

# Kısıtlı Sulama Koşullarında Zeytin Ağaçlarında Özsü Akışı ve Stoma İletkenliğindeki Değişimin Belirlenmesi

Erkal ERTEM<sup>\*1</sup>, Erhan AKKUZU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İzmir Bakırçay Üniversitesi, Menemen Meslek Yüksekokulu, Sulama Teknolojisi, İzmir

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama, İzmir

**Öz:** Su stresi zeytinde verimliliği etkileyen önemli çevresel faktörlerden biridir. Çalışma, 2017 yılında, Bornova Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde, zeytin (cv. Memecik) ağaçlarında yürütülmüştür. Çalışmada, kısıtlı sulama koşullarında zeytin ağaçlarında stoma iletkenliği ( $g_s$ ) ve bitki özsü akışı değişimleri izlenmiştir. Bu amaçla; konular, K1: Susuz (yağışa dayalı); K2: %100 ET, K3: %66 ET ve K4: %33 ET şeklinde oluşturulmuştur.

Çalışmada konulara uygulanan sulama suyu miktarı, 0 ile 912 mm arasında, bitki su tüketimi değerleri ise 91 ile 851 mm arasında değişiklik göstermiştir. Araştırmada, dönem boyunca hesaplanan ortalama stoma iletkenliği ( $g_s$ ) değerleri K1 konusu için 293.83  $\text{mmol m}^{-2} \text{sn}^{-1}$ , K2 konusu için 382.62  $\text{mmol m}^{-2} \text{sn}^{-1}$ , K3 konusu için 371.50  $\text{mmol m}^{-2} \text{sn}^{-1}$ , K4 konusu için 293.57  $\text{mmol m}^{-2} \text{sn}^{-1}$  olarak elde edilmiştir.

Bitki özsü akış ölçümlerinin sezon ortalamaları ise K1, K2, K3 ve K4 konusu için sırasıyla 0.054, 0.091, 0.073 ve 0.065  $\text{ml cm}^{-2} \text{dak}^{-1}$  olarak elde edilmiştir. Zeytin ağaçlarında konulara ait özsü akış hızlarının kontrol konusuna (K2) ait özsü akış hızına oranını gösteren transpirasyon oranının sezon ortalaması ise K1, K2, K3 ve K4 için sırasıyla 0.59, 1, 0.80, 0.72 olarak bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen verilere göre stoma iletkenliği değerlerinde konular arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yine araştırmanın önemli bir bulgusu her iki parametre arasında pozitif doğrusal ( $r^2 = 0.528$ ) bir ilişkinin bulunmasıdır. Elde edilen veriler ışığında; zeytin ağaçlarında su stresinin belirlenmesinde, stoma iletkenliği ( $g_s$ ) ve bitki özsü akışı ölçüm değerlerinin kullanılabileceği ifade edilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Su stresi, transpirasyon, bitki fizyolojisi, sulama programı

## Determination of The Variation in Stomatal Conductance and Sapflow in Olive Trees Under Deficit Irrigation

**Abstract:** Water stress is one of the important environmental constraints limiting olive productivity. This study was carried on olive (cv. Memecik) trees in Bornova Olive Research Institute in 2017. In this study, changes in stomatal conductance ( $g_s$ ) and sapflow under the deficit irrigation conditions were observed. For this reason, four treatments were applied as follows; K1: non-irrigated (rainfed), K2: 100% ET, K3: 66% ET, K4: 33% ET.

In this study (01/06/2017-30/09/2017), irrigation water requirement was ranged from 0 to 912 mm, evapotranspiration ( $ET_0$ ) varied from 91 to 851 mm. The mean stomatal conductance ( $g_s$ ) values calculated for during the period were 293.83  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for K1, 382.62  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for K2, 371.50  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for K3 and 293.57  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for K4. The mean sapflow values calculated during the period were 0.054  $\text{ml cm}^{-2} \text{min}^{-1}$  for K1, 0.091  $\text{ml cm}^{-2} \text{min}^{-1}$  for K2, 0.073  $\text{ml cm}^{-2} \text{min}^{-1}$  for K3 and 0.065  $\text{ml cm}^{-2} \text{min}^{-1}$  for K4. The seasonal average of the transpiration rate, which shows the ratio of the sap flow rate of the treatment to the sap flow rate of the control treatment (K2) in olive trees, was found to be 0.59, 1, 0.80, 0.72 for K1, K2, K3 and K4, respectively.

According to the data obtained in this study, the difference between the stomatal conductance values of treatments was statistically significant. An important finding of the research is that there is a positive linear ( $r^2 = 0.528$ ) relationship between stomatal conductance and sap flow. In the light of the data obtained; it can be stated that stoma conductivity ( $g_s$ ) and plant sap flow measurement values can be used to determine the water stress of olive trees.

**Keywords:** Water stress, transpiration, plant physiology, irrigation schedule

## GİRİŞ

Oleaceae familyasından olan zeytin, genellikle 2-10 metre arasında değişen ve 15-20 metreye kadar da ulaşabilen ve 2000 yıl kadar yaşayabilen uzun ömürlü dayanıklı bir bitkidir (Kaplan ve Karagöz Arihan, 2011). Zeytin (*Olea europaea* L.) her iki yarım kürede de en çok 30 ve 45° enlemlerinde yetiştirilen yaprak dökmeyen bir ağaçtır (Gucci ve ark., 2012). Dünya genelindeki zeytin yetiştiriciliğinin %90'lık kısmı Akdeniz Havzası, geriye kalan kısmı ise Latin Amerika ülkelerinde yapılmaktadır. Türkiye'de Ege, Marmara,

Akdeniz, Güneydoğu Anadolu Bölgeleri önemli zeytin üretilen bölgelerdir (GTB, 2016).

Zeytin her ne kadar kuraklığa dayanıklı olup su stresi koşullarında canlılığını devam ettirip, ürün verse de yüksek kaliteli ürün ve verim için tamamlayıcı sulamanın gerekli olduğu çok sayıda çalışma ile ortaya konulmuştur (Beede ve

**\*Sorumlu Yazar:** [erkal.ertem@bakircay.edu.tr](mailto:erkal.ertem@bakircay.edu.tr) Bu çalışma yüksek lisans tez ürünüdür.

