

Yerfıstığında (*Arachis hypogaea* L.) su stresinin stoma özellikleri üzerine etkisi

Effects of water stress on stomatal characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.)

Nurtaç ÇINAR¹, Köksal AYDINŞAKİR¹, Nazmi DİNÇ¹, Dursun BÜYÜKTAŞ², Mesut IŞIK¹

¹ Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

² Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

Sorumlu yazar (Corresponding author): K. Aydınşakir, e-posta (e-mail): koksalyaydinsakir@yahoo.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 25 Ağustos 2015
Düzeltilme tarihi 23 Mart 2016
Kabul tarihi 29 Nisan 2016

Anahtar Kelimeler:

Sulama
Stres
Stoma
Yerfıstığı
Arachis hypogaea

ÖZ

Su, kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkisel büyüme ve verimi belirleyen en önemli çevresel faktördür. Bu araştırma, NC-7 yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) çeşidinin stoma yoğunluğu, stoma eni, stoma boyu, epidermal hücre sayısı ve stoma indeksi parametreleri üzerine su stresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada su stresi konuları, buharlaşma kabından (Epan) ölçülen buharlaşmanın % 0'ı, % 25'i, % 50'si, % 75'i ve % 100'ü, alınarak oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda su stresinin stoma eni hariç stoma yoğunluğu, stoma boyu, epidermal hücre sayısı ve stoma indeksi parametreleri üzerine istatistiksel olarak etki ettiği belirlenmiştir. Stoma yoğunluğu 295.3-222.7 adet mm⁻², stoma eni 16.1-18.7 µm, stoma boyu 23.2-28.1 µm, epidermal hücre sayısı 471.9-625.0 adet mm⁻² ve stoma indeksi % 30.1-33.1 arasında değişmiştir. Su stresi arttıkça stoma yoğunluğu, epidermal hücre sayısı ve stoma indeksi değerlerinin arttığı, stoma boyu ve eni değerlerinin ise azaldığı hesaplanmıştır.

ARTICLE INFO

Received 25 August 2015
Received in revised form 23 March 2016
Accepted 29 April 2016

Keywords:

Irrigation
Stress
Stoma
Peanut
Arachis hypogaea

ABSTRACT

Water is the most important environmental factors that determined plant growth and yield in arid and semi-arid regions. This study was carried out to determine the effect of water stress on stomatal density, stomata width, stomata length, epidermal cells number and stomata index parameters of the NC-7 peanut (*Arachis hypogaea* L.) variety. Water stress applications were 0 %, 25 %, 50 %, 75 %, and 100 % based on cumulative evaporation (Epan) from class A pan. It was found that except for stomata width, stomatal density, stomata length, epidermal cells number, and stomata index effected statistically significant. Stomatal density, stomata width, stomata length, epidermal cells number, and stomata index were ranged from 295.3-222.7 unit.mm⁻², 16.1-18.7 µm, 23.2-28.1 µm, 471.9-625.0 unit mm⁻², and 30.1-33.1 %, respectively. It was observed that, when water stress increased stomata density, epidermal cells number and stomata index increased, when the stomata length and width decreased.

1. Giriş

Stoma terimi, Yunancada ağzıcık anlamında kullanılmıştır. Epidermis hücrelerinin farklılaşmasıyla oluşan stomalar, açılıp kapanma özellikleri ile bitkilerdeki terlemeyi ve gaz değişimini kontrol eden canlı yapılardır. Stomalar, bitkilerin nefes almak için kullandıkları, fotosentez ve terleme olaylarında önemli rol oynayan mikroskobik gözeneklerdir (Akman 1985). Stomalar, genellikle yeşil bitkilerin toprak üstü organları olan yaprak ve gövde epidermisinde yer alan ve bitkinin çevreyle gaz alışverişini sağlayan yapılardır. Fotosentez için gerekli karbondioksitin çevreden alınması, su buharı ve fotosentez işlemi sonucu ortaya çıkan oksijenin bitkiden çevreye verilmesi stomanın görevidir (Yentür 1995).

Bitkilerdeki stoma sayısı ile ilgili literatürde çelişkili ifadeler yer almaktadır. Bazı araştırmacılar stoma sayısının fazla değişmeyen bir özellik olduğunu vurgularken, bazı

araştırmacılar ise bu sayının çevresel koşullar ve fizyolojik olaylardan etkilendiğini öne sürmektedir (During ve Scienza 1980, Düzenli ve Ağaoğlu 1992). Bierhuizen ve ark. (1984) ve Mısırlı ve Aksoy (1994) stoma yoğunluğu ve boyutlarının su stresi sonucunda değiştiğini bildirmişlerdir. Scienza ve Boselli (1981) ve Forlani ve ark. (1983), stomaların sayısı ve biyometrik özelliklerinin, tür ve çeşitlerin kuraklığa direncinin artırılmasında kullanılabileceğine dikkat çekmektedir. Benzer şekilde Çağlar ve ark. (2004), kültür bitkilerinde çeşitlere ve yetiştirme koşullarına göre bitki-su dengesinin kontrolü açısından stoma yoğunluğu ve yapılarının saptanmasının önemli bir konu olduğunu ifade etmişlerdir. Farklı bitki tür ve çeşitlerinin stoma yoğunluk ve büyüklükleri ile ilgili dünyada ve ülkemizde çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Slack 1974; Sharma ve ark. 1982; Eriş ve Soylu 1990; Buttery ve ark. 1993; Cabrera ve Diaz 2002;

