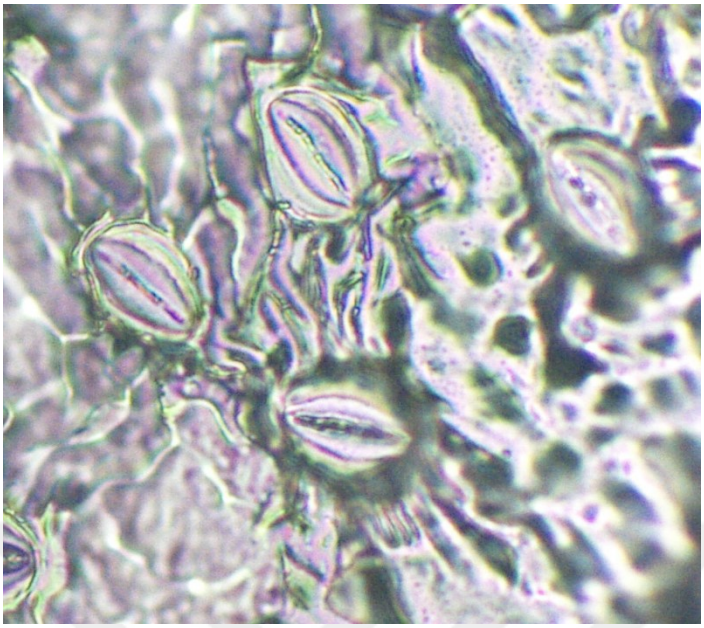
Şekil 4.26., Şekil 4.27. ve Şekil 4.28. sulama seviyelerine göre stoma görünümünde meydana gelen değişimleri göstermektedir. $I_{100}$ seviyesinde stomaların daha büyük ve daha açık şekilde olduğu, $I_{66}$ seviyesinde stomaların, $I_{100}$ seviyesine göre daha küçük ve kapalı olduğu görülmektedir. En küçük stoma boyutunun ise $I_{33}$ seviyesinde olduğu göze çarpmaktadır.



**Şekil 4.26.** $I_{100}$seviyesindeki bitkilerin stoma görünümleri



**Şekil 4.27.** $I_{66}$ seviyesindeki bitkilerin stoma görünümleri



**Şekil 4.28.** $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerin stoma görünümleri

Güler (2018), farklı zeytin çeşitleri (Ayvalık, Domat, Manzanilla ve Kilis Yağlık) üzerine 45 gün süreyle kuraklık stresi uygulamış ve 45. günün sonunda tekrar sulama yapıp bitkilerde meydana gelen değişimleri incelemiştir. Stoma sayıları açısından çeşitler değerlendirildiğinde istatistiksel açıdan farklılık tespit edilmemiştir fakat stres süresi uzadıkça kontrol grubuna göre stres grubunda stoma sayılarının arttığı görülmüştür. Deneme süresi boyunca alınan yaprak örnekleri değerlendirildiğinde 30. gündeki stoma sayısının 15. günden daha fazla olduğu fakat 45. gün ise bu miktarın tekrar azaldığı tespit edilmiştir. Tekrar sulanmaya başlanan bitkilerde ise stoma sayılarının arttığı ve kontrol grubu ile stres grubu arasındaki farkın azaldığı görülmüştür. Bu sonuçlar bitkinin kuraklık stresinden sonra tekrar sulandığında yaprağın anatomik açıdan kendini toparlamaya çalıştığını fakat tamamen stres öncesi koşullara geri dönmediğini göstermiştir. Çeşitler stoma çapı açısında değerlendirildiğinde ise istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık görülmemiştir. Kuraklık stresinin uygulanması ile birlikte stoma çaplarında azalmalar olmuştur. Tekrarlanan sulama sonrası stoma çapında artışlar olmuştur. Çalışmamızda görüldüğü üzere sulama seviyelerine göre stoma sayıları değerlendirildiğinde istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur. Ayrıca yapılan incelemeler sonucunda yaşanan stresin

artmasıylabirlikte $I_{33}$ sulama seviyesindeki bitkilerinin stoma çaplarının küçüldüğü ve arttığı, $I_{100}$ ve $I_{66}$ sulama seviyelerinde ise stoma çaplarının daha büyük olduğu gözlemlenmiştir.

Guerfel ve ark. (2007), yılında on iki zeytin çeşidine kuraklık stresi uygulamış ve elde ettikleri sonuçlarda stoma sayılarının 312 ve 470 $mm^2$ arasında değiştiğini görmüşlerdir. En az stoma sayısı "Meski" çeşidinde en fazla stoma sayısı ise "Tounsi" çeşidinden elde edilmiştir. Birim alandan elde edilen stoma sayıları değerlendirildiğinde bu sonuçlar, çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir.

Bongi ve ark. (1987), bir çeşitte stoma yoğunluğunun daha az olduğunu bildirirken, Bosabalidis ve Kofidis (2002), "Koroneiki" çeşidinin su stresi altında stoma sayısını arttırdığını ifade etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada, Hagidimitriou ve Pontikis (2005), stoma yoğunluğunun 399 ile 500 $mm^2$ arasında değiştiğini bulurken ayrıca stoma uzunluğunun çeşitlere bağlı olarak 12.14 ile 16.89 μm arasında değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir. Yapılan bu çalışma stoma sayısı açısından denememiz ile örtüşürken, stoma boyu incelendiğinde çalışmamızla benzerlik göstermediği görülmüştür. Bu değişimin, farklı çeşit kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

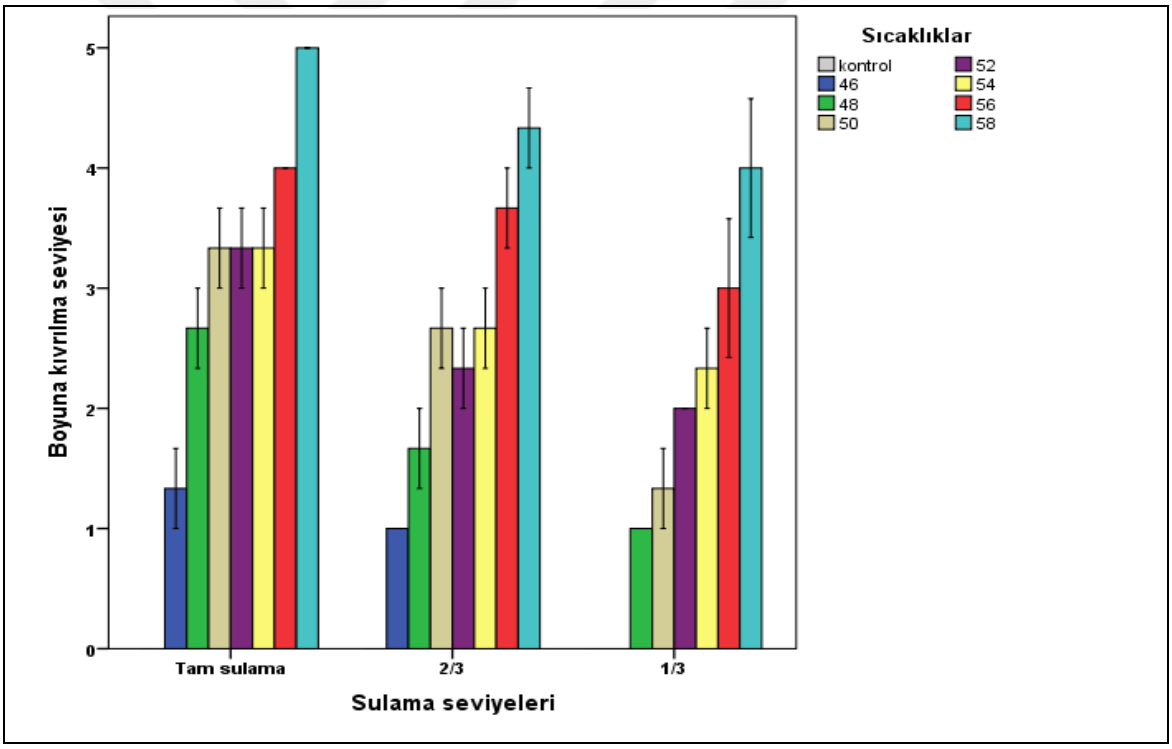
Öztürk ve Korkut (2018), kuraklık stresinin buğdayda stoma miktarı üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre artan kuraklık stresinin stoma sayısını arttığını fakat stoma çaplarında azalmalar olduğunu saptamışlardır. Farklı tür kullanılmasına rağmen elde edilen bu sonuçlar, çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir.

