

Araştırma Makalesi/Reserach Article

## Sulama Düzeyinin Zeytin Ağaçlarında Stoma İletkenliğinin Günlük ve Mevsimlik Değişimine Etkisi

Ongun Uçkay<sup>1</sup>  Erhan Akkuzu<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 35100 Bornova İzmir, Türkiye.

\*Sorumlu yazar: erhan.akkuzu@ege.edu.tr

Geliş Tarihi: 20.04.2021

Kabul Tarihi: 23.11.2022

### Öz

Çalışma; 2018 yılında, Bornova Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde, yetişkin zeytin ağaçlarında (*Olea europea* L. ‘Memecik’) yürütülmüştür. Çalışmada, tam sulama konusunda topraktan eksilen nemin dikkate alındığı farklı sulama düzeylerinde ( K1= susuz (yağışa dayalı), K2=%100 ET (Tam), K3= %66 ET ve, K4= %33 ET) zeytin ağaçlarında sulama öncesi ve sulama sonrası stoma iletkenliği ( $g_s$ )’nin mevsim içindeki değişimleri izlenmiştir. Ayrıca gün içerisinde değişimi ortaya koymak amacıyla yağışa dayalı (K1) ve kontrol (K2) konularında dönem içerisinde 4 farklı günde iki saat arayla stoma iletkenliği ( $g_s$ ) ölçümleri yapılmıştır. Çalışma süresince konulara uygulanan sulama suyu miktarı 0 ile 904 mm arasında, bitki su tüketim değerleri ise 132 ile 894 mm arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada sulama öncesi stoma iletkenliği verilerinin sezon ortalamaları, K1, K2, K3 ve K4 konuları için sırasıyla 179.6, 275.6, 250.2 ve 242.4  $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$  olarak bulunmuştur. Sulama sonrası stoma iletkenliğinin sezon ortalamaları ise K2, K3, K4 konuları için sırasıyla 330.7, 293.4 ve 242.7  $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$  olarak bulunmuştur. Çalışmada elde edilen verilere göre, stoma iletkenliği değerlerinde konular arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sulama seviyesi azaldıkça stoma iletkenliği de azalmıştır. Çalışma sonucunda, zeytin ağaçlarında su stresinin belirlenmesinde, stoma iletkenliği ( $g_s$ ) ölçüm değerlerinin kullanılabilmesi ifade edilebilir. Gün içerisinde stoma iletkenliği değişimlerine bakıldığında ise, K2 ve K1 konuları arasındaki en büyük fark diğer bir ifadeyle stresin en belirgin olarak gözlemlendiği saatler sıcaklığın da en yüksek olduğu 14:00 civarıdır. Sıcaklık artışıyla birlikte bitkiler su stresi koşullarında stoma açıklığını azaltmaktadır. Bu durumda gün içerisinde bu saatlerde yapılacak stoma iletkenliği ölçümlerinin stresi ayırt etmede daha başarılı olacağı söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklığa dayanıklılık, su stresi, yaprak porometresi, fizyoloji, transpirasyon.

### Effects of Irrigation Level on Diurnal and Seasonal Variations of Stomatal Conductance in Olive Trees

#### Abstract

The study was carried out in the mature olive trees (*Olea europea* L. ‘Memecik’) at Bornova Olive Research Institute in 2018. In this study, changes in stomatal conductance ( $g_s$ ) before and after irrigation throughout the season were observed in olive trees under different irrigation levels ( K1=rain-fed, K2=100%ET (full), K3=66%ET ve, K4=33%ET ) according to water deficit in the root zone of full irrigation treatment. In addition, stomatal conductance ( $g_s$ ) measurements were performed on rainfed (K1) and control (K2) treatments every two hours on 4 different days during the period to monitor variations in stomatal conductance during the day. In this study, irrigation water requirement was ranged from 0 to 904 mm, evapotranspiration ( $ET_a$ ) varied from 132 to 894 mm. In the study, the seasonal averages of pre-irrigation stomatal conductance were found to be 179.6, 275.6, 250.2 and 242.4  $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$  for K1, K2, K3 and K4, respectively The seasonal averages of post-irrigation stomatal conductance were found to be 330.7, 293.4, and 242.7  $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$  for K2,K3 and K4, respectively. According to the data obtained in this study, the difference between the stomatal conductance values were statistically significant. As a result of the study; it can be said that stomatal conductance ( $g_s$ ) measurement values can be used to determine water stress in olive trees. During the day, the most prominent stress is observed around 14:00 when the temperature is highest. When temperature was increased, the plants close their stomata under water stress condition. In other words, it can be said that stomatal conductance measurements to be made at these hours during the day will be more successful in determining stress.

**Keywords:** Drought resistance, water stress, leaf porometer, physiology. transpiration.

**Giriş**

Ağaç varlığı ve üretim açısından dünyada önemli bir yeri olan Türkiye’de, zeytin alanlarının önemli bir kısmı sulanmamakta, yetiştiricilik yağışa dayalı yapılmaktadır. Bununla birlikte zeytin yetiştiriciliğinde sulama uygulamalarında son dönemde ciddi bir artış görülmektedir. Zeytin tarımında sulamanın önemi gittikçe artmakla birlikte su kıtlığı tüm dünyada olduğu gibi Akdeniz Havzasında da önemli bir sorun oluşturmaktadır.

Su kaynağının kıt olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde suyun etkin kullanımı açısından sulamanın doğru bir şekilde yapılmasına olan ihtiyaç, araştırmacıları sulama programlamasında yeni teknolojilerin geliştirilmesi yönünde teşvik etmiştir. Bu amaçla, bitkideki su stresini de ortaya koyan bitkiye dayalı ölçümlerin kullanıldığı birçok yöntem geliştirilmiştir. En yaygın olarak kullanılan yöntemlerden; geleneksel ve otomasyona uygun olmayan yöntemler, yaprak veya ksilem su potansiyeli, stoma iletkenliği, ve fotosentez ölçümü iken, sürekli ve otomatik ölçümü mümkün kılan yöntemler ise özsu akışı, gövde çapı ve yaprak turgoru gibi ölçümlerdir (Fernández ve Cuevas, 2010; Fernández 2017).