Zhou ve ark. 2002; Hassan ve ark. 2008; Kaiser ve Kappen 2001; Gokbayrak ve ark. 2008; Aslantaş ve Karakurt 2009).

Dünyada giderek artan su açığı özellikle kurak ve yarı-kurak bölgelerde bitkisel üretimde fotosentez ve üretkenliği sınırlayıcı en önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bütün bitkilerde olduğu gibi yerfıstığında da su stresine karşı geliştirilmiş kuraklık dirençli hat ve çeşitlerin kullanılması üreticiler tarafından arzu edilmektedir. Kuraklık direnci yüksek yerfıstığı çeşitlerinin geliştirilmesi kuraklık sorununa uzun vadeli ve uygun maliyetli bir çözüm olarak görülmektedir (Araus ve ark. 2008; Kumar ve ark. 2008). Venora ve Calcagno (1991), Maghsoudi ve Maghsoudi (2008) ve Mehri ve ark. (2009) kurağa dayanıklılık bakımından stoma yoğunluğu ve stoma boyutlarının seleksiyon kriteri olarak değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir. McCree ve Davis (1974), Cutler ve ark. (1977), Yang ve Wang (2001), Zhang ve ark. (2006) ve Gan ve ark. (2010) su stresinin artmasıyla stoma yoğunluğunun arttığını belirlerken Quarrie ve Jones (1977), Spence ve ark. (1986), Sam ve ark. (2000), Xu ve Zhou (2008), Maghsoudi ve Maghsoudi (2008), Mehri ve ark. (2009), Ozyigit ve Akinci (2009) su stresi arttıkça stoma boyutlarının azaldığını belirlemişlerdir.

Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.), meyvelerini toprak içerisinde oluşturan tek yıllık bir baklagil bitkisidir. Yerfıstığı kazık köklüdür, bir ana kök ve bunun etrafında birçok yumak halinde yan kökler mevcuttur. Yan kökler ana köke dikey vaziyettedir. Köklerin büyük çoğunluğu 5-35 cm derinlikte olmakla birlikte etkili kök derinliği 90 cm'dir (Michael 2008). Ana ve yan kökler üzerinde urcuklar şeklinde nodüller (havanın serbest azotunu bağlayan Rhizobium bakterilerinin bulunduğu yumrucuklar) bulunur. Çoğunlukla yetersiz yağışın olduğu kurak ve yarı kurak alanlarda üretim yapılan yerfıstığının tanesinden, yağından ve bitki kısımlarından çeşitli şekillerde faydalanılabilmektedir (Reddy ve ark. 2003). Yerfıstığı, gerek insan beslenmesinde gerekse hayvancılıkta, özellikle kurak bölgelerdeki hayvancılık sistemlerinde, yem bitkisi olarak ve sanayinin çeşitli dallarında geniş oranda kullanım alanı bulmuştur (Larbi ve ark. 1999).

Yerfıstığında stomalar amarillis tipte, parazitik biçimde ve amfiotomatik olarak bulunmaktadır. Genellikle alt ve üst yüzeydeki stoma sayıları birbirine yakın olarak bulunmakta ve stoma büyüklüğü de her iki yüzeyde aynı olmaktadır (Pallas 1982; Yentür 1995). Su stresinin bitki fizyolojisi ve büyümesine ilişkin birçok araştırma olmasına rağmen yerfıstığı ile ilgili çalışma sayısı oldukça azdır. Songsri ve ark. (2013), 11 adet yerfıstığı genotipi üzerine farklı su seviyelerinin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, 6 genotipte su stresi arttıkça stoma yoğunluğu ve stoma boyutlarının arttığını, geri kalan 5 genotipte ise azaldığını saptamışlardır. Yaprakların birim alandaki stoma sayısı ve stomaların hareketi ile bitkinin yitirdiği su, dolayısıyla bitki-su dengesi arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Başarılı bir bitki yetiştiriciliği ve bitki ıslahı için diğer koşulların yanında önemli ölçüde bitki-su ilişkilerinin bilinmesi ve düzenlenmesi gerekmektedir. Görüldüğü gibi söz konusu ilişkilerin ortaya çıkarılması ve uygulanabilmesi için bitki yapılarında bulunan ve bitkilerdeki su kaybının % 85-90'a yakın bir kısmının meydana geldiği stomaların sayısı ve boyutlarının bilinmesi büyük rol oynamaktadır (Verona ve Calcagno 1991; Dickison 2000). Bu araştırmanın amacı, Akdeniz Bölgesinde yaygın olarak üretimi yapılan NC-7 yerfıstığı çeşidinin su stresi altında stomalarında meydana gelen değişimleri belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, 2014 yılı Mayıs-Ekim ayları arasında Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BATEM)'nde yürütülmüştür. Deneme yeri 36° 52' Kuzey enlemi ve 30° 50' Doğu boylamında yer almakta olup ortalama yükseltisi 15 m'dir. Deneme öncesi araştırma alanından alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme alanı tarımsal üretimi kısıtlayıcı bir durumun söz konusu olmadığı tınlı bünyeye sahip topraklardır.