**Geliş Tarihi:** 24 Ağustos 2020

**Kabul Tarihi:** 30 Aralık 2020

Goldhamer, 2005).

Bitkilerin su stresine karşı önemli tepkisi stoma açıklığını ayarlamasıdır. Yani bitkinin su tüketimini azaltmak için bu ayarlamayla birlikte, bünyesindeki suyu kontrol altına alması ve su potansiyelini düzenleyebilmesidir. Toprak-bitki-atmosfer uzantısı boyunca suyun hareketi tamamıyla potansiyel evapotranspirasyonun (ET) kontrolü altındadır. Bitkilerde su hareketinin nedeni transpirasyondur ve toprak – bitki kök yüzeyi ile yapraklar arasında suyun hareket sebebi basınç gradyenidir. Bitkinin evapotranspirasyon için ihtiyaç duyduğu su, toprakta varsa, herhangi bir düzenlemeye gerek duyulmamaktadır. Topraktaki su miktarı az ise, toprak-bitki-atmosfer boyunca su potansiyelinde azalma meydana gelmektedir (Beede ve Goldhamer, 2005; Breda ve ark., 2006; Taiz ve Zeiger, 2008). Bitkiler toprakta nem azaldığında köklerden gelen absisik asite (ABA) tepki vererek stomalarını kapatırlar, bunun sonucunda transpirasyonda azalma meydana gelir (Taiz ve Zeiger, 2008). Xiloyannis ve ark. (1999), Zeytin ağaçlarının su stresine, dokularındaki su içeriğini azaltarak ve potansiyeli düşürerek tepki verdiğini, bitkinin yaprakları ile kökleri arasında çok yüksek bir potansiyel bulunduğunu ve bu sayede toprakta -2,5 MPa'a kadar basınçla tutulan sudan yararlanabildiğini bildirmiştir.

Bu nedenle sulama programlarının oluşturulmasında bitkiye dayalı yöntemler, bitkinin toprak, su, atmosfer sürekli ortamının ortasında bulunması nedeniyle bunların bütünleşik etkilerini daha iyi yansıttıklarından diğer programlama tekniklerine kıyasla daha sağlıklı sonuçlar verirler (Yazar ve ark. 2007). Yapılan çalışmalarla, sulama programlanmasında bitkiye dayalı yöntemlerin önemli bir potansiyele sahip olduğu ortaya konmuş, bu amaca yönelik olarak bitki su potansiyeli, taç sıcaklığı, özsü akışı ve gövde çapı değişimi gibi ölçümlerin hassas bir sulama planlaması için kullanılabileceği belirtilmiştir (Fernandez ve Cuevas, 2010).

Bu çalışmanın amacı ve odak noktası, ülkemizde yaygın yetiştirilen zeytin çeşitlerinden biri olan Memecik çeşidinin, farklı su kısıtı düzeylerinde, su stresine tepkisinin stoma iletkenliği ve özsü akışı gibi fizyolojik özelliklerini izleyerek ortaya konulması ve söz konusu göstergelerin zeytinin sulama programlarının oluşturulmasında kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır.

#### **MATERYEL VE YÖNTEM**

Çalışma; 2017 yılı sulama sezonunda Bornova Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Üretim ve Araştırma Sahası içerisindeki açık alanda yürütülmüştür.

Araştırma alanı; Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü dönem için (haziran – ekim) Bornova'ya ait uzun yıllık aylık ortalama sıcaklık değerleri

18.8 °C ile 27.9 °C, yağış ise 4.4 ile 44.9 mm arasında değişiklik göstermektedir (MGM, 2018).

Çalışmada Memecik çeşidi kullanılmıştır. Ege Bölgesi'nde en yaygın olarak yetiştirilen zeytin çeşitlerinden biridir. Meyveler siyaha yakın parlak koyu renklidir. Ege Bölgesi'ndeki ağaç varlığının %50'den fazlasını Memecik çeşidi oluşturur. Yağlık ve sofralık olarak değerlendirilir. Yağı koyu yeşilimsi-sarı renkli ve kuvvetli meyve kokuludur. Kimyasal ve duysal kalite ölçütlerine göre Ayrılık ve Edremit çeşidinin yağlarından sonra gelmektedir (Efe ve ark., 2016).

Araştırmada damla sulama sistemi kullanılmıştır. Damla sulama sisteminde kullanılan damlatıcıların debisi 8 litre saat<sup>-1</sup>'dir. Manifoldların çapı 32 mm, laterallerin çapı 16 mm olarak belirlenmiştir. Her ağaç arasına iki lateral yerleştirilmiş olup lateral ve damlatıcı aralığı 90 cm'dir. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 sulama konusu, 3 tekerrürlü ve her bir sulama parselinde 3 ağaç, her bir sulama konusunda ise 9 ağaç bulunmaktadır. Konulara göre sulama uygulamalarına haziran ayı başında başlanmış ve eylül ayı sonunda bitirilmiştir. Sulamalar 7 günde bir gerçekleştirilmiştir. Deneme konuları;

K1: Susuz (yağışa dayalı),

K2: 0-90 cm toprak derinliğindeki eksilen nemin tarla kapasitesine (%100) getirilmesi,

K3: K2 konusunda uygulanan su miktarının %66'sının uygulanması,

K4: K2 konusunda uygulanan su miktarının %33'ünün uygulanması şeklinde oluşturulmuştur.