Bitkilerin su stresi koşullarında verdikleri en önemli tepkilerden biri bitki yapraklarında yer alan stomalarını kapatarak transpirasyonla meydana gelen su kaybını azaltmalarındadır. Stoma direncini ya da tersi olan stoma iletkenliğini yaprak su içeriğinden daha çok toprağın su içeriği belirler (Taiz ve Zeiger, 2008). Toprak-bitki-atmosfer uzantısı boyunca suyun hareketi tamamıyla evapotranspirasyon (ET)’un kontrolü altında olup bitkideki su hareketinde tahrik eden güç transpirasyondur. Suyun topraktan bitkiye, bitkiden atmosfere taşınması basınç gradyeni sonucunda meydana gelmekte, su azalan su potansiyeli doğrultusunda hareket etmektedir (Blum, 2011). Toprakta bitkiden meydana gelen evapotranspirasyonu karşılayacak düzeyde su bulunduğu toprak-bitki-atmosfer boyunca suyun hareketi olağan şekilde devam etmekte, herhangi bir düzenlemeye gerek duyulmamaktadır. Yüksek evaporatif talep ve azalan toprak nem içeriği durumunda ise, toprak-bitki-atmosfer uzantısı boyunca su potansiyelinde azalma meydana gelmektedir. Ayrıca topraktaki nem azalması sonucu toprakta ve toprak- bitki kök yüzeyinde hidrolik dirençte bir artış meydana gelmektedir. Bu artış çoğu ağaç türünde stomalarda kapanmaya ve bunun sonucunda transpirasyonda ve CO<sub>2</sub> asimilasyonunda azalmaya yol açar (Breda ve ark., 2006; Çakır, 2015). Su stresini belirlemek için stoma iletkenliğinin kullanıldığı durumlarda stoma açıklığının maksimum olduğu saatlerde ölçülen stoma iletkenliği (g<sub>smax</sub>) değerleri kullanılmaktadır. Stoma iletkenliğinin günlük dinamiklerinin bilinmediği bir türle çalışırken, g<sub>smax</sub>’ın ölçülmesi gereken zamanı belirlemek için önceden günlük stoma iletkenliği eğrilerinin oluşturulması gerekmektedir (Fernández, 2017).

Zeytin ağaçlarında su stresinin belirlenmesinde stoma iletkenliğinin kullanılabilirliği üzerine birçok çalışma ortaya konulmuştur (Giorio ve ark., 1999; Masmoudi ve ark., 2010; Pouyafard ve ark., 2016; Ahumada-Orellana ve ark., 2019). Bu çalışmada, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen çeşitlerden biri olan Memecik çeşidinin, farklı su kısıtı düzeyinde, su stresine karşı tepkilerinin stoma iletkenliği ölçümleri ile izlenmesi ve söz konusu ölçümlerin zeytinde sulama programlarının oluşturulmasında kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem****Materyal**

Araştırma; 2018 yılının mayıs ve ekim ayları arasında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı; Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bornova Üretim ve Araştırma Sahası içerisindeki açık alanda yürütülmüştür. Araştırmanın yapıldığı alanın, enlem derecesi 38° 27’07” N, boylam derecesi ise 27° 12’ 02” E dir. Çalışma alanının toprakları tınlı bünyeye sahiptir.

Araştırmanın yürütüldüğü mayıs ve ekim ayları için uzun yıllık ortalama sıcaklık değerleri 27.9 ve 18.8 °C arasında, uzun yıllık ortalama yağış değerleri ise 4.2 ve 44.9 mm arasındadır. Denemenin gerçekleştirildiği mayıs-ekim döneminde 145 mm yağış düşmüştür (MGM, 2018).

Araştırmada kullanılan Memecik (*Olea europea* L. ‘Memecik’) zeytin çeşidi, Ege Bölgesi’nde en yaygın olarak yetiştirilen zeytin çeşitlerinden birisi olup kuraklığa dayanıklıdır. Kullanım alanları yağlık zeytin ve sofralık olarak değerlendirilir. Meyve özellikleri olarak, meyveler iri olup 1 kilogramdaki meyve sayısı 209 tanedir. Memecik zeytinde meyve et oranı %88.8, yağ oranı %24.5 dir (Canözer, 1991).

Araştırmada damla sulama yöntemi kullanılmıştır. Damla sulama sistemi pompa, kontrol birimi, ana boru, manifoldlar, lateraller, ve basınç düzenleyici damlatıcılardan meydana gelmektedir.

Damla sulama sisteminde kullanılan damlatıcıların debisi 8 litre saat<sup>-1</sup>'dir. Lateral ve damlatıcı aralığı 90 cm olup lateraller her ağaç sırasının iki yanına lateral yerleştirilmiştir.

#### **Yöntem**

Çalışma Bornova Zeytin Araştırma Enstitüsünde, 7 x 5 m olarak dikimi yapılmış ve yetişkin durumdaki memecik çeşidi zeytin ağaçlarında gerçekleştirilmiştir. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre dört sulama konusu (K1, K2, K3, K4), üç tekerrürlü ve her tekerrürde üç ağaç, her bir sulama konusunda ise dokuz ağaç bulunacak şekilde düzenlenmiştir. Konular;

K1: hiç sulanmayan, 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.