Farklı anaçlar üzerine aşılanan 0900 kiraz çeşidi üzerine farklı su seviyeleri (tarla kapasitesinde uygulanan sulama, tarla kapasitesinin %75 düzeyinde, %50 düzeyinde ve %25 düzeyinde sulama) uygulayan Küçükyumuk ve ark. (2015), stres sonucunda bitkilerde meydana gelen değişimleri incelemiştir. Stoma yoğunluklarınında dikkate alındığı çalışmada uygulanan stresin şiddetlenmesi ile birlikte stoma yoğunluğunun azaldığı görülmüştür. Stres uygulamasından önce ve stres uygulanmasından sonra stoma sayıları karşılaştırılmış, farklı anaçlar üzerine aşılanan kiraz ağaçları arasında

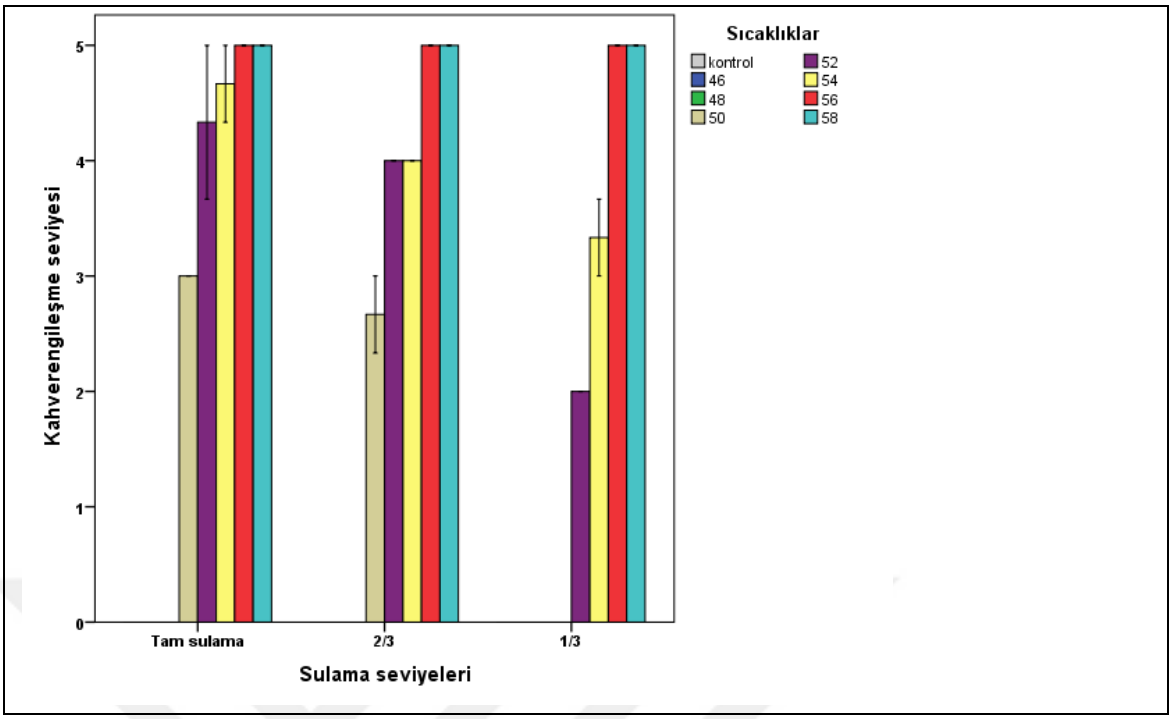
istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar incelendiğinde, bu sonuçların çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla örtüşmediği sonucuna varılmıştır. Bu farklılığın ise farklı tür kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

### 4.3. Yüksek Sıcaklık Uygulamaları

4 ay boyunca devam eden kısıntılı sulama uygulamaları tamamlandıktan sonra bitkiler denemenin son aşaması olan kademeli yüksek sıcaklık ve şok sıcaklık uygulamalarına maruz bırakılmıştır. Yüksek sıcaklık uygulamalarına göre bitkilerde meydana gelen değişimler Şekil 4.29., Şekil 4.30. ve Çizelge 4.11.'de görülmektedir.




**Şekil 4.29.** Gemlik zeytin çeşidinde kademeli yüksek sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen boyuna kıvrılma seviyeleri
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.30.** Gemlik zeytin çeşidinde kademeli yüksek sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen kahverengileşme seviyeleri
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.11.**Gemlik zeytin çeşidinde kademeli yüksek sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen boyuna kıvrılma seviyeleri ve kahverengileşme miktarları

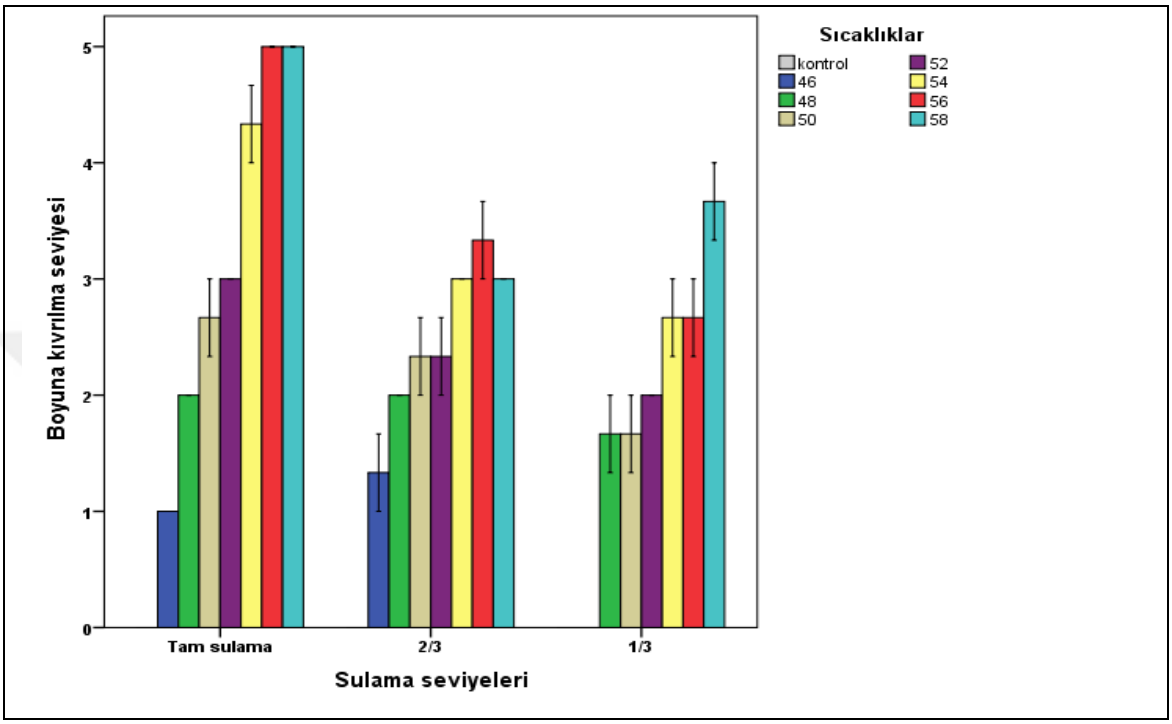
| **Değişkenler** | **Boyuna kıvrılma seviyesi** | **Kahverengileşme seviyesi** |
|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | |
| Tam sulama | $3.0^{a\beta}$ | $2.8^{a\ \beta}$ |
| 2/3 sulama | $2.3^{b}$ | $2.6^{a}$ |
| 1/3 sulama | $1.7^{c}$ | $1.9^{b}$ |
| **Sıcaklıklar** | | |
| Kontrol | $0^{f\ \beta}$ | $0^{e}$ |
| 46 ℃ | $0.8^{e}$ | $0^{e}$ |
| 48 ℃ | $1.8^{d}$ | $0^{e}$ |
| 50 ℃ | $2.6^{c}$ | $1.9^{d}$ |
| 52 ℃ | $2.6^{c}$ | $3.4^{c}$ |
| 54 ℃ | $3.0^{bc}$ | $3.9^{b}$ |
| 56 ℃ | $3.4^{b}$ | $5.0^{a}$ |
| 58 ℃ | $4.4^{a}$ | $5.0^{a}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | * | * |
| Sıcaklık | * | * |
| Sulama seviyeleri x Sıcaklıklar | ÖD | * |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