Her deneme konusuna ait bitki su tüketim miktarları, su dengesi yöntemine (James, 1988) göre aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Bu amaçla, toprak nemi 0-90 cm toprak katmanı için gravimetrik yöntem ile izlenmiştir. En fazla suyun uygulandığı K2 konusunda bile 0-90 cm toprak derinliğindeki eksilen nem tarla kapasitesine getirildiğinden ve damla sulama yöntemi kullanıldığından derine sızma kaybının olmadığı kabul edilmiştir.

$$ET = I + P - D - R \pm \Delta s$$

Eşitlikte;

ET= Evapotranspirasyon (mm)

I= Sulama suyu (mm)

P= Yağış (mm)

D= Derine sızma (mm)

R= Yüzey akış (mm)

$\Delta s$ = İki örnekleme arasındaki nem değişimi (mm)

Konulara uygulanacak sulama suyu miktarları (K1 konusu hariç), 0-90 cm kök derinliğinde eksilen nem miktarının, sulanacak alan büyüklüğü, ıslatma yüzdesi ve konuya ilişkin katsayı ile çarpılmasıyla belirlenmiştir. Uygulanan sulama suyu, her konu parselinin başındaki su sayacı ile ölçülmüştür. Ayrıca basınç düzenleyicili damlatıcılar kullanıldığından su uygulama randımanı %100 kabul edilmiştir.

### Fizyolojik Ölçümler

#### Stoma iletkenliği ( $g_s$ )

Stoma iletkenliğini ölçmek için Yaprak Porometresi (DECAGON SC-1) kullanılmıştır (Ben-gal ve ark., 2009). Ölçümlere sulamaların başlangıcından 1 hafta sonra tüm konularda başlanmıştır. Ölçümler her hafta çarşamba günleri 11:30-14:00 saatleri arasında yapılmıştır.

#### Bitki özsu akış hızı ölçümü

Bitki özsu akış hızı ölçümleri, özsu akış sensörleri (Ecomatik, SF-G) yardımıyla her bir konunun tek bir tekrüründe yer alan 2 ağaçta sürekli olarak ölçülmüştür. Ölçümlere haziran ayının başında başlanmış, ekim ayının sonunda son verilmiştir. Bitki özsu akış verileri 15 dakikada bir ölçülüp bir veri kaydedici (Campbell Scientific, CR1000) yardımıyla kaydedilmiştir.

Özsu akış hızı, iki iğne arasındaki sıcaklık farkından yararlanılarak Granier, (1985) tarafından geliştirilen aşağıda yer alan eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Ecomatik, 2003).

$$U = 0.714x \left( \frac{\Delta T_{max} - \Delta T}{\Delta T} \right)^{1.231}$$

$$U = \text{özsu akış hızı (ml cm}^{-2} \text{ dakika}^{-1})$$

$\Delta T$ = iki iğne arasındaki sıcaklık farkı

$\Delta T_{max}$ = iğneler arasında her gece ulaşılan maksimum sıcaklık farkı

### İstatistiksel Analizler

Denemede, stoma iletkenliğine ilişkin sulama konularına göre fark olup olmadığı varyans analiziyle, farkların önemli olması durumunda ise hangi konular arasında fark olduğu Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak saptanmıştır (Yurtsever, 1984). Parametreler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla regresyon ve korelasyon analizleri yapılmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### Bitki Su Tüketimi ve Sulama Suyu Gereklinimi

Çalışmada sulama uygulamaları 10 Haziran 2017 tarihinde başlanmış, 28 Eylül 2017 tarihinde ise bitirilmiştir. Konularına göre uygulanan sulama suyu miktarları 0-912 mm arasında, toplam bitki su tüketimi miktarları ise 91-851 mm arasında değişmiştir (Çizelge 1). Çalışmada K2 konusuna ait sulama suyu ihtiyacı, bitki su tüketiminden yüksek çıkmıştır. Bu durumun temel nedeni mayıs ayında devreden sulama suyu ihtiyacıdır. Bitki tarafında kullanılan

ve mayıs ayındaki yağışlarla karşılanamayan bitki kök bölgesindeki eksik su, haziran ayındaki ilk sulama ile karşılanmıştır. Yine son sulamada verilen sulama suyunun bir kısmı ekim ayında kullanılmaktadır.

Çizelge 1. 2017 yılı (1 Haziran - 30 Eylül) konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarları (mm) ve bitki su tüketimi (mm)

YIL	K1	K2	K3	K4	
2017	I	0	912	608	304
	ET <sub>a</sub>	91	851	606	358

Yarı kurak iklim koşullarında yetişkin zeytin ağaçlarının bitki su tüketimi (ET<sub>c</sub>) 560 mm ile 1,020 mm arasında değişebilmektedir (Goldhammer ve ark., 1994; Fernandez ve Moreno, 1999; Moriana ve ark., 2003; Grattan ve ark., 2006; Hidalgo ve ark., 2011; Asik ve ark., 2014; Akkuzu ve ark., 2016).

Çakır (2015), Bornova koşullarında Memecik zeytin çeşidinde farklı sulama stratejilerini ele aldığı çalışmada uygulanan sulama suyu miktarının 0-813.9 mm arasında, mevsimlik ET değerlerinin ise 128-785 mm arasında değiştiğini saptamıştır. Araştırmacıların bulguları ile bu çalışmanın bulguları benzerlik göstermektedir.

#### Fizyolojik bulgular

##### Stoma iletkenliği ( $g_s$ )

Sulama sezonu boyunca yapraklardan ölçülen stoma iletkenliği değerleri ve bunlara ait istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Zeytin ağaçlarında ölçülen stoma iletkenliği değerleri konulara bağlı olarak değişiklik göstermiştir (Çizelge 2). Stoma iletkenliği değerleri, K1 konusunda 60.9 ile 428.2 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> arasında, K2 konusunda 288.1 ile 458.3 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> arasında, K3 konusunda 264.2 ile 448.4 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> arasında, K4 konusunda 188.1 ile 385.8 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Stoma iletkenliği değerlerinin sulama sezonu ortalamaları, K1 konusunda 293.8 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup>, K2 konusunda 382.6 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup>, K3 konusunda 371.5 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup>, K4 konusunda 293.6 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Genel olarak en düşük değerler K1 ve K4 konusunda, en yüksek değerler ise K2 ve K3 konularında bulunmuştur.