#### **Bitki su tüketimi ve sulama suyu ihtiyacı**

Her deneme konusuna ait bitki su tüketim miktarları, su dengesi yöntemine (James, 1988) göre aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Bu amaçla, nem ölçümleri 0-90 cm toprak katmanında gravimetrik yöntem ile 15 günlük dönemlerde yapılmıştır. En fazla suyun uygulandığı K2 konusunda 0-90 cm toprak derinliğindeki eksilen nem tarla kapasitesine getirildiğinden ve damla sulama yöntemi kullanıldığından derine sızma kaybının olmadığı kabul edilmiştir.

$$ET = I + P - D - R \pm \Delta s \quad (1)$$

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 değişim (mm)'dir

Sulama suyu miktarı (K1 konusu hariç), K2 konusunda toprağın 0-90 cm seviyesindeki kök derinliğinde eksilen nem miktarının, sulanacak alan büyüklüğü, ıslatma yüzdesi ve konuya ilişkin katsayıların çarpılmasıyla belirlenmiştir. Ağaçlara verilen sulama suyu miktarı her konunun başındaki manifoldlara bağlı su sayaçları ile ölçülmüştür. Basınç düzenleyicili damlatıcılar kullanıldığı için kayıplar yok sayılmış su uygulama randımanı %100 kabul edilmiştir.

#### **Stoma iletkenliği ölçümü**

Stoma iletkenliğini ölçmek için Yaprak Porometresi (DECAGON SC-1) kullanılmıştır (Bengal ve ark., 2009). Ölçümler tüm konularda olmak üzere temmuz - eylül döneminde, her hafta sulama öncesi ve sulama sonrası günde, saat 12:00 ve 14:00 arasında yapılmıştır. Ayrıca stoma iletkenliğinin gün içerisindeki değişimini ortaya koyabilmek için temmuz ve ağustos ayı içerisinde dört farklı günde K1 ve K2 konularında 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 ve 18:00 saatlerinde ölçümler yapılmıştır. Stoma iletkenliği ölçümleri; difüzyon yaprak porometresi yardımıyla, bütün konulardan her bir tekerrürde 3 ağaçtan, her ağacın güney tarafına bakan, güneş gören, yerden yaklaşık 2 metre yükseklikte bulunan sürgünlerdeki gelişimini tamamlamış 5 yapraktan yapılmıştır.

#### **İstatistik Analizler**

Yapılan çalışmada toplanan tüm parametreler, sulama konuları arasında fark olup olmadığını anlamak için varyans analiziyle değerlendirilmiş, eğer farklar önemli ise hangi konular arasında fark olmadığı Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir (Yurtsever, 1984).

#### **Bulgular ve Tartışma**

##### **Bitki Su Tüketimi ve Sulama Suyu Gereksinimi**

Çalışmada sulama uygulamalarına 14 Haziran 2018 tarihinde başlanmış, 28 Eylül 2018 tarihinde ise bitirilmiştir. Konularına göre uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri Çizelge 1' de verilmiştir.

Table 1. Total irrigation water (I,mm) and seasonal evapotranspirations (ETa,mm) values of treatments.  
Çizelge 1. Konulara göre uygulanan toplam sulama suyu (I, mm) ve bitki su tüketim değerleri (ETa, mm).

	K1	K2	K3	K5
I	0	904	603	302
ETa	132	894	638	376

Çalışmada 2018 yılında dört farklı sulama konusuna uygulanan sulama suyu miktarları 0-904 mm arasında değişmiştir. Sulama suyu ve bitki su tüketimi, bitki gelişme döneminin 1 Haziran-30 Eylül dönemi için hesaplanmıştır. Eylül ayının sonunda yapılan son sulama ile verilen suyun bir kısmı ekim ayı içerisinde bitki tarafından kullanılmıştır. Çalışmada sulama konularının bitki su tüketimi miktarları ise 132-894 mm arasında değişmiştir (Çizelge 1). Sulama konuları arasında bitki su tüketiminin en yüksek olduğu konu K2, en düşük olduğu konu K1 olarak bulunmuştur.

Ertem (2018), sulama konularını K1(%0 susuz), K2 (kontrol, %100 ETc), K3(%66 ETc) ve K4(%33 ETc) olarak belirlediği çalışmada, konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarının 0-912 mm, bitki su tüketimi miktarının ise 91- 851 mm arasında değiştiğini ifade etmiştir. Çakır (2015) tarafından, Memecik çeşidinde farklı sulama koşullarında, bitki su tüketimi ve stoma iletkenliği değerinin zamansal olarak değişimini irdelemek amacıyla beş farklı sulama dozu uygulanan çalışmada, sulama suyu miktarları 0-814 mm arasında, mevsimlik bitki su tüketim değerleri ise 128-785 mm arasında değişkenlik göstermiştir. Çalışmanın sonuçları bu çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

#### Stoma iletkenliği ( $g_s$ )'nin sezon içi değişimi

Sulama sezonu boyunca, sulama öncesi ortalama stoma iletkenliği değerlerinin sezon içerisindeki değişimi Şekil 1'de, sulama sonrası ortalama stoma iletkenliği değerlerinin değişimi ise Şekil 2' de verilmiştir.

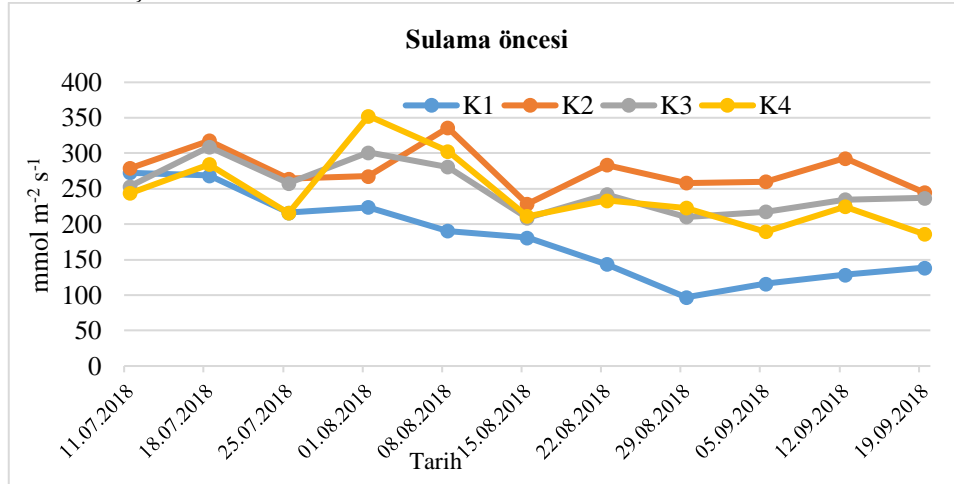


Figure 1. The seasonal variation of stomatal conductance ( $g_s$ ) for each treatment before irrigation ( $mmol m^{-2} s^{-1}$ ).