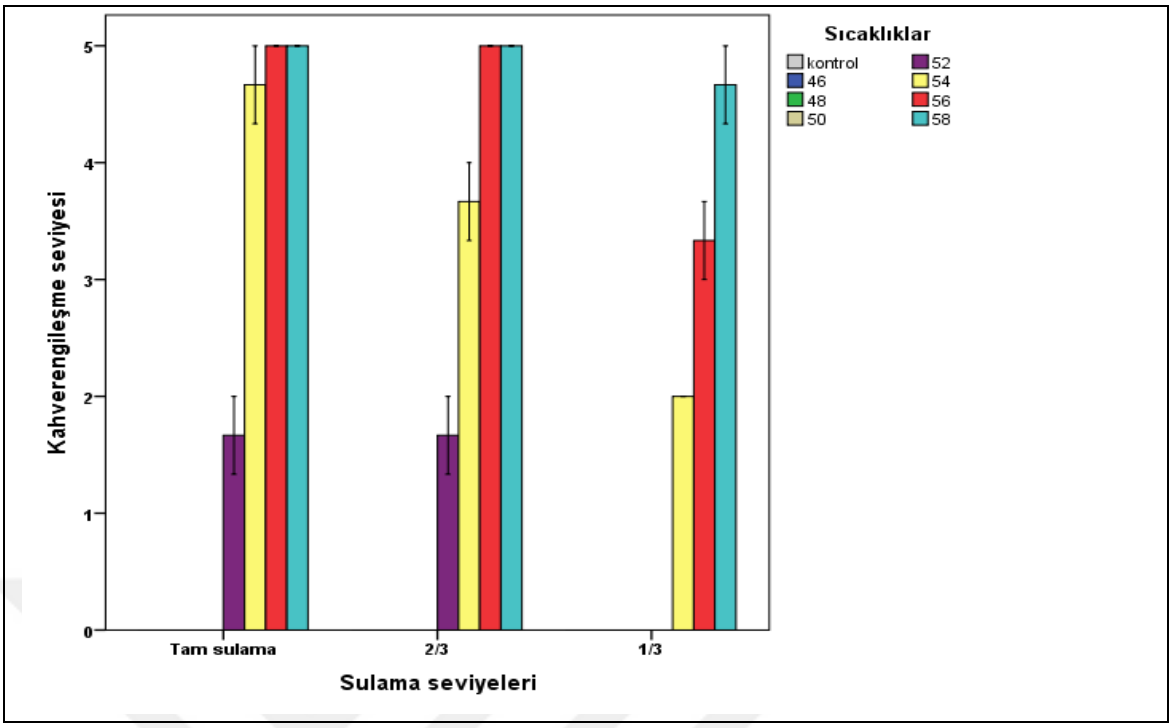
ÖD, * %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Kademeli sıcaklık uygulamasına göre $I_{100}$ve $I_{66}$seviyelerinde 46°C'de boyuna kıvrılmalar oluşurken, $I_{33}$ seviyesinde boyuna kıvrılmalar 48°C'de görülmeye başlamıştır. $I_{100}$ ve $I_{66}$ seviyelerinde kıvrılmanın 50°C'ye kadar belirgin bir artış gösterdiği fakat 50°C, 52°C ve 54°C'lerde istatistiksel açıdan farklılık olmadığı, sıcaklık yükseldikçe kıvrılma seviyesinin artarak devam ettiği gözlemlenmiştir. $I_{33}$seviyesinde 48 °C'den sonra kıvrılmalar belirgin artışlar göstererek devam etmiştir. Çizelge 4.11.'de de ifade edildiği gibi en fazla boyuna kıvrılma ortalama 3.0 değeri ile $I_{100}$seviyesinde gerçekleşmiştir, bu değeri 2.3 ile $I_{66}$ seviyesindeki bitkiler takip etmiştir. En az boyuna kıvrılma ise 1.7 değeri ile $I_{33}$seviyesinde sulanan bitkilerden elde edilmiştir. Sıcaklık derecelerine göre boyuna kıvrılma seviyeleri değerlendirildiğinde en fazla kıvrılma ortalama 4.4 değeri ile 58 °C'de, en az kıvrılma ortalama 0.8 ve 0 değerleri ile 46 °C ve kontrol grubundaolmuştur. Sulama seviyesi x sıcaklık değerlerine göre interaksiyonları incelendiğinde istatistiksel açıdan farklılık olmadığı görülmektedir ($p \leq 0.05$). Sulama seviyelerine göre kahverengileşme seviyeleri incelendiğinde $I_{100}$ ve $I_{66}$seviyesinde sulanan bitkilerin 50°C'de yaprak yüzeyinde kahverengileşmeler olduğu görülmüştür. 52°C ve 54°C' lerde kahverengileşme seviyesinin her iki sulama seviyesinde de istatistiksel açıdan farklılık göstermediği ve daha sonra arttığı izlenmiştir. $I_{33}$ seviyesinde ise yaprak yüzeyinde meydana gelen zararlanmalar 52°C' de görülmeye başlamış ve artış göstererek devam etmiştir. Şekil 4.30. incelendiğinde 56°Cve 58°C' lerde kahverengileşme seviyesinin tüm sulama seviyelerinde aynı miktarda olduğu yaprakların tamamının sıcaklık etkisiyle renk değiştirdiği görülmüştür. Çizelge 4.11. kahverengileşme seviyesinin ortalama 2.8 ve 2.6 değerleri ile $I_{100}$ ile $I_{66}$ seviyesinde olduğunu göstermektedir. En az kahverengileşme ise ortalama 1.9 değeri ile $I_{33}$ seviyesinde olmuştur. Sıcaklık derecelerine göre kahverengileşme seviyeleri değerlendirildiğinde en fazla kahverengileşme 5.0 değeri ile 56°C ve 58°C'de, en az kahverengileşme ise 0 değeri ile 46°C, 48°C ve kontrol grubunda gözlemlenmiştir. Sulama seviyesi x sıcaklık interaksiyonlarına göreistatistiksel açıdan farklılık belirlenmiştir ($p \leq 0.05$).

4 ay boyunca devam eden kısıntılı sulama uygulamaları tamamlandıktan sonra bitkiler denemenin son aşaması olan kademeli yüksek sıcaklık ve şok sıcaklık uygulamalarına maruz bırakılmıştır. Şok yüksek sıcaklık uygulamalarına göre bitkilerde meydana gelen değişimler Şekil 4.31., Şekil 4.32. ve Çizelge 4.12.'de görülmektedir.




**Şekil 4.31.** Gemlik zeytin çeşidinde şok sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen boyuna kıvrılma seviyeleri
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.




**Şekil 4.32.** Gemlik zeytin çeşidinde şok sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen kahverengileşme seviyeleri
Not: Tam Sulama $I_{100}$, 2/3 $I_{66}$ ve 1/3 $I_{33}$ konularını göstermektedir.

**Çizelge 4.12.**Gemlik zeytin çeşidinde şok sıcaklık uygulamaları boyunca sulama seviyelerine göre sürgünlerde meydana gelen boyuna kıvrılma seviyeleri ve kahverengileşme miktarları

| **Değişkenler** | **Boyuna kıvrılma seviyesi** | **Kahverengileşme seviyesi** |
|---|---|---|
| **Sulama seviyeleri** | | |
| Tam sulama | $2.8^{a\beta}$ | $2.0^{a\,\beta}$ |
| 2/3 sulama | $2.2^{b}$ | $1.9^{a}$ |
| 1/3 sulama | $1.8^{c}$ | $1.3^{b}$ |
| **Sıcaklıklar** | | |
| Kontrol | $0^{f\,\beta}$ | $0^{e\,\beta}$ |
| 46 ℃ | $0.8^{e}$ | $0^{e}$ |
| 48 ℃ | $1.7^{d}$ | $3.9^{e}$ |
| 50 ℃ | $2.2^{c}$ | $3.7^{e}$ |
| 52 ℃ | $2.4^{c}$ | $1.1^{d}$ |
| 54℃ | $3.2^{b}$ | $3.4^{c}$ |
| 56℃ | $4.0^{a}$ | $4.4^{b}$ |
| 58℃ | $4.0^{a}$ | $4.9^{a}$ |
| **ANOVA** | | **ANOVA** |
| Sulama seviyesi | * | * |
| Sıcaklık | * | * |
| Sulama seviyeleri x Sıcaklıklar | * | * |

$^{\beta}$ Aynı sütün ve değişkenlerde farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Duncan).

ÖD, * %5 düzeyinde sırasıyla önemli değil ve önemli.

Şok sıcaklık uygulamasına göre $I_{100}$ ve $I_{66}$ seviyelerinde 46°C'de boyuna kıvrılmalar görülürken, $I_{33}$ seviyesinde boyuna kıvrılmalar 48°C'de görülmeye başlamıştır. $I_{100}$ seviyesinde kıvrılmanın belirgin bir artış gösterdiği izlenirken $I_{66}$seviyesinde 50 °C'ye kadar kıvrılmanın düzenli bir şekilde arttığı fakat 50°C ve 52°C'lerde sabit kaldığı daha sonra artmaya devam ettiği görülmektedir. $I_{33}$ seviyesinde kıvrılmanın 48°C, 50°Cve 52°C'lerde sabit kaldığı daha sonra artış gösterdiği ve 54°C ile 56°C'lerde tekrar sabit kaldığı görülmüştür. Çizelge 4.12.'de de ifade edildiği gibi en fazla boyuna kıvrılma ortalama 2.8 değeri ile $I_{100}$seviyesinde gerçekleşmiştir bu değeri ortalama 2.2 ile $I_{66}$seviyesindeki bitkiler takip etmiştir. En az boyuna kıvrılma ise ortalama 1.8 değeri ile $I_{33}$ seviyesinde sulanan bitkilerden elde edilmiştir. Sıcaklık derecelerine göre kıvrılma seviyeleri değerlendirildiğinde en fazla kıvrılma ortalama 4.0 değeri ile 56°C ve 58°C'de, en az kıvrılma ise ortalama 0.8 ve 0 değeri ile 46 °C ve kontrol grubunda olmuştur. Sulama seviyesi x sıcaklık değerlerine göre interaksiyonları incelendiğinde istatistiksel açıdan farklılık olduğu görülmektedir ($p \leq 0.05$). Sulama seviyelerine göre kahverengileşme seviyeleri incelendiğinde $I_{100}$ ve $I_{66}$ seviyelerinde sulanan bitkilerin 52 °C'de yaprak yüzeyinde kahverengileşmeler olduğu görülmüştür. $I_{33}$seviyesinde ise yaprak yüzeyinde meydana gelen zararlanmalar 54°C' de görülmeye başlamış ve artış göstererek devam etmiştir. Şekil 4.32. incelendiğinde 56°Cve 58°C'lerde kahverengileşme oranının $I_{100}$ ve $I_{66}$ seviyelerinde aynı miktarda olduğu, $I_{33}$seviyesinde ise daha az olduğu ve belirli aşamadan sonra yaprakların tamamının sıcaklık etkisiyle renk değiştirdiği ve zarar gördüğü gözlemlenmiştir. Çizelge 4.12. en fazla kahverengileşmenin ortalama 2.8 değeri ile $I_{100}$seviyesinde olduğunu göstermektedir. Bu değeri ortalama 2.2 ile $I_{66}$ seviyesinin takip ettiği en az kahverengileşmenin ise ortalama 1.8 ile $I_{33}$ seviyesinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Sıcaklık derecelerine göre kahverengileşme seviyeleri değerlendirildiğinde en fazla kahverengileşme ortalama 4.9 değeri ile 58°C'de, en az kahverengileşme ise 0 değeri ile 46°C ve kontrol grubunda olmuştur. Sulama seviyesi x sıcaklık değerlerine göre interaksiyonları incelendiğinde istatistiksel açıdan farklılık görülmektedir ($p \leq 0.05$).