Varyans analizi sonuçlarına göre, temmuz ayı ortasına kadar konular arasında stoma iletkenliği değerleri açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır (Çizelge 2). Buna göre, söz konusu dönemde kısıt konularında topraktaki mevcut suyun transpirasyon için yeterli olduğu söylenebilir. Temmuz ayı ortasından itibaren sezon sonuna kadar bazı haftalar istisna olmak üzere konular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur.

Gouiaa ve ark. (2014), saksıda yetiştirilen genç zeytin (cv Chemlali) fidanlarının su stresine tepkisini araştırdıkları çalışmada sulama konularını; T1: Tam sulama, T2: Tam sulamanın yarısı ve T0: Susuz olarak oluşturmuşlardır.

Araştırmacılar gün doğumundan öğleye kadar stoma iletkenliğinin değişimini inceledikleri çalışmada en yüksek stoma iletkenliğini T1 konusunda gün ortasında 650 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> olarak ölçmüşlerdir.

Parlak (2014), 2012 yılında 3 yaşındaki Ayvalık çeşidi zeytin fidanlarında yaptığı çalışmada sulama konularını, bitki su tüketiminin %100 (I<sub>100</sub>), %66 (I<sub>66</sub>), %33 (I<sub>33</sub>)'ü kadar su uygulanacak şekilde oluşturmuştur. Araştırmacı, stoma iletkenliği değerlerinin sezon ortalamasını I<sub>100</sub> konusunda 399.13 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup>, I<sub>66</sub> konusunda 305.09 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup>, I<sub>33</sub> konusunda 196.03 mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> olarak hesaplamıştır. Araştırmacıların bulguları ile çalışmanın bulguları benzerlik göstermektedir.

#### Bitki özsü akış hızı

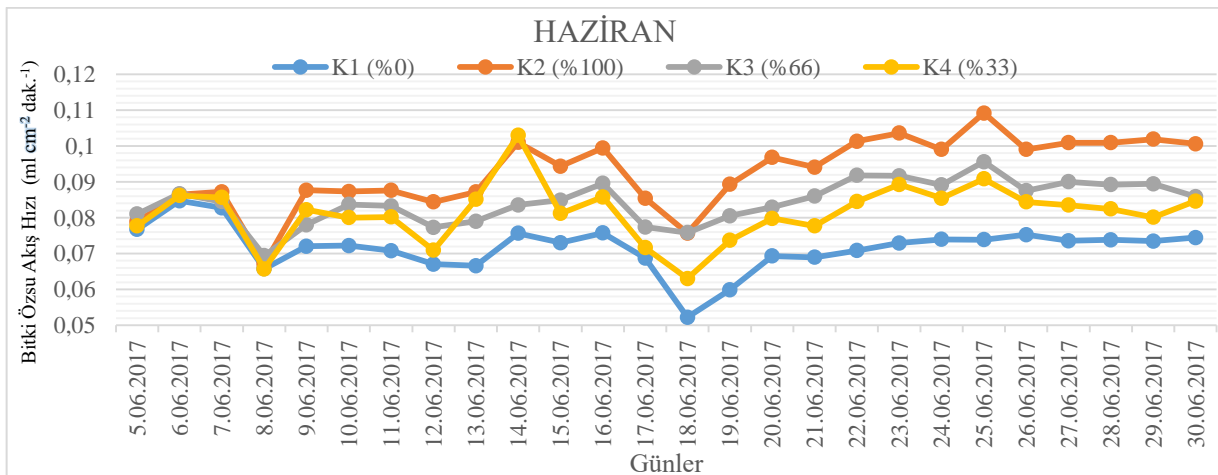
Haziran ayı boyunca kaydedilen bitki özsü akışı ölçümlerinde, K1 konusunda, en düşük ve en yüksek akış hızı 0.052-0.085 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K2 konusunda, en düşük ve en yüksek akış hızı 0.067-0.110 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K3 konusunda, en düşük ve en yüksek akış hızı 0.069-0.096 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K4 konusunda, en düşük ve en yüksek akış hızı

0.063-0.103 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Haziran ayının ortasına kadar toprakta bitki su tüketimi için yeterli su olduğundan Şekil 1'de de konular arasında stresi gösterecek belirgin bir fark olmadığı görülmektedir. Haziran ayı ortasından itibaren farklar belirginleşmeye başlamıştır. Temmuz ayı boyunca kaydedilen bitki özsü akışı ölçümlerinde, K1 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsü akış hızı 0.057-0.077 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K2 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsü akış hızı 0.080-0.110 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K3 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsü akış hızı 0.064-0.093 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K4 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsü akış hızı 0.059-0.088 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Konular arasındaki fark, temmuz ayında Şekil 2'te de görüldüğü gibi özellikle K2 konusunda belirginleşmiştir.

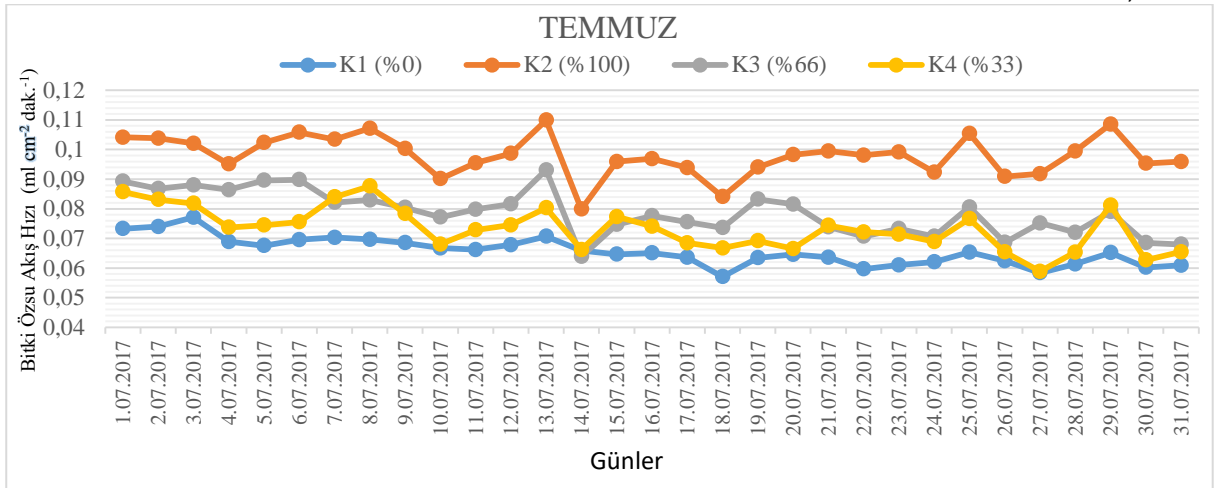
Ağustos ayı boyunca kaydedilen bitki özsü akışı ölçümlerinde, K1 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsü akış hızı 0.038-0.061 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K2 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsü akış hızı 0.080-0.104 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K3 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsü akış