Denemede, yerfıstığı bitkisinin sulanması için damla sulama sistemi kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan sulama suyu arazi içerisinde bulunan derin kuyudan pompaj sistemi ile sağlanmıştır. Sulamada kullanılan sulama suyunun bazı özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Sulama suyu kalite sınıfı olarak T₂A₁ sınıfında yer almaktadır. Çizelge 2'de de görüldüğü gibi tarımsal üretim açısından her hangi bir sınırlamaya neden olmayan (tuzluluk, sodiklik vb.) iyi kalitede bir su olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 1. Deneme yeri toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Table 1. Some physical and chemical properties of study soil.

Derinlik (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye Sınıfı	CaCO ₃ (%)	EC (dSm ⁻¹)	pH	TK (g g ⁻¹)	SN (g g ⁻¹)	Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)
0-30	29.18	21.24	49.58	L	24.0	0.633	7.50	24.04	12.78	1.35
30-60	32.65	17.28	50.07	L	29.7	0.443	7.70	23.52	12.81	1.30
60-90	36.59	15.25	48.16	L	30.1	0.380	7.80	21.67	11.30	1.32

Çizelge 2. Sulama suyunun bazı özellikleri.

Table 2. Some properties of irrigation water.

Katyonlar (me L ⁻¹)				Anyonlar (me L ⁻¹)				pH	EC (dSm ⁻¹)
Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻		
0.49	0.05	4.23	1.85	0.0	5.03	0.53	1.06	7.3	0.561

Çalışmada bitkisel materyal olarak BATEM adına tescilli ve ülkemizde yaygın olarak üretimi yapılan NC-7 yerfıstığı çeşidi kullanılmıştır. Yerfıstığı tohumları 15 Mayıs 2014 tarihinde 0.20x0.70 m mesafelerde deneme parsellerine ekilmişlerdir. Deneme parselleri 30 m uzunluğunda, 2.80 m genişliğinde ve 4 sıradan oluşacak şekilde planlanmıştır. Deneme parselleri arasında 2.50 m tampon bölge bırakılmıştır. Su stresi uygulamaları başlatılana kadar (tohum ekiminden itibaren 20 gün sonra) bitkilere, buharlaşma kabından olan buharlaşmanın % 100'ü seviyesinde sulama suyu uygulanmıştır. Stres koşulları ise % 100 sulama konusuna verilen suyun % 75'i, % 50'si, % 25'i ve % 0'ı (sulanan konu) baz alınarak oluşturulmuştur. Tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü kurulan denemede konular, buharlaşma kabından olan buharlaşma 25±5 mm'ye ulaştığında 3-5 gün arayla damla sulama sistemi ile sulanmıştır. Sistem, her bitki sırasına bir lateral gelecek şekilde planlanmıştır. Damla sulama sisteminde, üzerinde 25 cm aralıklarla inline tipi damlatıcılar bulunan 16 mm çapında PE plastik lateral borular kullanılmıştır. Damlatıcı debileri 1 atmosfer basınçta 2 L h⁻¹'dir. Yerfıstığının bitki su tüketimi değerleri, aşağıda verilen su dengesi eşitliği ile hesaplanmıştır (Allen ve ark. 1998).

$$ET=I+P-Dp\pm\Delta SW$$

Eşitlikte; ET= Bitki su tüketimi (mm), I= sulama suyu (mm), P= yağış (mm), Dp= derine sızma ve ΔSW = toprak

nemindeki değişim (mm)'i ifade etmektedir. Parsellere uygulanan sulama suyu miktarı su sayacından geçirilerek ölçülmüş, yağış miktarı Antalya meteoroloji istasyonundan alınmış, toprak nemindeki değişim ise 90 cm'de deneme başlangıcı ve sonundaki gravimetrik örneklemelerle belirlenmiştir. Bununla birlikte her sulamadan önce 90 cm'lik toprak profilinde 30 cm aralıklarla gravimetrik örnekleme yöntemiyle toprak örnekleri alınmıştır. Etkili kök derinliği olan 90 cm'deki tarla kapasitesini aşan sulama suyu miktarı derine sızma olarak hesaplanmıştır.