Efe ve ark. (2009), sıcaklığın zeytin yetiştiriciliği üzerinde fenolojik ve pomolojik özelliklerini araştırdıkları çalışmada, ekstrem sıcaklık koşullarının zeytin yetiştiriciliğini etkilediğini saptamışlardır. Ayrıca düşük sıcaklık koşullarında yaprakların döküldüğü, kabuklarında çatlamaların olduğu ve dallarda ölümler gerçekleştiği görülürken yüksek sıcaklık koşullarında ise meyve boyutunun küçüldüğünü ifade etmişlerdir.

Sofo (2011), iki zeytin çeşidi ("Coratina" ve "Biancolilla") üzerine yaptığı çalışmada şiddetli kuraklık ve yüksek ışık seviyesinin iki yaşındaki zeytin fidanlarına etkisini incelemiştir. Zeytin fidanlarına yirmi bir gün boyunca kuraklık stresi uygulanmıştır ve bu süre içerisinde bazı bitkilere gölgeleme yapılmış bazıları ise direk ışık stresine maruz bırakılmıştır. Yaklaşık -6.5 MPa'lık yaprak su potansiyeline ulaşan bitkiler yirmi üç gün boyunca tekrar sulanmıştır. Deneme sürecinde bitkilerde fotosentetik performansı incelemek için gaz değişimi ve klorofil ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kuraklık stresi ve yüksek ışınım seviyeleri gaz değişimi, bağıl elektron taşıma hızı ve fotosentetik verimlilikte düşüşe neden olmuştur ve bu düşüş direk ışığa maruz kalan bitkilerde daha belirgin olmuştur. Sonuç olarak, gölgeleme işleminin zeytinde fotosentetik verimi etkileyen önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir.

Sicilya'da yaygın olarak üretimi yapılan "Biancolilla", "Cerasuola" ve "Nocellara del Belice" zeytin çeşitlerinde kuraklık ve yüksek sıcaklık stresi üzerine bir çalışma yapan Grisafi ve ark. (2013), bu streslere karşı çeşitlerde meydana gelen morfolojik, anatomik ve fizyolojik tepkileri araştırmışlardır. Yapısal özelliklere bakıldığında, "Biancolilla" çeşidinin diğer çeşitlere göre yüksek sıcaklık ve kuraklık stresine karşı daha iyi toleransa sahip olduğu görülmüştür. Diğer yandan, "Nocellara del Belice'de" çeşidinindiğer çeşitlere göre yüksek sıcaklık ve kuraklık stresinden daha çok etkilendiğini ifade etmişlerdir.

Garcia-Inza ve ark. (2014), "Arauco" zeytin çeşidinde meyve kuru ağırlığı, yağ konsantrasyonu ve zeytindeki yağ asidi bileşimi üzerine sıcaklığın etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar, yağ biriktirme evresindeki yüksek sıcaklıkların sıcak bölgelerde zeytinyağın verimini ve kalitesiniolumsuz etkilediğini göstermektedir.

Haworth ve ark. (2018), ısı stresi ve su stresinin zeytinin fotosentetik ve stomatal etkisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. İtalya'da sıcaklıklar 40°C'nin üzerine çıktığında sulama yapılan ve sulama yapılmayan zeytin ağaçlarında fotosentetik yaprak gazı değişimi ve klorofil içerikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, ortalamanın üzerinde oluşan sıcaklıklar, bitkilerin fotosentetik ve stomatal fizyolojisi üzerinde belirgin etkilere sahip olmuştur. Isı stresi, zeytinlerin fotosentetik aktivitesinde düşüşe neden olmuştur. Fotosistem II'ye verilen hasar, su stresi yaşayan bitkilerde daha belirgin olmuştur. Daha yüksek sıcaklıklar ise stomatal iletkenlikte azalmalara neden olmuştur.

Karimi ve ark. (2018), sıcak ve kuru ortamda otuz gün boyunca sulanmayan iki yaşlı zeytin ağaçlarının büyüme oranlarını ve yaprak yapısını araştırmıştır. Dört farklı zeytin çeşidinin ("Fishomi", "Dezful", "Amigdalolia" ve "Conservolia") kullanıldığı çalışmada "Fishomi" çeşidi diğer bitkilere oranla kuraklık stresinden daha çok etkilenmiştir. Diğer çeşitler ise kuraklık stresine rağmen daha iyi bir büyüme göstermiştir. Bu bitkilerin daha iyi tolerans göstermesinin sebebi, yapraklarında daha yüksek çözünebilir karbonhidrat, prolin, potasyum ve kalsiyum bulundurması ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir.

Araujo ve ark. (2019), ısı şoku ile birlikte farklı sulama işlemlerine maruz kalan zeytin bitkilerinin fizyolojik ve moleküler mekanizmalar üzerine tepkilerini incelemişlerdir. Bitkiler hem sulama hem de sıcaklık işlemlerinden sonra geri kazanılmıştır ve geri kazanım, bir tür strese (kuraklık veya ısı) maruz kalan bitkilerde artan akuaporin ekspresyonu ile ilişkilendirilmiştir.

Valente ve ark. (2020), kuraklık ve ısı kombine stresinin zeytin meyveleri üzerinde fenolik ve lipofilik bileşiklere etkisini araştırmışlardır. Üç farklı zeytin çeşidi ("Cobrançosa", "Cordovil de Castelo Branco" ve "Cordovil de Serpa") üzerinde araştırma yapılmıştır. "Cobrançosa" zeytinleri organik asitler, esterler ve karbonhidratlar açısından daha zenginken, "C.Serpa" zeytinleri özellikle kontrol koşulları altında daha yüksek fenolik bileşiklere sahip olmuştur.

Çömlekçioğlu ve Şimşek (2014), domateste yüksek sıcaklık ve farklı sulama seviyeleri ile birlikte giberellik asidin ($GA_3$) meyve tutumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonuçları, yüksek sıcaklık ve kuraklığın etkisiyle engellenen meyve tutumlarının hem uygulanan sulama suyu seviyeleri hem de ($GA_3$) uygulamasıyla önemli düzeyde telafi edilebileceğini göstermektedir.

Atay ve ark. (2016), elma ağaçlarında sıcaklık ve su stresinin etkisini inceledikleri çalışmada oluşan streslerin etkisiyle dal ve meyve büyüme dinamiğinde meydana gelen değişimleri araştırmışlardır. Sonuç olarak, günlük çap değerleri sıcaklıktan daha fazla etkilenmiştir. Kuraklık stresi altındaki ağaçlar ise, sıcaklıkların arttığı günlerde sıcak koşullara uyum sağlayabilmek için büyüme dinamiklerini değiştirmiştir.

Kuraklık ve yüksek sıcaklık stresinin ayrı ayrı ve/veya bir arada incelendiği çalışmalar mevcuttur. Ancak bu çalışmada ele alınan her iki stresin kombinasyonunun uygulanması sonucu sürgünlerde ve yapraklarda morfolojik gözlemlere dayanan değişimler ele alınmış olup bu tür bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu parametreleri içeren bir çalışma ile karşılaştırma yapılamamıştır.

Dehidrasyon önleme mekanizması olan yaprak yuvarlama, tarım alanlarında yüksek ışık seviyelerinin etkilerinden koruyan bir mekanizmadır ve sulanmayan bitkilerin yapraklarını fotohasarlardan korur (Corlett ve diğerleri, 1994).

Kuru ortamda bulunan bir bitkinin yapraklarını kıvırarak fayda sağlamasının iki olası yolu vardır. İlk olarak, yaprak yüzeylerinde meydana gelen yüksek düzeyde güneş radyasyonu nedeniyle artan yaprak sıcaklığının neden olduğu hasar, güneş ışınlarına sunulan etkili yaprak alanını azaltarak en aza indirilebilir, böylece yaprak dokusu tarafından daha az radyasyon yakalanır (Begg, 1980). İkinci olarak, yaprak kıvrılma yoluyla yaprak yüzeylerinin yakınında hem daha yüksek neme hem de sınır tabakası direncine sahip bir mikro iklim yaratılarak terleme oranları azaltılabilir, böylece kıt su kaynakları korunur (Oppenheimer, 1960).