Şekil 1. Konulara göre sulama öncesi stoma iletkenliği ( $g_s$ ) değerlerinin sezon boyunca değişimi ( $mmol m^{-2} s^{-1}$ ).

Memecik türü zeytin ağaçlarında, sulama öncesi ölçülen stoma iletkenliği değerleri konulara bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Stoma iletkenliği değerleri, K1 konusunda 96.9- 272.4  $mmol m^{-2} s^{-1}$  arasında, K2 konusunda 228.4-335.9  $mmol m^{-2} s^{-1}$  arasında, K3 konusunda 208.8- 308.9  $mmol m^{-2} s^{-1}$  arasında, K4 konusunda 185.7- 352.6  $mmol m^{-2} s^{-1}$  arasında değişmiştir. Ayrıca tüm konuların stoma iletkenliği değerinin sulama öncesi sezon ortalamaları, K1, K2, K3 ve K4 konularında sırasıyla 179.6, 275.6, 250.2 ve 242.4  $mmol m^{-2} s^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Genel olarak en düşük değerler K1 konusunda, en yüksek değerler ise K2 ve K3 konularında bulunmuştur.

Memecik türü zeytin ağaçlarında, sulama sonrası ölçülen stoma iletkenliği değerleri konulara bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Stoma iletkenliği değerleri, K1 konusunda 97.4-327.9  $mmol m^{-2} s^{-1}$  arasında, K2 konusunda 244.1-478.4  $mmol m^{-2} s^{-1}$  arasında, K3 konusunda 215.9-414  $mmol m^{-2} s^{-1}$

arasında, K4 konusunda  $184.7-376.3 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  arasında değişmiştir. Ayrıca tüm konuların stoma iletkenliği değerinin sulama sonrası sezon ortalamaları, K1, K2, K3 ve K4 konularında sırasıyla 181.3, 330.7, 293.4 ve  $242.7 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Genel olarak en düşük değerler K1 konusunda, en yüksek değerler ise K2 konusunda bulunmuştur.

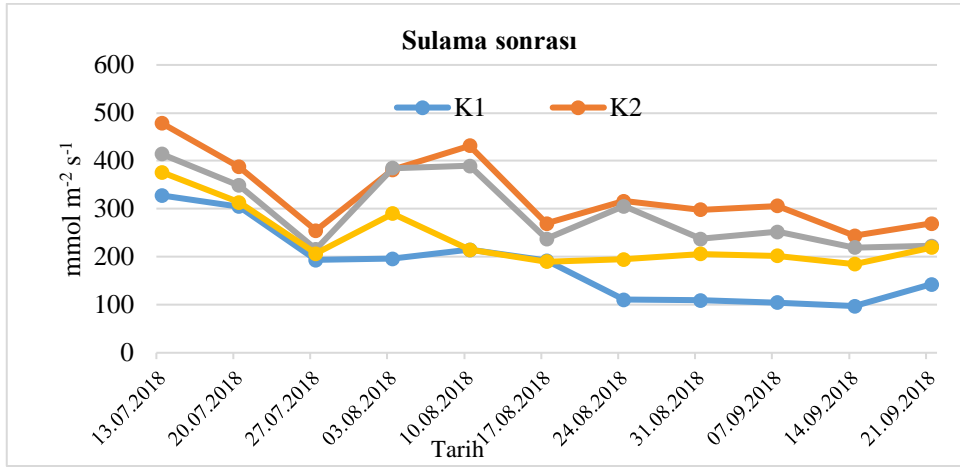


Figure 2. The seasonal variation of stomatal conductance (gs) values for each treatment after irrigation ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Şekil 2. Konulara göre sulama sonrası stoma iletkenliği (gs) değerlerinin sezon boyunca değişimi ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Varyans analizi sonuçlarına göre, sulama öncesi stoma iletkenliği değerleri arasında temmuz ayının ortasından ağustos ayının ortasına kadar istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır (Çizelge 2). Ağustos ayının ortasından sezon sonuna kadar konular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Sulama sonrası stoma iletkenliği değerleri arasında varyans analizi sonuçlarına göre, temmuz ayından sezon sonuna kadar üç ölçüm istisna olmak üzere konular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 3).

Ertem (2018), Memecik çeşidinde farklı sulama konularının stoma iletkenliği üzerine etkilerini görmek için ölçüm yapmıştır. Bitki su tüketiminin K1 %0, K2 %100, K3 %66 ve K4 %33 olarak sulama suyu verilmiştir. K1 konusundaki ağaçların stoma iletkenliği değeri  $60.95$  ile  $428.24 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$  arasında, K2 konusunda  $288.11$  ile  $458.27 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$  arasında, K3 konusunda  $264.22$  ile  $448.44 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$  arasında, K4 konusunda  $188.12$  ile  $385.80 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$  arasında değişmiştir. Stoma iletkenliği değerlerinin sulama sezonu ortalamaları, K1 konusunda  $293.8 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$ , K2 konusunda  $382.6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$ , K3 konusunda  $371.5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$ , K4 konusunda  $293.6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.