Çizelge 2. 2017 yılında zeytin ağaçlarında konulara göre ortalama stoma iletkenliği değerleri (mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup>) P ≥ 0.05 ns: önemsiz p < 0.05 önemli

KONU	TARİH															ORT.
	21.06.2017	28.06.2017	05.07.2017	12.07.2017	19.07.2017	26.07.2017	02.08.2017	09.08.2017	16.08.2017	23.08.2017	30.08.2017	06.09.2017	13.09.2017	20.09.2017		
K1	278.4 (n.s)	411.1 (n.s)	428.2 (n.s)	363.8 (b)	374.2 (n.s)	288.9 (b)	274.2 (b)	280.8 (b)	296.7 (b)	291.5 (n.s)	335.5 (n.s)	200.0 (n.s)	229.5 (b)	60.9 (c)	293.8	
K2	314.3 (n.s)	436.8 (n.s)	458.3 (n.s)	429.2 (a)	405.1 (n.s)	427.4 (a)	391.9 (a)	388.6 (a)	364.4 (a)	394.9 (n.s)	388.5 (n.s)	288.1 (n.s)	358.5 (a)	310.6 (a)	382.6	
K3	271.5 (n.s)	436.1 (n.s)	431.7 (n.s)	448.4 (a)	409.6 (n.s)	438.6 (a)	378.4 (a)	382.6 (a)	365.4 (a)	366.6 (n.s)	374.8 (n.s)	291.6 (n.s)	341.7 (ab)	264.2 (ab)	371.5	
K4	243.7 (n.s)	385.8 (n.s)	362.2 (n.s)	333.5 (b)	357.9 (n.s)	269.4 (b)	265.8 (b)	278.8 (b)	272.9 (b)	336.8 (n.s)	307.4 (n.s)	242.0 (n.s)	265.5 (ab)	188.1 (b)	293.6	



Şekil 1. 2017 yılı zeytin ağaçları haziran ayı ortalama bitki özsü akış hızı (ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>)



Şekil 2. 2017 yılı zeytin ağaçları temmuz ayı ortalama bitki özsu akış hızı (ml cm<sup>-2</sup> dak<sup>-1</sup>)

hızı 0.055-0.076 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K4 konusunda 0.048-0.076 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Ağustos ayının sonlarına doğru K1 konusu Şekil 3'te görüldüğü gibi, toprakta nem iyice düştüğü için diğer konulardan ayrılmaya başlamıştır.

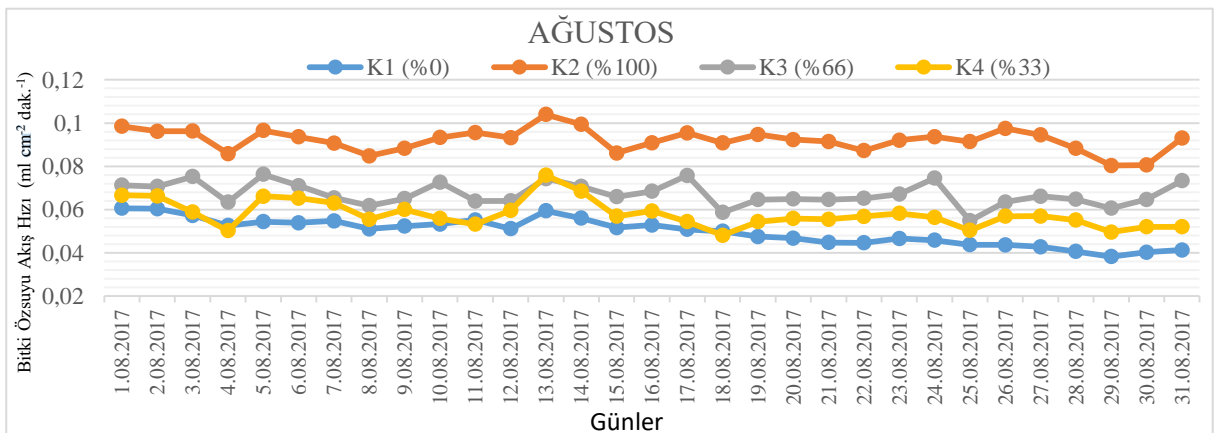
Eylül ayı boyunca kaydedilen bitki özsu akışı ölçümleri, K1 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsu akış hızı 0.016-0.042 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K2 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsu akış hızı 0.074-0.099 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K3 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsu akış hızı 0.052-0.073 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K4 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsu akış hızı 0.032-0.060 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır (Şekil 4). Eylül ayında tüm konular arasında belirgin farklar ortaya çıkmıştır.