*Ctenanthe setosa*, yaprakları kademeli olarak sarıldığından, yaprak kıvrılmasının başlaması ve tamamlanması arasında uzun bir süre (büyüme koşullarına bağlı olarak yaklaşık 20-30 gün) olduğundan, yaprak kıvrılma çalışmalarında kullanım için iyi bir model bitkidir.

Nar ve ark. (2009), kuraklık stresine maruz kalan *Ctenanthe setosa*'da yaprak kıvrılma ve fotosistem II verimliliğini araştırmıştır. Stomatal iletkenlik, fotosentetik pigmentlerin seviyeleri ve klorofil floresans parametrelerini belirlemek için yaprak kıvrılmaları 1'den 4'e kadar puanlandırılmıştır. Sonuçlar, yaprak kıvrılması PSII'nin işlevselliğini kuraklık stresinin neden olduğu hasardan koruduğunu göstermektedir.

Sağlam ve ark. (2014), yaprak kıvrılmasının şiddetli kuraklık stresi sırasında mısır fotosentezi üzerinde etkilerini araştırdıkları çalışmada elde ettikleri sonuçlarda, yaprak kıvrılmasının yaprak hidrasyonunu koruyarak, fotosentetik pigmentlerin kaybını önleyerek, PSII aktivitesini sürdürerek, stomaları açık tutarak ve Rubisco aktivitesini koruyarak kuraklık stresi altında fotosentezi koruyan ve verim kaybını azaltan önemli ve gerekli bir mekanizma olduğunu belirtmişlerdir.

Abd Allah (2009), pirinç üzerine yaptığı bir çalışmadan elde ettiği sonuçlarda yaprak kıvrılması gösteren bitkilerin kuraklığa daha az dirençli olduğunu ifade etmiştir. İyileşme yeteneğininde kuraklığa dayanıklılık ve yaprak açma karakteri ile ilişkili olduğunubildirilmiştir. Ayrıca yaptığı bu çalışmada, bitkisel aşamada kuraklık, vejetatif aşamada yaprak kıvrılması ve kuraklık direnci ve sulama sonrası iyileşme durumlarına göre puanlama yapmış ve elde ettiği sonuçları tablo haline getirmiştir.

Yukarıda yer alan çalışmalar, yaprak kıvrılmasının kuraklık stresinin bir sonucu olarak ortaya çıktığını göstermektedir. Denememizde ise kısıntılı sulama uygulamalarına bağlı olarak kuraklık stresinin yaşandığı $I_{33}$ sulama seviyesinde ve çok hafif düzeyde $I_{66}$ sulama seviyesindeki bitkilerin yaprak uçlarının kıvrıldığı gözlemlenmiştir. Fakat yaptığımız çalışmada, yaprağın ana ekseni boyunca kıvrılması veya katlanması yüksek sıcaklık uygulamalarının sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Dolayısıylabu çalışmalarla, denememizden elde ettiğimiz sonuçlar karşılaştırılamamaktadır.

# 5. SONUÇ

Sera koşullarında yürütülen bu çalışmada, kısıntılı sulama uygulamalarına bağlı olarak "Gemlik" zeytin çeşidinde meydana gelenagronomik ve fizyolojik değişiklikler incelenmiş, aynı zamanda bu bitkilere yüksek sıcaklık uygulamaları yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Zeytin fidanlarının verdiği tepkilerden elde edilen sonuçlar bu kısımda özetlenmiştir.

Bir yaşlı "Gemlik" zeytin fidanlarında farklı sulama seviyelerine göre, dört ay süresince on beş gün aralıklarla büyüme ve gelişme parametrelerinden bitki boyu, gövde çapı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı takipleri yapılmıştır. Ayrıca bitkilerde toprak üstü ve toprak altı kısımlarının yaş ve kuru ağırlıkları, meyve eni ve meyve boyu, yaprak alanı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sulama seviyelerinin azalması ile birlikte bitki büyüme ve gelişimlerinin yavaşladığı, büyüme ve gelişimdeki yavaşlamanın kısıntılı sulama uygulamalarını takiben yaklaşık bir ay sonra gerçekleşmeye başladığı tespit edilmiştir. Deneme sonunda tüm büyüme ve gelişme parametreleri bazında $I_{100}$ seviyesinin en iyi değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Öte yandan $I_{66}$ seviyesindeki bitkilerin büyüme ve gelişmeleri diğer iki sulama seviyesi arasında yer almıştır. Dikkat çekici şekilde yaprak alanı açısından sulama seviyelerinin etkileri incelendiğinde, uygulamalardan yaklaşık bir ay sonra $I_{33}$ seviyesinde yaprak gelişiminin yavaşladığı ikinci aydan sonra ise $I_{33}$ ile birlikte $I_{66}$ seviyesindeki bitkilerin de yapraklarının gelişimlerinin $I_{100}$ seviyesine göre daha yavaş olduğu görülmüştür. Zeytin dip sürgünü oluşturma eğilimi yüksek olan bir tür olduğu için yetiştiricilikte dip sürgünü temizliği önemlidir. Çalışmamızda sulama miktarı azaldıkça dip sürgünü oluşturma eğilimi de azalmıştır. $I_{33}$ seviyesinde dip sürgünü oluşumu neredeyse görülmezken $I_{100}$ seviyesinde fazla miktarda dip sürgünü gelişmiştir. $I_{66}$ seviyesinde ise ortalama bir dip sürgünü oluşumu gerçekleşmiştir. Kuraklığa bağlı bir reaksiyon olan yaprakların uçtan itibaren kıvrılması sulamanın kısıtlanmasıyla belirgin şekilde artış göstermiştir. $I_{100}$ seviyesinde yapraklarda herhangi bir kıvrılma gözlenmezken $I_{33}$ seviyesindeki yaprakların tamamen kıvrıldığı görülmüştür. $I_{66}$ seviyesinde ise bir miktar kıvrılma tespit edilmiştir. Meyve eni ve boyu açısından değerlendirildiğinde en büyük meyvelerin $I_{100}$ seviyesinde, en küçük meyvelerin ise $I_{33}$ seviyesinde olduğu görülmüştür.

$I_{100}$, $I_{66}$, $I_{33}$ sulama seviyeleri ile beraber $I_0$ (susuz konu) uygulaması yapılan zeytin fidanlarında yaprak oransal su kapsamı, turgor kaybı ve klorofil miktarı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte $I_0$ bitkileri yaklaşık bir ay sonra tamamen canlılıklarını kaybettikleri için deneme gruplarından çıkarılmıştır. Sulama seviyelerine göre, yaprak oransal su kapsamı ve turgor kaybı ile ilgili değişimler denemeye başladıktan bir ay sonra ortaya çıkmaya başlamıştır. $I_{100}$ ile karşılaştırıldığında $I_{66}$ ve $I_{33}$ gruplarında bulunan bitkilerin farklı tepkiler oluşturduğu gözlenmiştir. 3. ölçümden itibaren $I_{66}$ seviyesindeki bitkilerde yaprak oransal su kapsamı maksimum, turgor kaybı ise minimum seviyedeyken; $1_{33}$bitkilerinde yaprak oransal su kapsamı minimum, turgor kaybı ise maksimum seviyeye ulaşmıştır. $I_{66}$ ve $I_{33}$ seviyelerinde oluşan farklılığın zeytin fidanlarının kısıntılı sulama koşullarına karşı geliştirdiği adaptasyon stratejileri ile ilgili olabileceği düşünülmüştür. Hiç sulanmayan bitkilerde turgor kaybı %50 seviyelerine ulaştıktan sonra bitkilerde geri dönüşümsüz canlılık kaybı meydana gelmiştir. Zeytin her ne kadar su ihtiyacı az olan bir tür olarak bilinse de elde ettiğimiz bu sonuçlar, bahçe kurulumunda zeytin fidanlarının düzenli olarak sulanmasının önemini göstermektedir. Klorofil miktarı değişimleri incelendiğinde tüm sulama seviyeleri (susuz konu dahil) $I_{100}$ ile karşılaştırıldığında, sulamanın kısıtlanması ile birlikte ilk ölçümde yapraklarda klorofil kaybı meydana gelmiştir. Daha sonra $I_{33}$ grubunda klorofil miktarları yaklaşık aynı seviyelerde seyretmiş, $I_{66}$'da ise ölçüm günleri bazında karşılaştırıldığında $I_{100}$ grubu ile benzer klorofil içeriğine sahip olmuştur. Düşük su mevcudiyeti altında klorofil oluşumu engellenir buna bağlı olarak da bitkilerde fotosentez etkinliği azalır (Özer ve ark. 1997). Dolayısıyla klorofil içeriğinde meydana gelen azalmalar bitki büyüme ve gelişmesini etkilemektedir. Çalışmada elde edilen sonuçlar, $I_{33}$ sulama seviyesinin zeytin fidanlarını fizyolojik olarak olumsuz etkilediğini göstermiştir. Yaprak su potansiyeli değerlerine göre, en belirgin kuraklık stresi yaşayan bitkilerin $I_{33}$ sulama konusunda olduğu görülmektedir. $I_{33}$ konusunda 1. ölçüm gerçekleştirilmiş, diğer ölçümlerde ise yaprak su potansiyeli cihazının ölçüm sınırları dışında gerçekleşen düşük yaprak basıncı nedeniyle değerler okunamamıştır. Yaprak oransal su kapsamı ve turgor kaybı ölçümlerine paralel olarak $I_{66}$ sulama seviyesi zeytin fidanlarında bir miktar stres oluşturmakla birlikte, bitkilerin yaşamsal faaliyetlerini olumsuz etkilememiştir.