Yerfıstığı yapraklarındaki stoma yoğunluğunu saptamak için, her bir su stresi uygulaması altındaki bitkilerin uç kısımlarından 15 Eylül 2014 tarihinde 10'ar adet yaprak alınmıştır. Her uygulama için yaprak alt yüzeyinden 4. ve 5. damar arasından orta damara yakın olacak şekilde jilet ile yüzeyel kesitler alınarak sabit preparatlar hazırlanmıştır. İncelemeler ışık mikroskopunda (Nikon Eclipse E200) yapılmıştır. Stoma indeksi (SI) aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanmıştır (Meidner ve Mainsfield 1969).

$$SI = \frac{\text{Stoma sayısı}}{\text{Stoma sayısı} + \text{Epidermal hücre sayısı}} \times 100$$

Stoma sayısı (adet mm⁻²), bitkilerin en gelişmiş yapraklarında 40x objektifte 0.064 mm²'ye denk gelen mikrometre alanına düşen stomalar sayılarak ortalaması alınarak; stoma eni (µm), bitkilerin en gelişmiş yapraklarında 100x büyütme mikroskop (Nikon Eclipse E200) alanına düşen stomaların eni oküler mikrometre ile ölçülüp ortalaması alınarak ve stoma boyu (µm) ise bitkilerin en gelişmiş yapraklarında 100x büyütme mikroskop alanına düşen stomaların boyu oküler mikrometre ile ölçülüp ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Yerfıstığı bitkisinin sulama suyu kullanım unsurları.

Table 3. Irrigation water use components of peanut.

Sulama konuları	I (mm)	P (mm)	ΔSW (mm)	Dp (mm)	ET (mm)	Verim (t ha ⁻¹)
%100	734.0	33.0	25.4	15.7	776.7	5.36 a ^x
%75	576.5	33.0	40.1	0.0	649.6	4.85 b
%50	419.0	33.0	46.9	0.0	498.9	3.44 c
%25	261.5	33.0	56.1	0.0	350.6	1.77 d
%0	104.0	33.0	56.1	0.0	193.1	0.91 e

^x: Aynı sütun içerisinde aynı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre birbirinden farklıdır.

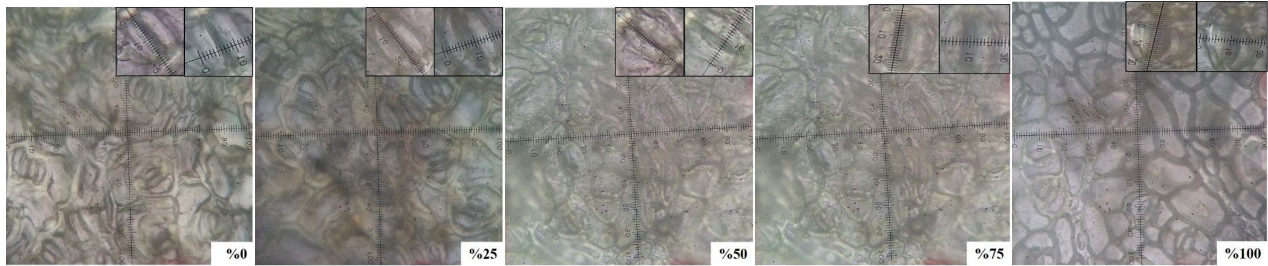
Çizelge 4. Farklı sulama suyu seviyelerinin stoma özellikleri üzerine etkileri.

Table 4. The effects of different irrigation water levels on stomata properties.

Sulama konuları	Stoma yoğunluğu (adet mm ⁻²) ^x	Stoma eni(µm) ^y	Stoma boyu (µm) ^x	Epidermal hücre sayısı (mm ⁻²) ^x	Stoma indeksi (%) ^x
%0	295.3 a ^z	16.1	23.2 c ^z	625.0 a ^z	32.1 b ^z
%25	285.8 a	17.0	25.9 ab	578.1 a	33.1 a
%50	257.7 b	17.3	25.5 ab	565.6 a	31.3 c
%75	233.8 c	18.2	25.8 ab	543.8 ab	30.1 d
%100	222.7 c	18.7	28.1 a	471.9 b	32.1 b

^x: %5 düzeyinde önemli, ^y: önemli değil.

^z: Aynı sütun içerisinde aynı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre birbirinden farklıdır.



Şekil 1. Farklı sulama seviyeleri altındaki yaprak stoma hücreleri.