Çakır (2015), Bornova koşullarında Memecik çeşidinde farklı sulama koşullarında, stoma iletkenliği değerinin değişimini gözlemlemek için beş farklı sulama dozu uygulamıştır. Sulama konularını, K1 (%0) susuz; K2 (%100) 5 günde bir 0-90 cm toprak derinliğinde eksilen nemi tarla kapasitesine getirecek şekilde sulama yapılması; K3(%33) K2 konusunun %33'ü; K4 çekirdek sertleşmesi, meyve büyümesi ve yağ dolumu aşamalarında olmak üzere 0-90 cm toprak derinliğindeki eksilen nemin %50' sini dikkate alarak 3 kez sulama yapılması; ve K5 çekirdek sertleşmesi, meyve büyümesi ve yağ dolumu aşamalarında olmak üzere 0-90 cm toprak derinliğindeki eksilen nemin %25'ini dikkate alarak 3 kez sulanması olarak belirlemiştir.

Table 2. Average stomatal conductance values of treatments before irrigation in olive trees throughout the season in 2018 (mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup>).Çizelge 2. 2018 yılında zeytin ağaçlarında sulama öncesi konulara göre ortalama stoma iletkenliği değerleri (mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup>).

KONU	TARİHLER											ORT.
	11.07.2018	18.07.2018	25.07.2018	01.08.2018	08.08.2018	15.08.2018	22.08.2018	29.08.2018	05.09.2018	12.09.2018	19.09.2018	
K1	272.4 n.s	268.4 n.s	216.0 n.s	223.8 n.s	190.4 n.s	181.0 n.s	143.6 (c)	96.9 (b)	116.0 (c)	128.8 n.s	138.4 (b)	179.6
K2	278.7 n.s	317.9 n.s	264.0 n.s	267.8 n.s	335.9 n.s	228.4 n.s	283.3 (a)	258.2 (a)	260.0 (a)	292.9 n.s	244.5 (a)	275.6
K3	253.3 n.s	308.9 n.s	257.5 n.s	301.0 n.s	280.6 n.s	208.8 n.s	242.0 (ab)	210.4 (a)	217.7 (b)	234.8 n.s	237.1 (a)	250.2
K4	243.6 n.s	284.5 n.s	215.8 n.s	352.6 n.s	302.8 n.s	211.4 n.s	233.2 (b)	222.9 (a)	189.5 (b)	224.6 n.s	185.7 (ab)	242.4

Table 3. Average stomatal conductance values of treatments after irrigation in olive trees throughout the season in 2018 (mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup>).Çizelge 3. 2018 yılında zeytin ağaçlarında sulama sonrası konulara göre ortalama stoma iletkenliği değerleri (mmol m<sup>-2</sup> sn<sup>-1</sup>).

KONU	TARİHLER											ORT.
	13.07.2018	20.07.2018	27.07.2018	03.08.2018	10.08.2018	17.08.2018	24.08.2018	31.08.2018	07.09.2018	14.09.2018	21.09.2018	
K1	327.9 (c)	304.8 (n.s)	193.6 (n.s)	196.2 (c)	214.7 (c)	191.8 (b)	110.9 (c)	109.4 (c)	104.8 (d)	97.4 (c)	142.6 (c)	181.3
K2	478.4 (a)	387.6 (n.s)	254.5 (n.s)	381.9 (a)	431.9 (a)	269.2 (a)	316.4 (a)	298.3 (a)	306.0 (a)	244.1 (a)	269.2 (a)	330.7
K3	414.0 (b)	348.9 (n.s)	215.9 (n.s)	384.6 (a)	389.5 (a)	237.3 (a)	305.3 (a)	237.4 (b)	252.1 (b)	219.4 (a)	222.6 (b)	293.4
K4	376.3 (b)	313.8 (n.s)	206.7 (n.s)	290.1 (b)	286.6 (b)	190.0 (b)	194.5 (b)	206.1 (b)	201.9 (c)	184.7 (b)	219.4 (b)	242.7

p ≥ 0.05 ns: önemsiz p &lt; 0.05 önemli

<sup>a,b,c</sup> Stoma iletkenliği değerleri duncan testine göre sınıflandırılıp, ayrı sınıflardaki konular küçük harfle gösterilip, farkların istatistiksel olarak önemli olduğu belirtilmektedir.<sup>a,b,c</sup> Values within a row with different superscripts differ significantly at P<0.05

Araştırmacı, stoma iletkenliği sezon ortalamasını, K1 konusu için  $238.48 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , K2 konusu için  $500.62 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , K3 konusu için  $347.36 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , K4 konusu için  $330.03 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  ve K5 konusu için  $281.22 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  hesaplamıştır.

Pouyafard ve ark. (2016), Bornova koşullarında Ayvalık zeytin fidanlarında farklı sulama düzeylerinin stoma iletkenliği üzerine etkisini izlemek için sulama konularını bitki su tüketiminin %100 ( $I_{100}$ ), %66 ( $I_{66}$ ), %33 ( $I_{33}$ )'ü ve susuz konusu ( $I_0$ ) olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar, sezon boyunca ölçülen stoma iletkenliği değerlerinin ortalamasını  $I_{100}$  konusu için  $645.12 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$ ,  $I_{66}$  konusu için  $431.24 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$ ,  $I_{33}$  konusu için  $324.92 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$  ve  $I_0$  konusu için  $37.62 \text{ mmol m}^{-2} \text{ sn}^{-1}$  olarak hesaplamışlardır.