Yüksek bitkilerde stomalar, transpirasyonla su kaybının en önemli bileşenidir (Örs ve Ekinci 2015). Dolayısıyla bitki su ilişkilerinde stomaların yapraklarda bulunduğu konum, yoğunluk, derinlik, stoma büyüklükleri ve stomaların açık ya da kapalı durumda olması büyük önem arz etmekte ve bitkilerin kuraklığa adaptasyon kapasitelerini etkilemektedir. Çalışmada, kuraklık stresinin en şiddetli olduğu $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerde birim alandaki stoma yoğunluğunun arttığı aynı zamanda da stomaların büyüklüklerinin ise azaldığı tespit edilmiştir. İlginç olarak, $I_{66}$ seviyesinde birim alana düşen stoma sayısı $I_{100}$ seviyesindeki bitkilerden daha az olmuş ve stoma büyüklükleri ise bir miktar küçülmüştür. Kuraklık koşullarında stoma davranışları incelendiğinde, stomaların boyutlarını küçülttüğü ve su kaybını önlemek için hızlı bir şekilde kapandığı bilinmektedir (Osakabe ve ark. 2014). Bu durum, kuraklık yaşandığında aktif su kaybını önlemektedir. Bu bilgiler ışığında, $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerin kuraklık stresi ile karşı karşıya olduğu görülmektedir.

Tüm parametreler değerlendirildiğinde, Gemlik zeytin çeşidi fidanlarında $I_{66}$ sulama seviyesinin ön plana çıktığı söylenebilir. Bu sulama seviyesinde bitkilerin agronomik ve fizyolojik olarak fazla olumsuz etkilerinin görülmediği dolayısıyla %33 düzeyinde su tasarrufu ile bahçe kurulumunda "Gemlik" zeytin çeşidinin yetiştiriciliğinin yapılması önerilmektedir. Günümüzde gün geçtikçe artan kurak periyotlar tatlı su kaynaklarının en fazla kullanım alanını oluşturan tarımsal üretimde sulamanın dikkatli bir şekilde yönetilmesini gerektirmektedir. Bu anlamda düşünüldüğünde, türler ve çeşitler bazında kısıtlı sulama ile ilgili çalışmaların arttırılması gerekmektedir.

Son olarak çalışmada, kısıntılı sulama uygulamalarının tamamlanmasının ardından bitkilerin yüksek sıcaklık koşullarına karşı verdiği tepkiler incelenmiştir. Zeytin fidanlarından alınan sürgünler 46-58 °C'ler arasında kademeli yüksek sıcaklık ve şok yüksek sıcaklık uygulamalarına tabi tutulmuştur. Yüksek sıcaklık koşullarının zeytin sürgünlerine verdiği zararlar yaprağın ana ekseni boyunca kıvrılması ve kahverengileşme seviyeleri ölçülerek belirlenmiştir.

Kısıntılı sulama uygulamalarına göre bitkilerin yüksek sıcaklık koşullarında verdiği tepkiler oldukça dikkat çekicidir. Yüksek sıcaklıklara zeytin sürgünündeki yaprakların verdiği ilk tepki yaprakların kıvrılmasıdır. Hücre ölümünün artması ile gerçekleşen doku kahverengileşmesi sürgünlerde görülen bir diğer tepkilerdendir. Yaprak ekseni etrafında görülen kıvrılmalar hem kademeli hem de şok sıcaklık uygulamalarında $I_{100}$ ve $I_{66}$ seviyelerindeki bitkilerde 46 °C'de, $I_{33}$ seviyesindeki bitkilerde ise 48 °C'de görülmeye başlamıştır. Yaprakların tamamen kıvrılması durumu $I_{100}$ seviyesindeki bitkilerde gerçekleşmiştir. Yaprakların yüksek sıcaklıkta kıvrılmaları $I_{33}$ bitkilerinde en az seviyede gerçekleşmiştir. Kahverengileşme seviyelerine göre kademeli yüksek sıcaklıklarda $I_{100}$ ve $I_{66}$ bitkilerinde 50 °C'den itibaren, $I_{33}$ bitkilerinde ise 52 °C'den itibaren kahverengileşmeler görülmeye başlamıştır. Şok yüksek sıcaklık uygulamasında ise bu sıcaklık değerleri iki derece yükselmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, suyun kısıtlanması yüksek sıcaklığa karşı bitkilerin daha toleranslı olmasını sağlamıştır. Dikkate değer diğer bir sonuç ise $I_{66}$ sulama seviyesinde tespit edilmiştir. Agronomik ve fizyolojik olarak $I_{100}$ bitkilerinden çok farklılık göstermeyen $I_{66}$ bitkilerinin yüksek sıcaklığa karşı (54 °C'ye kadar) daha az tepki verdiği izlenmiştir. Belirgin olarak, $I_{33}$ sulama seviyesindeki bitkilerin yüksek sıcaklık toleranslarının 2 derece daha arttığı görülmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak yapılan gözlemlerde herhangi bir değişim göstermeyen sürgünler sıfır olarak ifade edildiği için bazı derecelerin şekillerde yer almadığı görülmektedir (Şekil 29., Şekil 30., Şekil 31. ve Şekil 32.).

Küresel ısınma dünyamızda çeşitli iklim dengesizlikleri oluşturmaktadır. Bunlar arasında; kurak periyotlar, sıcaklıkların dünya genelinde artması, şiddetli yağışlar ve fırtınalar gibi doğa olayları yer almaktadır. İklim olayları tek başına gerçekleşen olgular değildir. Yaz aylarında gerçekleşen kurak bir periyotta bitkiler aynı zamanda artan yüksek sıcaklık koşullarına maruz kalırlar. İklim sistemindeki ısınma belirgindir ve 1950'den bu yana gözlenen değişiklikler önceki on yıllar ve bin yılda görülmemiştir. Atmosfer ve okyanuslar birlikte 0.85°Cısınmış, kar ve buz miktarları azalmış, deniz seviyesi yükselmiş sera gazlarının konsantrasyonu artmıştır (IPCC, 2014). Aynı zamanda ülkemizin bulunduğu iklim kuşağında sıcaklıkların yükselmesi ile birlikte daha sık ve uzun kurak periyotların yaşanılacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla suyun

etkili bir şekilde kullanımı büyük önem arz etmektedir. Genel anlamda çalışma değerlendirildiğinde, yaşanacak kurak periyotlar ile birlikte zeytin bitkilerinin yüksek sıcaklıklara daha fazla tolerans kazanacağı söylenebilir. Tür ve çeşitlerin su kullanım etkinliği ve kısıtlı sulamalarla birlikte yüksek sıcaklıklara karşı göstereceği tepkilerin de araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmadan da anlaşılacağı üzere kombine streslerin birlikte değerlendirilmesi iklim değişikliği ile ilgili tarımsal faaliyetlerin öngörülerinin yapılabilmesi açısından oldukça yararlıdır. Bundan sonraki çalışmalarda, daha ileriki yaştaki zeytin bitkilerinde bu tür araştırmaların yapılması faydalı olacaktır.

# KAYNAKLAR


**Abd Allah, A.A. 2009.** Genetic studies on leaf rolling and some root traits under drought conditions in rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 8 (22): 6241-6248.

**Altunlu, H. 2011.** Aşılamanın Domateste Kuraklık Stresine Etkileri. *Doktora Tezi*, EÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı,Bornova,İzmir.

**Anonim, 2014.** AR5 Sentez Raporu İklim Değişikliği. IPCC, Kopenhang.

**Anyia, A.O., Herzog, H., 2004.**Genotypic Variability in Drought Performance and Recovery in Cowpea under Controlled Environment. *J.Agronomy& Crop Science*, 190: 151-159

**Arji, I., Arzani, K. 2008.** Effect of Water Stress On Some Biochemical Changes in Leaf of Five Olive Cultivars. *Acta Horticulturae*, 791(791):523-526.

**Araujo, M., Oliveira, J.M.P.F., Santos, C., Moutinho-Pereira, J., Correia, C., Dias, M.C. 2019.** Responses of olive plants exposed to different irrigation treatments in combination with heat shock: physiological and molecular mechanisms during exposure and recovery. *Planta*, 249: 1583-1598.

**Aşık, Ş., Çamoğlu, G., Akkuzu, E., Kaya, Ü., Şahin, M. 2010.**Zeytinde (*Olea europaea L*., cv. Memecik) Farklı Sulama Düzeylerinin Vejetatif Gelişime ve Verime Etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi,* 3(2): 33-39.

**Atay, E., Crete, X., Loubet, D., Lauri, P.E. 2016.** Elmada Su ve Sıcaklık Stresinin Dal ve Meyve Büyüme Dinamiğine Etkisi: Dendrometre Analizi. VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 2016, Eğirdir, Isparta.

**Aykas, B. 2004.** Zeytin Yetiştirme Koşulları, Tesisi ve Modern Yetiştiricilik. *Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, 60: 39-56.