Figure 1. Leaf stomata cells under different irrigation levels.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklılıklar ise Duncan Testi ile değerlendirilmiştir (Gomez ve Gomez 1984).

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma süresi boyunca 90 cm toprak profil derinliği için belirlenen mevsimlik toplam sulama suyu miktarı, yağış, derine sızma, topraktan kullanılan nem ve bitki su tüketimi değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Doorenbos ve Kassam (1979), yerfıstığının su tüketimini 500-700 mm arasında belirlerken, Rao ve ark. (1985) yerfıstığı su tüketimini 819 mm; Baldwin ve Harrison (1989) 572 mm; Abou Kheira (2009) 593 mm arasında olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmamızda mevsimlik bitki su tüketimleri % 0, % 25, % 50, % 75 ve % 100 konuları için sırasıyla 193.1, 350.6, 498.9, 649.6 ve 776.7 mm olarak belirlenmiştir. Naveen ve ark. (1992), Prasad ve ark. (2010), su stresinin yerfıstığında fizyolojik ve morfolojik süreçleri (fotosentez, stoma yoğunluğu, çiçek sayısında azalma, embriyoların oluşmaması, mineral madde alımı vb.) önemli ölçüde etkileyerek verim kaybına neden olduğunu belirtmektedir. Çalışmamızda % 100 su uygulanan konudan % 0 su uygulanan konuya doğru gidildikçe verimin azaldığı görülmektedir.

Farklı sulama suyu seviyelerinin yerfıstığı stoma özellikleri üzerine etkileri Çizelge 4'de ve Şekil 1'de verilmektedir. İncelenen özellikler içerisinde stoma eni hariç, stoma yoğunluğu, stoma boyu, epidermal hücre sayısı ve stoma indeksi üzerine farklı sulama suyu seviyelerinin etkisi % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Farklı sulama suyu seviyelerinin yerfıstığı yapraklarının alt epidermisinde bulunan stoma yoğunlukları üzerine etkileri istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. En fazla stoma 295.3 adet mm⁻² ile sulanmayan konu altında yetiştirilen bitki yapraklarından elde edilirken, en az stoma 222.7 adet mm⁻² ile buharlaşma kabından olan buharlaşmanın tamamının uygulandığı konu altında yetiştirilen bitki yapraklarından elde edilmiştir (Çizelge 4). Elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, su stresi arttıkça bitki yapraklarında stoma yoğunluğunun da arttığı görülmektedir. Malone ve ark. (1993), stoma yoğunluğunun su kısıtı ile doğru orantılı olduğunu, bitkilerin su stresine stoma sayılarını artırarak tepki verdiğini belirtmişlerdir. Yang ve Wang (2001) ve Zhang ve ark. (2006) buğdayda; Laajimi ve ark. (2011) kayısıda; Ennajeh ve ark. (2010) ve Aktepe Tangu (2012) zeytinde; Fu ve ark. (2013) patlıcan bitkisinde benzer sonuçlar elde etmişler ve su stresi arttıkça stoma yoğunluğunun da arttığını belirlemişlerdir.

Stoma eni ve boyu üzerine farklı sulama suyu seviyelerinin etkisi Çizelge 4'de verilmektedir. Stoma eni üzerine su kısıtının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En uzun stoma eni 18.67 µm ile buharlaşma kabından olan buharlaşmanın tamamının uygulandığı konu altında yetiştirilen bitki yapraklarından elde edilmiştir. En kısa stoma eni 16.10 µm ile sulanmayan konu altında yetiştirilen bitki yapraklarından elde edilmiştir (Şekil 1). Genel olarak su stresi arttıkça stoma eni değerlerinin azaldığı görülmektedir. Farklı sulama suyu seviyelerinin yerfıstığı yapraklarının alt epidermisinde bulunan stoma boyu üzerine etkileri ise istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. En uzun stoma boyu 28.10 µm ile buharlaşma kabından olan buharlaşmanın tamamının uygulandığı konu altında yetiştirilen bitki yapraklarından elde edilmiştir (Şekil 1). Stoma eninde olduğu gibi su stresi arttıkça stoma boyu değerlerinin azaldığı görülmektedir. Kuo ve ark. (1988) kabakta; Meng ve ark. (1999) çeltikte; Bosabalidis ve Kofidis (2002) zeytinde; HtayHtay ve ark. (2005) fasulyede; Xu ve Zhou (2008) çimide; Karipçin (2009) karpuzda; Özyurt (2011) mahlepde benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

Epidermal hücre sayısı ve stoma indeksi üzerine farklı sulama suyu seviyelerinin etkisi Çizelge 4'de verilmektedir. Farklı sulama suyu seviyelerinin epidermal hücre sayısı üzerine etkileri istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. En fazla epidermal hücre sayısı 625.0 adet mm⁻² ile sulanmayan konu altında yetiştirilen bitki yapraklarından elde edilirken, en az epidermal hücre sayısı 471.9 adet mm⁻² ile buharlaşma kabından olan buharlaşmanın tamamının uygulandığı konu altında yetiştirilen bitki yapraklarından elde edilmiştir (Çizelge 4). Elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, su stresi arttıkça bitki yapraklarında epidermal hücre sayısının da arttığı görülmektedir. Farklı sulama suyu seviyelerinin stoma indeksi üzerine etkileri ise istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek stoma indeksi % 33.1 ile % 25 konusundan elde edilmiştir. En düşük stoma indeksi % 30.1 ile % 75 konusundan elde edilmiştir. Sarker ve Hara (2011) patlıcan bitkisinde su stresi arttıkça epidermal hücre sayısı ve stoma indeksinin arttığını belirlemiştir.

Bitki su dengesinin sağlanmasında ve transpirasyonun kontrolünde stomaların yapısı son derece önemlidir. Bitkilerden transpirasyonla gerçekleşen su kaybının % 90'ından fazlasını stomalarla kaybedilen su oluşturmaktadır (Eriş ve Soyly 1990). Araştırma sonucunda elde edilen stoma yoğunluğu literatürle karşılaştırıldığında, Bosabalidis and Kofidis (2002) zeytinde;

Isodo (2005) soya ve pamukta; Maghsoudi ve Maghsoudi (2008) ve Mehri ve ark. (2009) buğdayda; Xu ve Zhou (2008) çimide; su stresi arttıkça birim alandaki stoma yoğunluğunun ve epidermal hücre sayısının arttığını buna karşılık stoma eni ve boyunun azaldığını saptamışlardır.

4. Sonuç

Sonuç olarak, bu araştırmada farklı sulama suyu seviyelerinin incelenen özellikler içerisinde stoma eni ile bir ilişkisi olmadığı, stoma yoğunluğu, stoma boyu, epidermal hücre sayısı ve stoma indeksi üzerine etki ettiği belirlenmiştir. Su kısıtı olmayan koşullar altında yetiştirilen yerfıstığı bitkilerinin stoma özellikleri ile su kısıtı altında yetiştirilen yerfıstığı bitkilerinin stoma özellikleri arasında bitkiye uygulanan sulama suyuna bağlı olarak önemli farklılıklar elde edildiği görülmektedir. Araştırma sonuçları, su stresi koşullarında stoma özelliklerinde önemli değişiklikler olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, stoma yoğunluğu, stoma boyu, epidermal hücre sayısı ve stoma indeksi değerlerinin yerfıstığı çeşitlerinde kuraklık toleransı için seçim kriterleri olarak kullanılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Kuraklığa toleranslı hat ve çeşitlerin belirlenerek bitkisel üretimde kullanılması durumunda hem tarımsal üretim kuraklıktan etkilenmeyecek hem de mevcut tarımsal su kaynaklarımız rantabl bir şekilde kullanılmış olacaktır.

Kaynaklar

- Abou Kheira AA (2009) Macro management of deficit-irrigated peanut with sprinkler irrigation. *Agricultural Water Management* 96(10): 1409-1420.
- Akman Y (1985) Botanik. Palme Yayıncılık, 494 s., İstanbul.
- Aktepe Tangu N (2012) Kısıtlı su uygulamalarının bazı standart zeytin çeşitlerinin gelişme durumları ve bitki-su ilişkileri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56, Rome.
- Araus JL, Slafer GA, Royo T, Serret MD (2008) Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Reviews in Plant Sciences* 27(6): 377-412.
- Aslantaş R, Karakurt H (2009) The effects of altitude on stomata number and some vegetative growth parameters of some apple cultivars. *Journal of Agricultural and Biological Science* 5(5): 853-857.
- Baldwin JA, Harrison K (1989). Water use and relationships in peanut production. University of Georgia Cooperative Extension Bulletin SB23.
- Bierhuizen JF, Bierhuizen JM, Martakis GFP (1984) The effect of light and CO₂ on photosynthesis of various pot plants. *Die Gartenbauwissenschaft* 49(5-6): 251-257.
- Bosabalidis AM, Kofidis G (2002) Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science* 163(2): 375-379.
- Buttery BR, Tan CS, Buzzell RI, Gaynor J.D, MacTavish DC (1993) Stomatal numbers of soybean and response to water stress. *Plant and Soil* 149(2): 283-288.
- Cabrera LM, Diaz JC (2002) Stomatic characterization of three varieties of soya grown in soil under different low humidities. *Ediciones Publicaciones Alimentarias SA* 39(332): 79-82.
- Çağlar S, Sütyemez M, Bayazit S (2004) Seçilmiş bazı ceviz (*Juglan sregia*) tiplerinin stoma yoğunlukları. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(2): 169-174.

- Cutler JM, Rains DW, Loomis RS (1977) The importance of cell size in the water relations of plants. *Physiologia Plantarum* 40(4): 255-260.
- Dickison WC (2000) *Integrative Plant Anatomy*. Academic Press, ISBN: 0122151704, 533 p. San Diego.
- Doorenbos J, Kassam AH (1979) *Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage 33, Rome.
- During H, Scienza A (1980) Drought resistance of some vitis species and cultivars. 3rd International Symposium on Grape Breeding, Davis, USA, p. 179-180.
- Düzenli S, Ağaoğlu YS (1992) *Vitis vinifera* L.'nin bazı çeşitlerinde stoma yoğunluğu üzerine yaprak yaşı ve yaprak pozisyonlarının etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 16: 63-72.
- Ennajeh M, Vadel AM, Cochard H, Khemira 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.
- Eriş A, Soylu A (1990) Stomatal density in various Turkish grape cultivars. *Vitis Special Issue*: 382-389.
- Forlani M, Pasquarella C, Coppola V (1983) Relation between stomatal density and vigour of grapevine rootstocks. *Rivista di Viticoltura e di Enologia Conegliano* 36: 117-125.
- Fu QS, Yang RC, Wang HS, Zhao B, Zhou CL, Ren SX, Guo YD (2013) Leaf morphological and ultra structural performance of eggplant (*Solanum melongena* L.) in response to water stress. *Photosynthetica* 51(1): 109-114.
- Gan Y, Zhou L, Shen ZJ, Shen ZX, Zhang YQ, Wang GX (2010) Stomatal clustering, a new marker for environmental perception and adaptation in terrestrial plants. *Botanical Studies* 51: 325-336.
- Gokbayrak Z, Dardeniz A, Bal M (2008) Stomatal density adaptation of grapevine to windy conditions. *Trakia Journal of Sciences* 6(1): 18-22.
- Gomez KA, Gomez AA (1984) *Statistical procedures for agricultural research*. John Wiley and Sons, Inc. London.
- Hassan SE, Kalig I, Khan AS (2008) Genetic mechanism of some physiological traits in spring wheat at two plant population regimes. *Journal Agricultural Research* 46(4): 315-323.
- HtayHtay O, Takuya A, Fumitake K (2005) Effects of drought and flooding stresses on growth and photosynthetic activity of mungbean (*Vigna radiata* L.) wilczek, cultivars. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University* 50(2): 533-542.
- Isodo A (2005) Adaptive responses of soybean and cotton to water stress: I. transpiration changes in relation to stomatal area and stomatal conductance. *Plant Production Science* 8(1): 16-26.
- Kaiser H, Kappen L (2001) Stomatal oscillations at small apertures: Indications for a fundamental insufficiency of stomatal feedback-control inherent in the stomatal turgor mechanism. *Journal of Experimental Botany* 52(359): 1303-1313.
- Karıpçin MZ (2009) Yerli ve yabancı karpuz genotiplerinde kuraklığa toleransın belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kumar A, Bernier J, Verulkar S, Lafitte HR, Atlin GN (2008) Breeding for drought tolerance: Direct selection for yield, response to selection and use of drought-tolerant donors in upland and lowland-adapted populations. *Field Crops Research* 107(3): 221-231.
- Kuo CG, Shen BJ, Chen HMH, Chen C, Opena RT (1988) Associations between heat tolerance, water consumption, and morphological characters in Chinese cabbage. *Euphytica* 39(1): 65-73.
- Laajimi NO, Boussadia O, Skhiri FH, Teixeira da Silva JA, Rezgui S, Hellali R (2011) Anatomical adaptations in vegetative structures of Apricot tree (*Prunus armeniaca* L.) cv. 'Amor El Euch' grown under water stress. *Fruit Vegetable and Cereal Science Biotechnology* 5(2): 46-51.
- Larbi A, Dung DO, Olorunju PE, Smith JW, Tanko RJ, Muhammed IR, Adekunle IO (1999) Groundnut (*Arachis hypogaea*) for food and fodder in crop-livestock systems: forage and seed yields, chemical composition and rumen degradation of leaf and stem fractions of 38 cultivars. *Animal Feed Science and Technology* 77(1-2): 33-47.
- Maghsoudi K, Maghsoudi A (2008) Analysis of the effects of stomatal frequency and size on transpiration and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 3(6): 865-872.
- Malone SR, Mayeux HS, Johnson HB, Polley HW (1993) Stomatal density and aperture length in four plant species grown across a subambient CO₂ gradient. *American Journal of Botany* 80(12): 1413-1418.
- McCree KJ, Davis SD (1974) Effect of water stress and temperature on leaf size and number of epidermal cells in grain sorghum. *Crop Science* 14(5): 751-755.
- Mehri N, Fotovat R, Saba J, Jabbari F (2009) Variation of stomata dimensions and densities in tolerant and susceptible wheat cultivars under drought stress. *Journal of Food Agriculture & Environment* 7(1): 167-170.
- Meidner H, Mansfield TA (1969) *Physiology of Stomata*. McGraw-Hill, London.
- Meng L, Li L, Chen W, Xu Z, Liu L (1999) Effect of water stress on stomatal density, length, width and net photosynthetic rate in rice leaves. *Journal of Shenyang Agricultural University* 30(5): 477-480.
- Mısırlı A, Aksoy U (1994) A study on the leaf and stomatal properties of Sarilop fig variety. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 31(2-3): 57-63.
- Michael AM (2008) *Irrigation: Theory and Practice*. Vikas Publishing House Pvt Ltd. New Delhi.
- Naveen P, Daniel KV, Subramanian P, Kumar PS (1992) Response of irrigated groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to moisture stress and its management. *Indian Journal of Agronomy* 37(1): 82-85.
- Ozyigit II, Akinci S (2009) Effects of some stress factors (aluminum, cadmium and drought) on stomata of roman nettle (*Urtica pilulifera* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 37(1): 108-115.
- Özyurt İK (2011) Kuraklığa dayanıklı mahlep (*Prunus mahaleb* L.) klon anacı seçimi. Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Pallas JE (1982) Photosynthetic traits of selected peanut genotypes. *Peanut Science* 9(1): 14-17.
- Prasad PVV, Kakani VG, Upadhyaya HD (2010) Growth and Production of Groundnut. In: *Soils, Plant Growth and Crop Production*. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Oxford UK, pp. 1-26.
- Quarrie SA, Jones HG (1977) Effects of abscisic acid and water stress on development and morphology of wheat. *Journal of Experimental Botany* 28(1): 192-203.
- Rao RCN, Singh S, Sivakumar, MVK, Srivastava KL, Williams JH (1985) Effect of water deficit at different growth phases of peanut. I. Yield responses. *Agronomy Journal* 77(5): 782-786.
- Reddy TY, Reddy VR, Anbumozhi V (2003) Physiological responses of peanut (*Arachis hypogaea* L.) to drought stress and its amelioration: a critical review. *Plant Growth Regulation* 41(1): 75-88.
- Sam O, Jeréz E, Dell'Amico J, Ruiz Sánchez MC (2000) Water stress induced changes in anatomy of tomato leaf epidermis. *Biologia Plantarum* 43(2): 275-277.
- Sarker BC, Hara M (2011) Effects of elevated CO₂ and water stress on the adaptation of stomata and gas exchange in leaves of eggplants (*Solanum melongena* L.). *Bangladesh Journal of Botany* 40(1): 1-8.
- Scienza A, Boselli M (1981) Frequency and biometrical characteristics of stomata in different stock-vine varieties. *Vitis* 20: 281-292.