Masmoudi ve ark. (2010) kısıtlı sulama koşullarında zeytin ağaçlarında yaptıkları çalışmada stoma iletkenliğini ve gün ortası yaprak su potansiyelini incelemişlerdir. Araştırmacılar yaprak su potansiyeli ile stoma iletkenliği arasında yakın bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Kontrol konusunda yaprak su potansiyeli ile stoma iletkenliği arasında polinomiyal bir ilişki olduğunu ve optimum stoma iletkenliğinin  $450 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  ve optimum yaprak su potansiyelinin  $-2.5 \text{ MPa}$  olduğunu açıklamışlardır. Moriana ve ark. (2003) Cordoba'da farklı kısıtlı sulama koşullarında 18 yaşlı zeytin ağaçlarında stoma iletkenliğini izledikleri çalışmada kontrol konusunda stoma iletkenliği değerlerinin  $150-500 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  arasında değiştiğini ve yaz aylarında yükseldiğini bildirmiştir. Çalışmanın sonuçları bu çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Sulama sonrası stoma iletkenliği değerleri incelendiğinde K2 konusu dahil tüm konularda azalma eğilimi gözlenmektedir (Şekil 2). Her ne kadar stoma iletkenliği üzerinde toprak nem içeriğinin etkisi olmakla birlikte, osmotik düzenlemeler, ksilem hidrolik iletkenlik, buhar basıncı açığı, yaprak içi ve dışı faktörler arasındaki etkileşim gibi faktörlerin de stoma iletkenliği üzerinde etkisi bulunmaktadır (Fernández 2014).

Çalışmada tam sulama konusu (K2)'na ait stoma iletkenliği değerleri ile buhar basıncı açığı (VPD) arasında yapılan istatistiksel analiz sonucunda ( $r = 0.65$ ) aralarında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Şekil 3). Buhar basıncı açığı arttıkça stoma iletkenliğinin de arttığı belirlenmiştir.

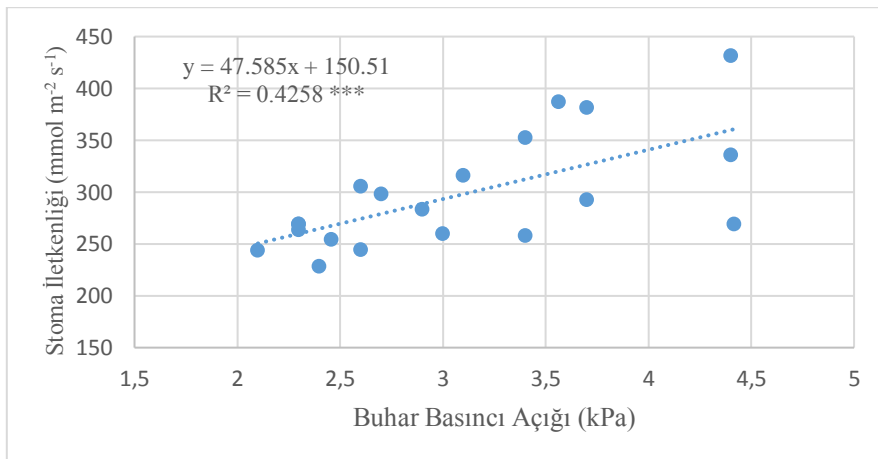


Figure 3. The Response of stomatal conductance ( $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) to VPD (kPa) for treatment K2.

Şekil 3. K2 konusuna ait stoma iletkenliği ( $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) değerleri ve VPD (kPa) arasındaki ilişki.

### Stoma iletkenliği ( $g_s$ )'nin gün içerisinde değişimi

Zeytin ağaçlarında K1 ve K2 konusu için stoma iletkenliği değerlerinin 11 Temmuz 2018 tarihinde gün içerisindeki değişimi Şekil 4'te verilmiştir. K1 konusu stoma iletkenliği değerleri  $183.55- 291.97 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  arasında ortalama stoma iletkenliği değeri  $238.80 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , K2 konusunda ise stoma iletkenliği değerleri  $178.15- 320.61 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  arasında ve ortalama stoma iletkenliği değeri  $243.41 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Her iki konuda da stoma iletkenliği sıcaklık artışına paralel olarak gün ortasına doğru yükselmiş daha sonra ise düşmüştür.

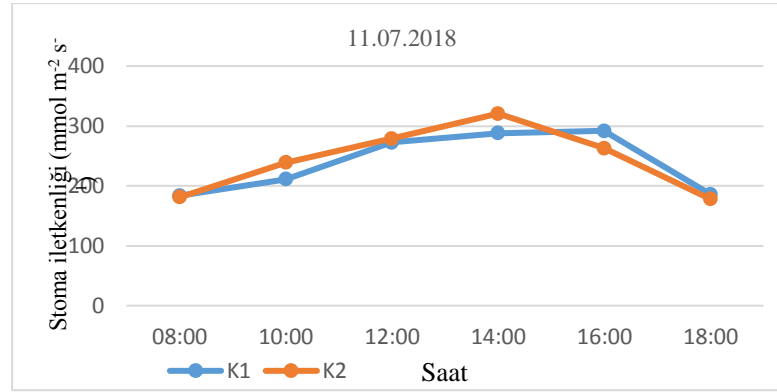


Figure 4. Diurnal variations of stomatal conductance (gs) for treatment K1 and K2 on 11.07.2018 ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Şekil 4. 11.07.2018 tarihinde K1 ve K2 konularında gün içinde stoma iletkenliği ( $\text{g}_s$ ) değişimi ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Zeytin ağaçlarında K1 ve K2 konusu için stoma iletkenliği değerlerinin 25 Temmuz 2018 tarihinde gün içi değişimi Şekil 5’de verilmiştir. K1 konusunda stoma iletkenliği değerleri 173.98-258.37  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  arasında değişmiş, ortalama stoma iletkenliği değeri 221.71  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  bulunmuştur K2 konusunda ise stoma iletkenliği değerleri 182.24-299.31  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , ortalama stoma iletkenliği değeri 266.26  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Her iki konuda da en yüksek değerler saat 14:00 de en düşük değerler ise 18:00’da ölçülmüştür. Hava sıcaklığındaki artışla paralel transpirasyon artmış, sıcaklıktaki azalışla beraber transpirasyon azalmıştır.