**Bacelar, E.A., Correıa, C.M., Mountinho-Preıra, J.M. Gonçalves, B.C., Lopes, J.I., Torres-Pereıra, J.M.G. 2004.** Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought contidions. *Tree Physiology,* 24(2): 233-239.

**Bacelar, E.A., Santos, D.L., Pereira, J.M.M., Lopes, J. 2007.** Physiological behaviour, oxidate damage and antioxidative protection of olive tress grown under different irrigation regimes. *Plant and Soil,* 292(1): 1-12.

**Bacelar, E.A., Mountinho-Periera, J.M., Gonçalves, B.C., Lopes, J.L., Correia, C.M. 2009.** Physiological responses of different olive genotypes to drought conditions. *Acta Physiol Plant,* 31: 611-621.

**Bartels, D., Sunkar, R. 2005.** Drought and Salt Tolerance in Plants. *Cricital Reviews in Plant Sciences,* 24(1): 23-58.

**Bat, M., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M. 2019.**Kuraklık Stresi Altındaki Ekinezya (*Echinacea purpurea* L.)' da Deniz Yosununun Büyüme Parametreleri, Toplam Fenolik ve Antioksidan Madde Üzerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl ÜniversitesiTarım Bilimleri Dergisi,* 29(3): 496-505.

**Begg, J. E. 1980.** Adaptation of plants to water and high temperature stress: Morphological adaptation of leaves to water stress, Editörler: Turner, N. C., Kramer, R J. John Wiley & Sons, New York, pp: 33-42 pp.

**Benlloch-Gonzalez, M., Quintero, J.M., Suarez, M.P., Sanchez-Lucas, R., Fernandez-Escobar, R., Benlloch, M. 2016.**Effect of moderate high temperature on the vegetative growth and potassium allocation in olive plants. *Journal of Plant Physiology*, 207: 22-29.

**Bongi, G., Mencuccuni, M., Fontazana, G. 1987.** Photosynthesis of olive leaves: Effect of light, flux density, leaf age, temparature, peltates and $H_2O$ vapor pressure deficit on gas exchange. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112: 143-148.

**Boogaard, R.V.D., Alewıjnse, D., Veneklaas, E.J., Lambers, H. 1997.** Growth and water-use efficiency of 10 *Triticum aestivum* cultivars at different water avaiiabiiity in relation to allocation of biomass. *Plant, Cell and Environment,* 20: 200-210.

**Bosabalidis, A.M., Kofidis, G. 2002.** Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, 163: 375-379.

**Boughalleb, F., Hajlaoui, H. 2010.**Physiological and anatomical changes induced by drought in two olive cultivars (cv Zalmati and Chemlali). *Acta Physiologiae Plantarum,*33: 53-65.

**Brito, C., Dinis, L.T., Mountinho-Pereira, J., Correia, C.M. 2019.** Drought Stress Effects and Olive Tree Acclimation under a Changing Climate. *Plants,* 8(7): 232.

**Chartzoulakis, K., Patakas, A., Bosabalidis, A.M. 1999.**Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 42(2): 113-120.

**Corlett, J. E., Jones, H. G., Masssacci A., Masojidek, J. 1994.** Water deficit, leaf rolling and susceptibility to photoinhibition in field grown sorghum. *Physiology*, 92: 423-430.

**Çamoğlu, G., Genç, L., Aşık, Ş. 2011.** Tatlı Mısırda (*Zea mays saccharata Sturt*) Su Stresinin Fizyolojik ve Morfolojik Parametreler Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 48(2): 141-149.

**Çelik, A. 2014.** Yerkirazında Farklı Su Uygulamalarının Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* NKÜ, Fen Bilimleri Entitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ.

**Çömlekçioğlu,N., Şimşek, M. 2014.** Yüksek Sıcaklık Koşullarında ve Farklı Su Seviyesinde Gibberellik Asidin (GA3) Sanayi Domatesinde Meyve Tutumuna Etkisi. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi,* 24(3): 270-279.

**Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A., Montanaro, G. 2005.** Osmotic regulation in leaves and roots of olive trees during a water deficit and rewatering. *Tree Physiology*, 26(2): 179-185.

**Doğan, S., Demirel, K., Çamoğlu, G., Nar, H., Akçal, A. 2020.**Farklı Sulama Seviyelerinin Ceylangözü'nün Bitkisel Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi,* 1(2): 1-15.

**Dolgun, C., Aydoğan Çiftçi, E. 2018.** Farklı Kuraklık Stresi Seviyelerinin Makarnalık Buğday Çeşitlerinde Çimlenme ve Erken Fide Gelişimi Üzerine Etkisi. *UÜ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 32(2):99-109.

**Efe, R. 2004.** Biyocoğrafya. Çantay Yayınevi, İstanbul, 304 s.

**Efe, R., Soykan, A., Sönmez, S., Cürebal, İ. 2009.** Sıcaklık Şartlarının Türkiye'de Zeytinin (*Olea europaea* L. *subsp. europaea*) Yetişmesine, Fenolojik ve Pomolojik Özelliklerine Etkisi. *Ekoloji Dergisi*, 70: 17-26.

**Ekinci, R., Başbağ, S. 2019.** Kısıntılı Sulamanın Pamuğun (*G. hirsutum* L.) Bazı Morfolojik Özelliklerine Etkilerinin Belirlenmesi. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(4): 792-800.

**Ennajeh, M., Vadel, A.M., Cochard, H., Khemıra, H. 2010.**Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought-resistant and a drought-sensitive olive cultivar. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology,*85(4): 289-294.

**Faria, T., Siverio, D., Breia, E., Cabral, R., Abadia, A., Abadia, J., Pereira, J.S., Chaves, M.M. 1998.**Differences in the response of carbon assimilation to summer

stress (water deficits, high light and temperature) in four Mediterranean tree species. *Physiologia Plantarum,* 102: 419-428.

**Fernandez, J.E, Moreno, F., Ginon, I.F., Blazquez, O.M. 1997.** Stomatal control of water use in olive tree leaves. *Plant and Soil*, 190: 179-192.

**Garcia-Inza, G.P., Castro, D.N., Hall, A.J., Rousseaux, M.C. 2014.**Responses to temperature of fruit dry weight, oil concentration, and oil fatty acid composition in olive (*Olea europaea* L. var. 'Arauco'). *European Journal of Agronomy,* 54: 107-115.

**Goldhamer, DA., Duani, J., Ferguson, LF., 1994.**Irrigation Requirements of Olive Trees and Responses to Sustained Deficit Irragation, *Acta Horticulturae* 356: 172-175.

**Greven, M., Neal, S., Green, S., Dichio, B., Clothier, B. 2009.** The effects of drought on the water use, fruit development and oil yield from young olive trees. *Agricultural Water Management,* 96(11): 1525-1531.

**Grezesiak, S., Grezesiak, M.T., Hura, T., Marcinska, I., Rzepka, A. 2013.**Changes in root system structure, leaf water potential and gas exchange of maize and triticale seedlings affected by soil compaction. *Environmental and Experimental Botany*, 88: 2-10.

**Grisafi, F., Bonafede, E., Vecchia, F.D., Rascio, N. 2013.**Some morphological, anatomical, physiological responses of different olive cultivars to high temperatures and drought stress. *Acta Botanica Gallica*, 151(3): 241-253.

**Guerfel, M., Ounı, Y., Boujnah, D., Zarrouk, M. 2009.**Photosynthesis parameters and activities of enzymes of oxidative stress in two young 'Chemlali' and 'Chetoui' olive trees under water deficit. *Photosynthetıca*, 47(3): 340-346.

**Guerfel, M., Boujnah, D., Baccouri, B., Zarrouk, M. 2007.** Evaluation of Morphological and Physiological Traits for Drought Tolerance in 12 Tunisian Olive Varieties. *Journal of Agronomy*, 6 (2): 356-361.

**Güler, M., Cesur, R., Sarı, N. 2010.**Zeytinde Bakım İşlemleri. Doğu Akdeniz Zeytin Birliği, Adana.

**Güler, Z. 2018.**Bazı Zeytin Çeşitlerinde Su Noksanlığı Stresinde Morfolojik-Anatomik, Fizyolojik ve Gen İfadesi Değişimlerinin Belirlenmesi. *Doktora Tezi,* AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara.

**Hagidimitriou, M., Pontikis, C.A. 2005.** Seasonal changes in $CO_2$ assimilation in leaves of five major Greek olive cultivars. *Science Horticultural*, 104: 11-24.

**Hong, B., Ma, C., Yang, Y., Wang, T., Yamaguchi-Shinozaki, K., Gao, J. 2009.** Over-expression of AtDREB1A in chrysanthemum enhances tolerance to heat stress. *Plant Molecular Biology,* 70: 231–240.

**Howarth, M., Marino, G., Brunetti, C., Killi, D., Carlo, A.D., Centritto, M. 2018.** The Impact of Heat Stress and Water Deficit on the Photosynthetic and Stomatal Physiology of Olive (*Olea europaea* L.). *Plants,* 7(4): 76.