Ekim ayı boyunca kaydedilen bitki özsu akışı hızı, K1 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsu akış hızı 0.008-0.029 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K2 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsu akış hızı 0.025-0.085 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K3 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsu akış hızı 0.021-0.066 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup>, K4 konusunda en düşük ve en yüksek bitki özsu akış hızı 0.021-0.061 ml cm<sup>-2</sup> dak.<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Çalışma boyunca en düşük bitki özsu akış hızı tüm konularda

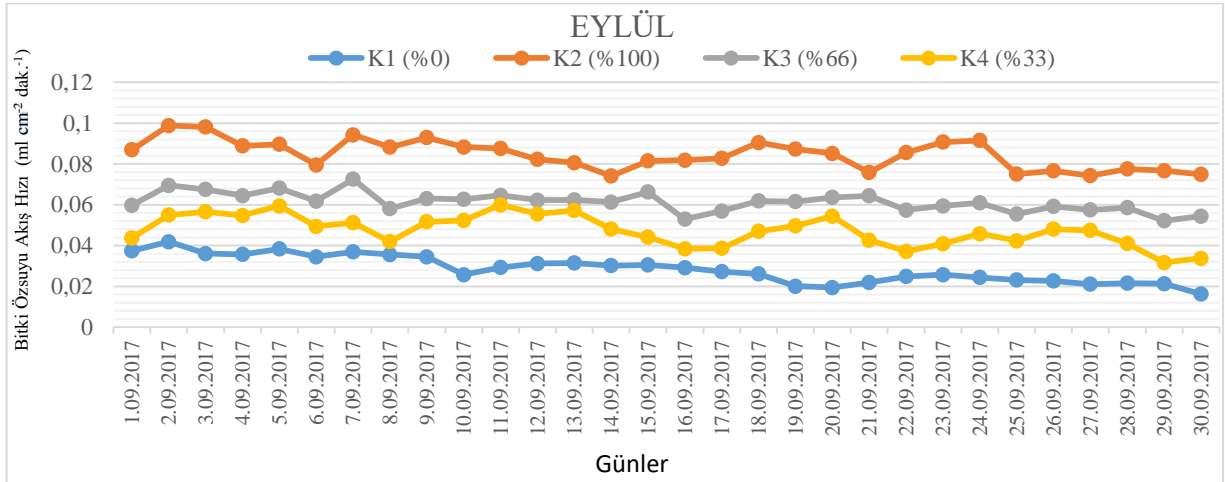
ekim ayında kaydedilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü gibi tüm konularda bitki özsu akış hızının günlere göre en düzensiz olarak dağıldığı ay ekim ayı olmuştur. Bunda temel faktörün iklim koşulları olduğu düşünülmektedir.

Marino ve ark. (2014), yağışa dayalı ve tam sulama (kontrol) konularında zeytin ağaçlarında, yaz dönemi boyunca, günlük maksimum bitki özsu akış yoğunluğunu kontrol konusunda 20 ve 30 g m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> arasında kaydetmişlerdir. Yağışa dayalı koşullarda, bitki özsu akış yoğunluğunu, temmuz ve ağustos aylarında yaklaşık 7 g m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> maksimum değerine eriştiğini, haziran ve eylül aylarında sırasıyla maksimum 2.6 ve minimum 2.1 g m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> günlük değişimler gözlemlendiğini gözlemlemişlerdir.

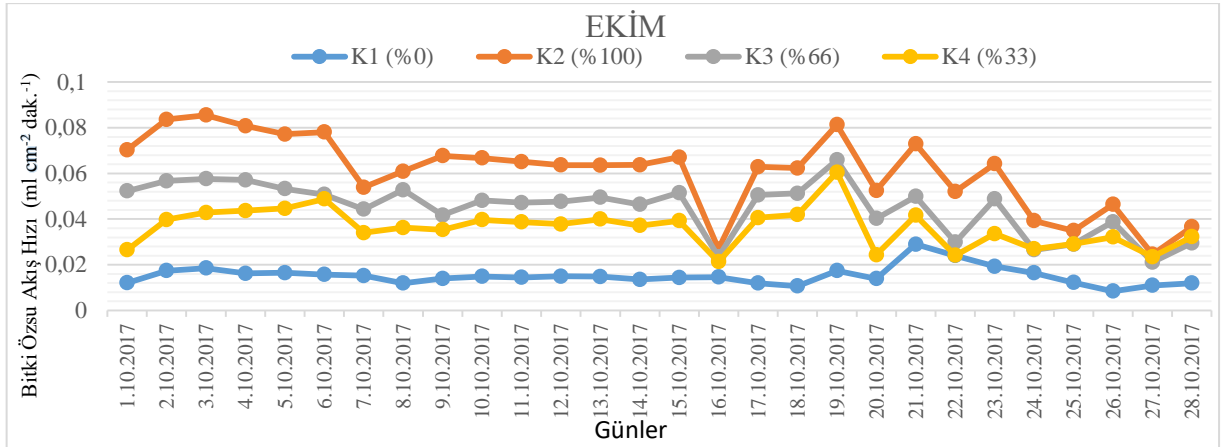
Cocozza ve ark. (2015), İtalya'da yağışa dayalı koşullarda ve sulama yapılan yetişkin zeytin ağaçlarında bitki özsu akış hızını izlemişlerdir. Yaz mevsimi boyunca ve sonbaharın başlangıcında yağışa dayalı koşullarda yetişen bitkilere kıyasla sulanan bitkilerin bitki özsu akış hızını daha yüksek bulmuşlardır. Yaz döneminde günlük maksimum bitki özsu akış hızının 20 ile 30 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 3. 2017 yılı zeytin ağaçları ağustos ayı ortalama bitki özsu akış hızı (ml cm<sup>-2</sup> dak<sup>-1</sup>)



Sekil 4. 2017 yılı zeytin ağaçları eylül ayı ortalama bitki özsü akış hızı (ml cm<sup>-2</sup> dak<sup>-1</sup>)



Sekil 5. 2017 yılı zeytin ağaçları ekim ayı ortalama bitki özsü akış hızı (ml cm<sup>-2</sup> dak<sup>-1</sup>)

Bitki özsü akış hızı verilerinin aylık ve sezonluk ortalamaları Çizelge 3'te verilmiştir. Aylık ve sezonluk ortalama özsü akış hızlarında en yüksek değerler K2 konusunda, en düşük değerler ise K1 konusunda elde edilmiştir. K2 konusu dışındaki tüm konularda sezon boyunca özsü akış hızlarında azalma gözlenmiştir. Ekim ayında K2 konusunda gözlenen azalma sulamaların eylül sonu itibarıyla kesilmesinin yanı sıra mevsim itibarıyla sıcaklıkların düşmesiyle birlikte transpirasyondaki azalma ile açıklanabilir.