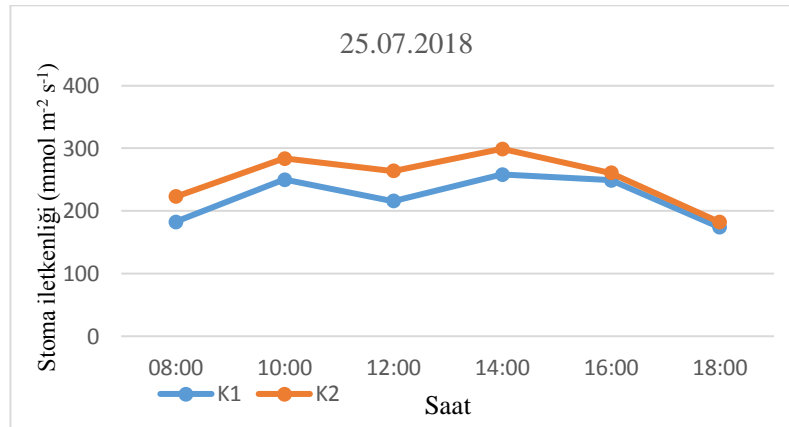


Figure 5. Diurnal variations of stomatal conductance (gs) for treatment K1 and K2 on 25.07.2018 ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Şekil 5. 25.07.2018 tarihinde K1 ve K2 konularında gün içinde stoma iletkenliği ( $\text{g}_s$ ) değişimi ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Zeytin ağaçlarında K1 ve K2 konusu için stoma iletkenliği değerlerinin 08 Ağustos 2018 tarihinde gün içi değişimi Şekil 6’da verilmiştir. K1 konusu stoma iletkenliği değerleri 168.43-275.47  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  arasında değişmiş ortalama stoma iletkenliği değeri 205.94  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  olmuştur. K2 konusunda ise stoma iletkenliği değerleri 244.75-360.05  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  arasında değişmiş, ortalama stoma iletkenliği değeri 304.23  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  olarak bulunmuştur. K2 konusunda stoma iletkenliği gün içerisinde sıcaklık artışına paralel saat 14:00’a kadar artmış daha sonra düşmüştür. K1 konusunda ise gün ortasında stomaların kapanması nedeniyle en düşük değer ölçülmüştür, iki konu arasındaki fark en yüksek değere ulaşmıştır. Bu durumun temel nedeni, toprakta azalan neme karşılık bitkinin tepkisi ile açıklanabilir.



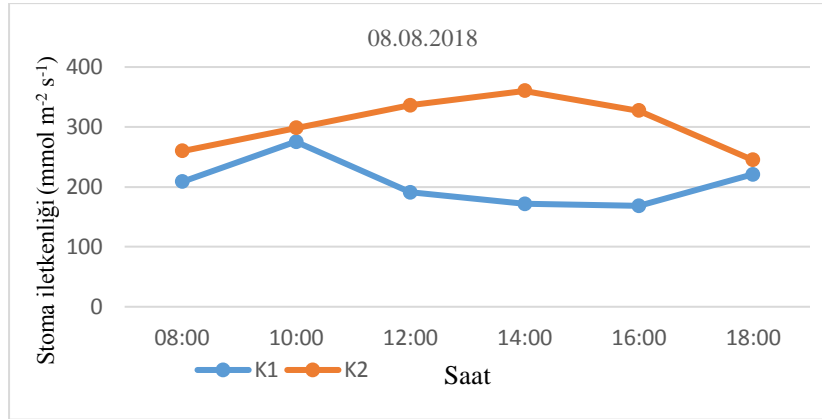


Figure 6. Diurnal variations of stomatal conductance (gs) for treatment K1 and K2 on 08.08.2018 (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

Şekil 6. 08.08.2018 tarihinde K1 ve K2 konularında gün içinde stoma iletkenliği (g<sub>s</sub>) değişimi (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

K1 ve K2 konularında için stoma iletkenliği değerlerinin 29 Ağustos 2018 tarihinde gün içi değişimi Şekil 7’de verilmiştir. K1 konusu stoma iletkenliği değerleri 54.45-184.74 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> arasında değişmiş, ortalama stoma iletkenliği değeri 121.06 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> olmuştur.

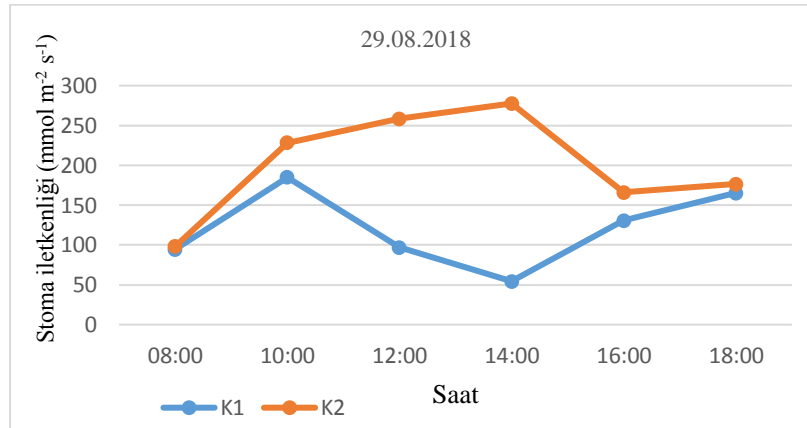


Figure 7. Diurnal variations of stomatal conductance (gs) for treatment K1 and K2 on 29.08.2018 (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

Şekil 7. 29.08.2018 tarihinde K1 ve K2 konularında gün içinde stoma iletkenliği (g<sub>s</sub>) değişimi (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

K2 konusunda ise stoma iletkenliği değerleri 98.2-277.63 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> arasında değişmiş ortalama stoma iletkenliği değeri 200.74 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. K2 konusunda stoma iletkenliği sıcaklığında en yüksek düzeye ulaştığı öğle saatlerinde maksimum seviyelere ulaşırken, K1 konusunda ise en düşük seviyelere düşmüştür. Bu ölçümde de bir önceki tam gün ölçümünde olduğu gibi iki konu arasındaki en büyük fark saat 14:00 ölçümünde gözlenmiştir. Buna göre Memecik zeytin ağaçlarında stresin en belirgin olarak gözlemlendiği gün içi saatlerin 14:00 civarı olduğu söylenebilir.