**Jolliet, O. 1999.**Greenhouse ecosystems. Elsevier Science, Amsterdam, 434 pp.

**Jones, H.G. 1992.**Plants and Microclimate. *The Journal of Agricultural Science*, 119(3): 291-296.

**Kadıoğlu, M. 2008.**Kuraklık Risk Yönetimi. *JICA Türkiye Ofisi Yayınları*, 2: 277-300.

**Kalefetoğlu, T. 2006.** Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşit ve Hatlarının Kuraklık Stresine Karşı Dayanıklılığının Karaterizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, HÜ Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.

**Karimi, S., Rahemi, M., Rostami, A.A., Sedaghat, S.2018.**Drought Effects on Growth, Water Content and Osmoprotectants in Four Olive Cultivars with Different Drought Tolerance. *İnternational Journal Of Fruit Scıence*, 18(3): 254-267.

**Kaya, E. 2011.**Erken Bitki Gelişme Aşamasında Kuraklık ve Tuzluluk Strreslerine Tolerans Bakımından Fasulye Genotiplerinin Taranması. *Yüksek Lisans Tezi,* ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.

**Kaya, Ü. 2012.** Ayvalık ve Gemlik Zeytin Fidanlarında Farklı Sulama Düzeylerinin Bazı Büyüme Parametreleri Üzerine Etkisi. *Zeytin Bilimi*, 3(1): 35-42.

**Kırnak, H., Demirtaş, M.B. 2002**. Su Stresi Altındaki Kiraz Fidanlarında Fizyolojik ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 33(3): 265-270.

**Koubouris, G.C., Metzidakis, I.T., Vasilakakis, M.D. 2009**. Impact of temperature on olive (*Olea europaea* L.) pollen performance in relation to relative humidity and genotype. *Environmental and Experimental Botany,* 67(1): 209-214.

**Kozlowski, T.T., Pollardy, S.G. 1997.** Physiology Of Woody Plants. Academic Press, California, USA, 401 pp.

**Küçükyumuk, C., Sarısu, H.C., Yıldız, H., Kaçal, E., Koçal, H. 2015.** Farklı Anaçlar Üzerine Aşılı 0900 Ziraat Kiraz Çeşidinde Su Stresinin Bazı Vejetatif Gelişim Parametrelerine Etkisi. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi,* 25(2): 180-192.

**Köksal, E.S. 2006.** Sulama Suyu Düzeylerinin Şekerpancarının Verim, Kalite ve Fizyolojik Özellikleri Üzerindeki Etkisinin, İnfrared Termometre ve Spektroradyometre

İle Belirlenmesi. *Doktora Tezi*, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Sulama ve Yapılar Anabilim Dalı, Ankara.

**Köşkeroğlu, S. 2006.** Tuz ve Su Stresi Altındaki Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinde Prolin Birikim Düzeyleri ve Stres Parametrelerinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi,* MSKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla.

**Kurunç, A., Ünlükara, A. 2009.** Growth, yield, and water use of okra (Abelmoschus esculentus) and eggplant (Solanum melongena) as influenced by rooting volume. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science,* 37(3): 201-210.

**Kuşvuran, Ş., Daşgan, H.Y., Abak, K., 2008.** Farklı Bamya Genotiplerinin Kuraklık Stresine Tepkileri. VII. Sebze Tarımı Sempozyumu, 26-29 Ağustos,Yalova

**Kuşvuran, Ş., Abak, K. 2012.** Kavun Genotiplerinin Kuraklık Stresine Tepkileri. *ÇÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 28(5): 79-87.

**Külahçılar, A. 2016.** Tombul Fındık Çeşidinde Mini Yağmurlama Sulama Yönteminde Farklı Su Seviyesi Uygulamalarının Verim ve Kaliteye Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, OÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.

**Loumou, A., Giorgia, C. 2003.** Olive groves: "The life and identity of the Mediterranean". *Agriculture and Human,* 20: 87-95.

**Mahajan, S., Tuteja, N. 2005.** Cold salinity and drought stresses: An overwiew. *Achives of Biochemistry and Biophysics,* 444(2): 138-158.

**Morina, A., Orgaz, F., Postar, M., Ferenes, E. 2003.** Yield Responses of a Mature Olive Orchard to Water Deficits. *American Seciety for Horticultural Science,* 128(3): 425-431.

**Mpusia, P.T.O. 2006.**Comparison of water consumption between greenhouse and outdoor cultivation. *Yüksek Lisans Tezi*, ITC, Enschede, Hollanda.

**Nar, H., Sağlam, A., Terzi, R., Varkonyı, Z., Kadıoğlu, A. 2009.** Leaf rolling and photosystem II efficiency in Ctenanthe setosa exposed to drought stress. *Photosynthetıca,* 47 (3): 429-436.

**Nardini, A., Lo Gullo, M.A., Trifilo, P., Salleo, S. 2014.** The challenge of the Mediterranean climate to plant hydraulics.: Responses and adaptations. *Environmental and Experimental Botany,* 13: 68-79.

**Oppenheimer, H. R. 1960.** Plant water relationships in arid and semi-arid conditions. UNESCO, UK, 105-138 pp.

**Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L.P. 2014.** Response of plants to water stress. *Front Plant Science*, 5: 86.

**Örs, S., Ekinci, M. 2015.** Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim*, 32(2): 237-250.

**Özer, H., Karadoğan, T., Oral, E. 1997.** Bitkilerde su stresi ve dayanıklılık mekanizması. *Atatürk Üniveritesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(3): 488-495

**Özilbey, N. 2011.** Zeytin Çeşitlerimiz. *Filiz Matbaacılık,* Ankara, 13 s.

**Öztürk, İ., Korkut, K.Z. 2018.**Ekmeklik Buğday (Triticum aestivum L) Genotiplerinde Farklı Gelişme Dönemlerindeki Kuraklığın Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 15(2): 128-137.

**Pıtır, M. 2015.** Biber Yetiştiriciliğinde Farklı Su Kısıtlarının Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, NKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ.

**Pouyafard, N., Akkuzu, E., Kaya, Ü. 2016.**Kıyı Ege Koşullarında Yetiştirilen Ayvalık Zeytin Fidanlarında Su Stresine Bağlı Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1): 88-98.

**Remorini, D., Melgar, J.C., Guidi, L., Degl'Innocenti, E., Castelli, S., Traversi, M.L., Massai, R., Tattini, M. 2009.** Interaction effects of root-zone salinity and solar irradiance on the physiology and biochemistry of *Olea europaea. Environmental and Experimental Botany,* 65(2-3):210-219.

**Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., Masia, A. 2004.** Lipoxygenase activity and proline accumulation in leaves and roots of olive trees in response to drought stress. *Physiologia Plantarum*, 121: 58-65.

**Sofo, A., Manfreda, S., Dichio, B., Fiorentino, M., Xiloyannis, C. 2007.** The olive tree: a paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions,* 4(5): 2811-2835.

**Sofo, A. 2011.** Drought stress tolerance and photoprotection in two varieties of olive tree. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 61(8): 711-720.

**Şen, M., Erdem, T. 2018.** Farklı Sulama Suyu Uygulamalarının Badem Ağaçlarının Su Kullanımı ve Vegetatif Gelişme Parametrelerine Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(1): 86-94.

**Taiz, L., Zieger, E. 2008.** Bitki Fizyolojisi. Palme Yayıncılık. 893 s. Ankara.

**Thomsan, H.C., Kelly, W.C. 1957.** Vegetable crops. Tata Mcgrow-Hill Publishing Company, New York, ABD, 476 pp.

**Trabelsi, L., Gargouri, K., Hassena, A.B., Mbadra, C., Ghrab, M., Ncube, B., Staden, J.V., Gargouri, R. 2019.** Impact of drought and salinity on olive water status

and physiological performance in an arid climate. *Agricultural Water Management,* 213: 749-759.

**Ullah I, Hanping M, Chuan Z, Javed Q, Azeem A 2017.** Optimization of Irrigation and Nutrient Concentration Based on Economic Returns, Substrate Salt Accumulation and Water Use Efficiency for Tomato in Greenhouse. *Archives of Agronomy and Soil Science,* 63(12): 1748-1762.

**Xiloyannis, C., Dichio, B., Nuzzo, V., Celano, G. 1999.** Defence Strategies Of Olive Aganist Water Stress. *Acta Horticulture,* 474: 423-426.

**Xiloyannis, C., Gucci, R., Dichio, B. 2004.** Olea. Trattato di Olivicoltura. *Piazza G. Galilei*, Bologra, Italy, 461 pp.

**Valente, S., Machado, B., Pinto, D.C.G.A., Santos, C., Silva, A.M.S., Dias, M.C. 2020.**Modulation of phenolic and lipophilic compounds of olive fruits in response to combined drought and heat. *Food Chemistry,* 329: 127191.

**Varol, N. Erten, L., Turanlı, T. 2009.**Zeytin. *Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı,*52: 235-248.

**Yarış, A. 2018.** Farklı Sulama Oranlarının Taze Fasulyede Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* NKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ.

**Yıldırım, D. 2012.** Sera Koşullarında Biberin Bitki Su Stresi İndeksi ile Verim İlişkisinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Samsun.

**Yurtyeri, T. 2009.** Sera İç ve Dış Koşullarında Yetiştirilen Ispanağın Farklı Tuzluluk ve Su Stresi Koşullarında Tepkisinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,*GOÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve SulamaAnabilim Dalı, Tokat.