#### **Stoma iletkenliği (g<sub>s</sub>) ve bitki özsü akış hızı arasındaki ilişki**

Çalışmada, bitki özsü akış hızı ile stoma iletkenliği arasında regresyon analizi sonucunda pozitif doğrusal bir ilişki ( $r^2 = 0.528$ ) bulunmuştur (Şekil 6). İki parametre arasında istatistiksel olarak anlamlı bir bağ olduğu belirlenmiştir.

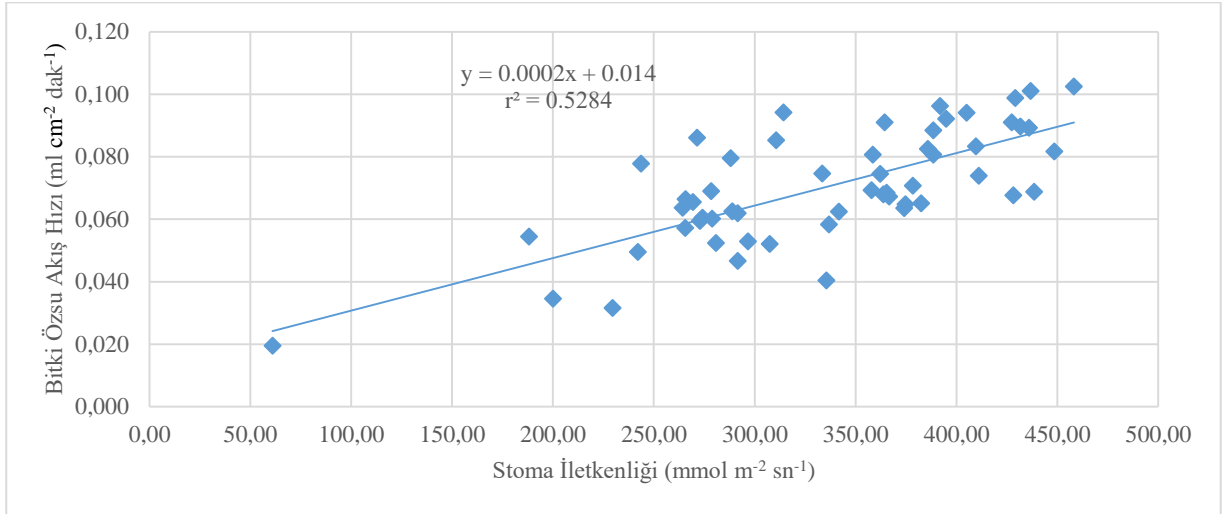
Çizelge 3. 2017 yılında zeytin ağaçlarında konulara göre ortalama özsü akış hızı değerleri (ml cm<sup>-2</sup> dak.⁻¹)

	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Sezon
<b>K1</b>	0.072	0.066	0.050	0.029	0.015	<b>0.054</b>
<b>K2</b>	0.090	0.098	0.092	0.085	0.061	<b>0.091</b>
<b>K3</b>	0.084	0.079	0.067	0.061	0.045	<b>0.073</b>
<b>K4</b>	0.083	0.073	0.058	0.047	0.036	<b>0.065</b>

Ksilemden geçen bitki özsü akışı hızı arttıkça stomalardan oluşan transpirasyon hızı da artmıştır. Bununla birlikte stoma iletkenliği üzerinde diğer faktörlerinde etkili olduğu söylenebilir. Stoma iletkenliği üzerinde oransal nem, kuantum akı yoğunluğu, sıcaklık, karbondioksit konsantrasyonu, toprak nem durumu gibi çevresel faktörler de etkili olmaktadır (Turner, 1991).

#### **SONUÇ**

Su stresinin artışına bağlı olarak fizyolojik özellikler değerlendirildiğinde; stoma iletkenliği verilerinin varyans analizi sonuçlarına göre, konular arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark gözlenmiştir. Söz konusu fark stoma iletkenliğinin, bitkideki su stresinin saptanmasında kullanılabileceğini ortaya koymuştur.



Şekil 6. 2017 yılı zeytin ağaçlarına ait bitki özsü akış hızı ( $\text{ml cm}^{-2} \text{dak}^{-1}$ ) ve stoma iletkenliği ( $\text{mmol m}^{-2} \text{sn}^{-1}$ ) arasındaki ilişki

Aynı şekilde bitki özsü akışı ölçümlerinde de bitki su stresine bağlı olarak konular arasında değişimler olmuş, su stresi arttıkça özsü akış hızında azalma meydana gelmiştir. Ölçümlerde en düşük konu tüm aylarda K1 (Yağışa dayalı) konusu olurken, en yüksek konu K2 (Kontrol) konusu olmuştur. Konular arasındaki farklar; yine bitki özsü akışının, zeytinde bitki su stresinin saptanmasında kullanılabileceğini göstermektedir.

Araştırmanın önemli bir bulgusu ise her iki parametre arasında pozitif doğrusal ( $r^2 = 0.528$ ) bir ilişkinin bulunmasıdır. Stoma iletkenliğinin tahminlenmesinde özsü akış ölçümlerinin ya da özsü akış hızının tahminlenmesinde stoma iletkenliği ölçümlerinin kullanılabileceği söylenebilir. Bununla birlikte stoma iletkenliği üzerinde diğer faktörlerin etkili olduğu da söylenebilir.

Hem stoma iletkenliği hem de bitki özsü akış hızının zeytin ağaçlarında su stresinin belirlenmesinde başarılı olduğu, bu yüzden sulamanın programlanmasında her iki yönteminde başarıyla kullanılabileceği ifade edilebilir. Bu yöntemlerden özsü akış hızının otomasyona da uygun olması yöntemin kullanım olanağını arttırmaktadır.