Lopriore ve ark. (2016), İtalya’da zeytin ağaçlarında farklı sulama uygulamalarında günlük stoma iletkenliği değişimini izlemek için dört farklı sulama konusunu ele aldıkları çalışmada, en yüksek stoma iletkenliği değerlerinin 09:00 ve 12:00 saatleri arasında ve en düşük stoma iletkenliği değerlerini saat 17:00’de olduğunu gözlemlemişlerdir. Gao ve Li (2015), Çin’de elma ağaçlarında stoma iletkenliğinin, mikro meteorolojik faktörlere ve günlük değişime verdiği tepkiyi gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar bulutlu günlerde stoma iletkenliği değerinin düşük olduğunu, en yüksek stoma iletkenliği değerlerinin saat 9:30 ve saat 15:00’de ölçüldüğünü ifade etmişlerdir.

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Memecik zeytin ağaçlarında kısıtlı sulamaya bağlı olarak stoma iletkenliğinin sulama öncesi, sulama sonrası ve gün içerisindeki değişimi ortaya konulmuştur.

Su stresinin artışına bağlı olarak stoma iletkenliği verilerinin sulama öncesi sezon ortalamaları, K1, K2, K3 ve K4 konusunda sırasıyla 179.6, 275.6, 250.2 ve 242.4 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

Sulama sonrası stoma iletkenliği sezon ortalamaları ise, K1, K2, K3 ve K4 konusunda sırasıyla 181.3, 330.7, 293.4 ve 242.7 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre, konular arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark gözlenmiştir. Bu fark, zeytin ağaçlarında su stresinin saptanmasında stoma iletkenliğinin kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Stoma iletkenliğinin gün içerisinde değişimi izlendiğinde stoma iletkenliği değerleri toprak nemine bağlı olarak tam sulama konusunda gün içerisinde sıcaklık artışı ile paralel olarak artmakta, stres konusunda ise azalmaktadır. Gün içerisinde stresin en belirgin olarak gözlemlendiği saatler 14:00 civarındadır. Diğer bir ifadeyle gün içerisinde bu saatlerde yapılacak stoma iletkenliği ölçümlerinin stresi belirlemede daha başarılı olacağı söylenebilir.

**Teşekkür:** Makale Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında yürütülen Ongun UÇKAY'ın yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir. Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiş 16-ZRF-058 no lu bilimsel araştırma projesinin alt projesi olarak yürütülmüştür. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğüne ve çalışmanın yürütüldüğü Bornova Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkürlerimizi sunarız.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Kaynaklar

- Ahumada-Orellana, L., Ortega-Farías, S., Poblete-Echeverría, C., Searles, P. S., 2019. Estimation of stomatal conductance and stem water potential threshold values for water stress in olive trees (cv. Arbequina). *Irrigation Science*. 37(4): 461-467.
- Asik, S., Kaya, U., Camoglu, G., Akkuzu, E., Olmez, H. A., Avci, 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.-ASCE*. 140(8): 04014025.
- 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. *Irrigation Science*. 27(5):367-376.
- Blum, A., 2011. *Plant breeding for water-limited environments*. Springer, New York.
- 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.
- Canözer, Ö., 1991. Standart zeytin çeşitleri kataloğu, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Yayın Dairesi Başkanlığı, Mesleki Yayınlar, Seri:16, No:334, Ankara.
- Çakır, T., 2015. Farklı kısıtlı sulama koşullarındaki zeytin ağaçlarında (cv. Memecik) bitki su potansiyeli ve stoma iletkenliğinin zamansal değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, 49s.
- Ertem, E., 2018. Kısıtlı sulama koşullarında zeytin ağaçlarında özsü akışı ve stoma iletkenliğindeki değişimin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, 54s.
- Fernández J.E., 2014. Understanding olive adaptation to abiotic stresses as a tool to increase crop performance. *Environ Exp Bot*. 103:158-179.
- Fernández J.E., 2017. Plant-based methods for irrigation scheduling of woody crops. *Horticulturae*. 3(2):2-37
- Fernández, J.E., Cuevas, M., 2010. Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review. *Agricultural and Forest Meteorology*. 150(2): 135-151.
- Gao, Z., Li, Z., 2015. Dynamic simulation of conductance in apple tree canopy. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 8(2): 146-149.
- Giorio, P., Sorrentino, G., d'Andria, R., 1999. Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit. *Environmental and Experimental Botany*. (42): 95-104.
- James, L. 1988. *Principles of farm irrigation system design*. John Wiley and Sons Limited. New York
- Lopriore, G., Gatta, G., Scelsa, D., Storto, M. L., Abatantuono, I., Pati, S., 2016. Water stress, yield and oil characteristics of partial rootzone drying and deficit irrigated very-high density olive orchard (*Olea europaea* L. 'Arbequina'). *Acta horticulturae*. (1112): 87-94.
- Masmoudi, C. C., Ayachi, M.M., Gouia, M., Laabidi, E. F., Reguaya, S., Amor, A.Q., Bousnina, M., 2010. Water relations of olive trees cultivated under deficit irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*. 125: 573-578.
- MGM, 2018. İzmir iline ait iklim elemanlarının uzun yıllık ortalama değerleri. *Meteoroloji Gen. Müd. Ankara*.

- 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.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2008. Bitki fizyolojisi (Edit. Prof. Dr. İsmail Türkan). Palme Yayıncılık. Ankara.
- Yurtsever, N.,1984. Deneysel İstatistik Metotlar. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.