- Sharma DP, Sharma YD, Rana HS (1982) Stomatal and tree growth characteristics of some crab apples. *Scientia Horticulturae* 17(4): 327-331.
- Slack EM (1974) Studies of stomatal distribution on the leaves of four apple varieties. *Journal of Horticultural Science* 49(1): 95-103.
- Songsri P, Jogloy S, Junjittakarn J, Kesmala T, Vorasoot N, Holbrook JC, Patanothai A (2013) Association of stomatal conductance and root distribution with water use efficiency of peanut under different soil water regimes. *Australian Journal of Crop Science* 7(7): 948-955.
- Spence RD, Wu H, Sharpe PJH, Clark KG (1986) Water stress effects on guard cell anatomy and the mechanical advantage of the epidermal cells. *Plant, Cell and Environment* 9(3): 197-202.
- Verona C, Calcagno F (1991) Study of stomatal parameters for selection of drought resistant varieties in *Triticum durum* DESF. *Euphytica* 57(3): 275-283.
- Xu ZZ, Zhou GS (2008) Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of Experimental Botany* 59(12): 3317-3325.
- Yang HM, Wang GX (2001) Leaf stomatal densities and distribution in *Triticum aestivum* under drought and CO₂ enrichment. *Acta Phytocologica Sinica* 25(3): 312-316.
- Yentür S (1995) Bitki Anatomisi. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 3808, İstanbul.
- Zhang YP, Wang ZM, Wu YC, Zhang X (2006) Stomatal characteristics of different green organs in wheat under different irrigation regimes. *Acta Agronomica Sinica* 32(1): 70-75.
- Zhou J, Hirata Y, Nou I, Shiotani H, Ito T (2002) Interactions between different genotypic tissues in citrus graft chimeras. *Euphytica* 126(3): 355-364.