#### KAYNAKLAR

- Akkuzu E, Kaya Ü, Köseoğlu O, Sevim D, Mengü GP, Güngör FÖ, Veral MG, Kaptan S (2016) Zeytin Yetiştiriciliğinde Kısıtlı Sulama Stratejilerinin Zeytin Verimine, Fizyolojik Parametrelerine, Zeytin ve Zeytinyağının Minör ve Antioksidan Özellik Gösteren Bileşikleri Üzerine Etkisi. TÜBİTAK Proje No: 112O317.
- Asik S, Kaya U, Camoğlu G, Akkuzu E, Olmez H, Avcı M. (2014) Effect of Different Irrigation Levels on the Yield and Traits of Memecik Olive Trees (*Olea europaea L.*) in the Aegean Coastal Region of Turkey. J. Irrig. Drain Eng. 140(8): 04014025.
- Beede RH, Goldhamer DA (2005) Olive irrigation management. In: Olive Production Manual, Second Edition, Sibbett GS, Ferguson L (eds.), University of California Publication 3353: 61-69.
- Ben-Gal A, Agam N, Alchanatis V, Cohen Y, Yermiyahu U, Zipori I, Presnov E, Sprintsin M, Dag A (2009) Evaluating water stress in irrigated olives: correlation

of soil water status, tree water status, and thermal imagery. Irrig Sci. doi: 10.1007/s00271-009-0150-7

- Breda N, Huc R, Granier A, Dreyer E (2006) Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. Annals of Forest Science, Springer Verlag (Germany). 63 (6): 625-644.
- Cocozza C, Marino G, Giovannelli A, Cantini C, Centritto M, Tognetti R (2015) Simultaneous Measurements of Stem Radius Variation and Sap Flux Density Reveal Synchronisation of Water Storage and Transpiration Dynamics in Olive Trees. Ecohydrology(8). 33-45.
- Çakır T (2015) Farklı Kısıtlı Sulama Koşullarındaki Zeytin Ağaçlarında (cv. Memecik) Bitki Su Potansiyeli ve Stoma İletkenliğinin Zamansal Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Ecomatik (2003) Sap Flow Sensor User Manual. Germany.
- Efe R, Soykan A, Cürebal İ, Sönmez S (2016) Türkiye'de Yetişen Zeytin Çeşitlerinin Özellikleri ve Coğrafi Dağılışı. E. G. Naskali içinde, Zeytin Kitabı, Kitabevi.
- Fernández JE, Moreno F (1999) Water use by the olive tree. Water use in crop production, (Edt: Kirkham M.B). Haw orth Press.101-162.
- Fernández, J.E. and Cuevas, M.V. 2010. Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review. Agricultural and Forest Meteorology 150:135–151.
- Goldhamer DA, Dunai J, Ferguson L (1994) Irrigation requirements of olive trees and responses to sustained deficit irrigation. Acta Horticulturae 356: 172-176.
- Gouiaa M, Zauouy F, Boujnah D (2014) Ecophysiological Response of Young 'Chemlali' Olive Plants Under Three Irrigation Regimes. OLIVEBIOTEQ2014. Jordan.
- Granier A (1985) Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. Annales Des Sciences Forestières 2(42): 193-200.
- Grattan SR, Berenguer MJ, Connell JH, Polito VS, Vossen PM (2006) Olive Oil Production as Influenced by Different

- Quantities of Applied Water. *Agricultural Water Management* 85: 133-140.
- GTB (2016) 2015 Yılı Zeytin ve Zeytinyağı Raporu. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı. Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü.
- Gucci R, Fereres E, Goldhamer DA (2012) Fruit Trees and Vines. In: Steduto P, Hsiao TC, Fereres E, Raes D. *Crop Yield Response to Water* (300). Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Hidalgo J, Vega V, Hidalgo JC, Pastor M, Orgaz F, Fereres E (2011) Responses to Different Irrigation Strategies of a Traditional and an Intensive Olive Orchard Cultivar 'Picual' in Andalusia, Spain. *Acta Hort.* (ISHS) 888: 53-62.
- James LG (1988) *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley & Sons, New York, 260-299.
- Kaplan M, Karagöz Arıhan S (2011) Antik Çağdan Günümüze Bir Şifa Kaynağı: Zeytin ve Zeytin Yağının Halk Tıbbında Kullanımı. VIII. Milletlerarası Türk Halk Kültürü Kongresi, (s. 2). İzmir.
- Marino G, Pallozzi E, Cocozza C, Tognetti R, Giovannelli A, Cantini C, Centritto M (2014) Assessing Gas Exchange, Sap flow and Water Relations Using Tree Canopy Spectral Reflectance Indices in Irrigated and Rainfed *Olea europaea* L. *Environmental and Experimental Botany* 99: 43-52.
- MGM (2018). İzmir ili meteoroloji verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü. İzmir.
- Moriana A, Orgaz F, Fereres E, Pastor M (2003) Yield Responses of Mature Olive Orchard to Water Deficit. *Journal of American Society Horticulturæ Science* 425-431.
- Parlak M (2014) Ayvalık Zeytin Fidanlarında Su Stresine Bağlı Olarak Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)'nin Değişimi ve CWSI ile Stoma İletkenliği Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir
- Taiz L, Zeiger E (2008) *Bitki Fizyolojisi* (Edit. Prof. Dr. İsmail Türkan). Palme Yayıncılık, Ankara.
- Turner NC (1991) Measurement and influence of environmental and plant factors on stomatal conductance in the field. *Agricultural and Forest Meteorology* 54(2-4): 137-154.
- Xiloyannis C, Dichio B, Nuzzo V, Celano G (1999) Defense strategies of olive against water stress. *Acta Horticulturæ*, 474: 423-426.
- Yazar, A., Gençel, B., Ülger, A.C., Sezen, S.M., Bozkurt, Y. 2007. Bitki Su Stresi İndeksini Kullanarak Uygulanacak Sulama Suyu Miktarının Kestirimi. Tubitak Proje No: TOGTAG-3305
- Yurtsever, N. (1984). *Deneyisel İstatistik Metotlar*. Ankara: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara