

## *Cedrus libani* ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* ağaçlandırma alanında kurak dönemde ağaç-su ilişkisi değişimleri

Esra Bayar<sup>a,\*</sup>, Ayşe Deligöz<sup>a</sup>

**Özet:** Bu çalışmada; Isparta il merkezinde bulunan ortalama 22 yaşındaki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich) ve Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] ağaçlandırma sahasında yaz kuraklığı döneminde ağaçların su ilişkilerinde ve biyokimyasal özelliklerinde oluşan değişimler incelenmiştir. Haziran-eylül ayları arasında toprak nem içeriği ve sıcaklığı, su ilişkileri parametreleri [solma noktasındaki osmotik potansiyel ( $\Psi\pi_{TLP}$ ), tam doymuş haldeki osmotik potansiyel ( $\Psi\pi_{100}$ ), kuru ağırlık oranı (DWF), birim kuru ağırlık başına düşen simplastik su oranı ( $V_o/DW$ ) ve relatif su içeriği (RWC)], toplam çözünebilir şeker ve prolin içeriği araştırılmıştır. Çalışmamızda toprak nem içeriği ve sıcaklığı dönemsel bir değişim göstermiştir. Ölçüm dönemlerinin toprak nem içeriği ve sıcaklığı üzerinde anlamlı etkisi vardır. Anadolu karaçamında ölçüm dönemlerinin  $\Psi\pi_{TLP}$ ,  $\Psi\pi_{100}$  ve DWF üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Toros sedirinde ölçüm dönemlerinin  $\Psi\pi_{TLP}$ ,  $\Psi\pi_{100}$  ve RWC üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Solma noktasındaki osmotik potansiyel eylül ayında en düşük değerini almıştır. Toros sediri eylül ayında Anadolu karaçamına göre daha düşük solma noktasındaki osmotik potansiyele sahiptir. Anadolu karaçamında en yüksek toplam çözünebilir şeker içeriği haziran ayında tespit edilmiştir. Prolin içeriğinde ise, hem Anadolu karaçamında hem de Toros sedirinde ölçüm dönemlerinin etkisi bulunmamaktadır. Ağaç türleri arasında da toplam çözünebilir şeker ve prolin içeriği bakımından anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Toros sediri ve Anadolu karaçamı ağaçlandırma sahasında, çalışma yılında yapılan ölçüm sonuçlarına göre Eylül ayında Toros sedirinin Anadolu karaçamına göre kuraklığa karşı daha toleranslı olduğu söylenebilir.

**Anahtar kelimeler:** Kuraklık, Ağaç, Su durumu, Toplam çözünebilir şeker, Prolin

## Tree-water relations variations in dry season in *Cedrus libani* and *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* afforestation area

**Abstract:** In this study, changes in water relations and biochemical characteristics of trees during summer drought in 22-year-old Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) and Anatolian black pine [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] afforestation area located in central of Isparta were investigated. Soil water content and soil temperature, water relation parameters [osmotic potential at turgor loss point ( $\Psi\pi_{TLP}$ ), osmotic potential at full turgor ( $\Psi\pi_{100}$ ), dry weight fraction (DWF), symplastic water at saturated point per dry weight of the shoot ( $V_o/DW$ ) and relative water content (RWC)], total soluble sugar and proline content were determined between June and September. Soil water content and soil temperature showed a periodical change in our study. Measurement periods have a significant effect on soil water content and soil temperature. The effect of measurement periods on  $\Psi\pi_{TLP}$ ,  $\Psi\pi_{100}$  and DWF was found to be insignificant in Anatolian black pine. Taurus cedar has a significant effect on the measurement periods as to  $\Psi\pi_{TLP}$ ,  $\Psi\pi_{100}$  ve RWC. The osmotic potential at turgor loss point has the lowest value in September. Taurus cedar has lowest osmotic potential at turgor loss point than Anatolian black pine in September. The highest total soluble sugar content in Anatolian black pine was determined in June. There were no significant effects on measurement periods both Anatolian black pine and Taurus cedar in proline content. No significant differences were found between tree species as to total soluble sugar and proline content. According to measurement results in the studying year, in Taurus cedar and Anatolian black pine afforestation area, it can be said that Taurus cedar against drought is more tolerant than Anatolian black pine in September.

**Keywords:** Drought, Tree, Water status, Total soluble sugar, Proline

### 1. Giriş

Son yıllarda iklim değişikliği, bir diğer adıyla küresel ısınma pek çok sorunun sebebi olarak gösterilmeye başlanmıştır. Küresel iklim değişikliğinin etkileri kuraklık, su kaynaklarının azalması, sıcak hava dalgaları ve sellerdeki artış vb. olarak kendini göstermektedir (Turan, 2018). Kuraklık dünya çapında bir sorundur ve Türkiye, dünya üzerindeki konumu itibarıyla kuraklığın söz konusu olduğu

bir noktada bulunmaktadır (Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2018). IPCC (Hükümetlerarası iklim değişikliği paneli)'nin değerlendirme raporuna göre, Türkiye Akdeniz ülkeleri arasında iklim değişikliğinden etkilenecek ülkeler arasında yer almakta olup, genel sıcaklık artışının 1-2 °C olması beklenmektedir (TTKMS, 2013). Misson vd. (2010), küresel iklim değişikliğinin Akdeniz bölgesinde daha sık ve şiddetli kuraklıklarla sonuçlanacağını belirtmiştir. İklim değişikliği ile ağaç ölümlerinin artması beklenmekte (Buras vd., 2018)

✉ <sup>a</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): esrabayar@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 29.07.2019, **Accepted** (Kabul tarihi): 10.12.2019



**Citation** (Atıf): Bayar, E., Deligöz, A., 2019. *Cedrus libani* ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* ağaçlandırma alanında kurak dönemde ağaç-su ilişkisi değişimleri. Turkish Journal of Forestry, 20(4): 317-323.  
DOI: [10.18182/tjf.598303](https://doi.org/10.18182/tjf.598303)

ve farklı türdeki ağaçların fizyolojisi, büyümesi ve yaşama yüzdesi de etkilenmektedir (Eilmann vd., 2009; Morin vd., 2018). Orman ağacı türlerinde oluşan kuraklık, büyümede büyük oranda azalmalara neden olmaktadır (Newton vd., 1991). Kuraklık, bitki artımını % 30-70 oranında düşürebilmektedir (Çepel, 1995). Kuraklık stresinin uzun sürmesi ve yeterince su alımının gerçekleşmemesi bitkilerde ölüme dahi yol açmaktadır (Kaçar vd., 2013). Bitkilerin kuraklık stresine verdiği tepki, bitki türüne, bitki yaşına, büyüme ve gelişme evresine, kuraklığın seviyesi ve süresine ve fiziksel parametrelere bağlı olarak değişmektedir (Marcínska vd., 2013).

Kuraklık stresi bitkilerde morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal (Marcínska vd., 2013) ve moleküler bakımdan bazı değişimlere neden olmaktadır (Deligöz ve Bayar, 2017). Adaptasyon, kuraklıktan kaçınma ve kuraklığa tolerans bitkilerin kuraklık stresine karşı gösterdiği dayanıklılık mekanizmalarıdır (Mundree vd., 2002). Bitki su ilişkilerinde en önemli konulardan birisi, bitki hücreleri içinde çözünür maddelerin sentezi ve birikimidir. Osmotik ayarlama, kuraklık toleransında önemli bir rol üstlenmektedir ve kuraklık toleransı ile pozitif ilişkilidir (DaCosta ve Huang, 2006). Kuraklık stresine maruz kalan bitkiler, hücre turgorlarını koruyabilmek için hücreleri içinde bazı organik çözümleri biriktirerek osmotik potansiyellerini düzenlemektedirler. Bu organik çözümler, çözünür karbonhidratlar, yani glikoz, sakkaroz gibi çözünür şekerler olarak birikmektedir (Huang vd., 2000; Çırak ve Esendal, 2006). Ayrıca kuraklık stresi altında biriken diğer bir çözümler prolin dir (Anjum vd., 2011). Stresli koşullar altında biriken prolin, bitkinin büyümesi ve hayatta kalması için enerji sağlamak ve bitkinin stresini tolere etmesine yardımcı olmaktadır (Sankar vd., 2007).

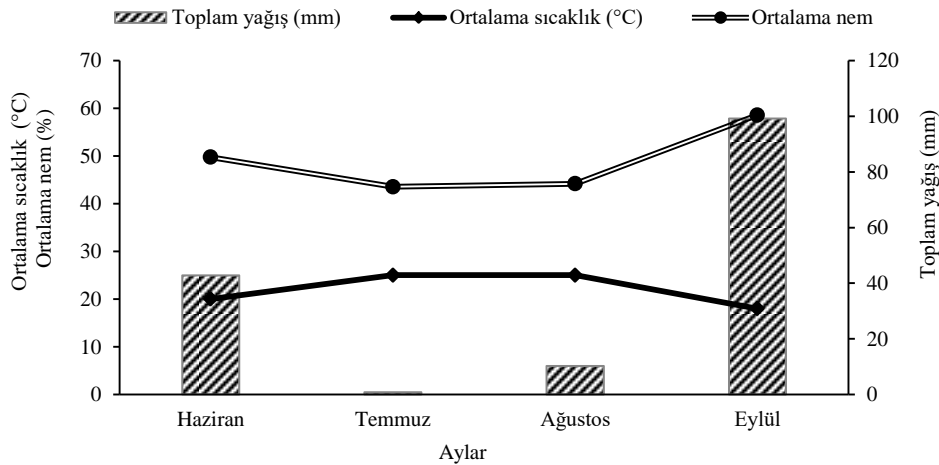
Bitki gelişimini ve yetiştirilmesini olumsuz etkileyen kuraklık stresi, kurak ve yarı-kurak alanlar ve ormancılık çalışmaları için önem arz etmektedir (Çalikoğlu, 2002). Akdeniz iklimi koşullarında, yıl içinde kuraklığın hüküm sürdüğü asıl dönem olan yaz ayları dikkate alındığında, ele alınan türlerin kuraklık etkilerine karşı reaksiyonlarını belirlemek için bu dönemdeki fizyolojik durumlarını temel almak gerekir (Dirik, 2000). Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich) kurak, yarı kurak mntıkalara uyum sağlaması nedeniyle ağaçlandırma çalışmalarında yaygın olarak

kullanılan bir türdür (Semerci, 2002). Tutma başarısının yüksek olmasının yanında değişik yetişme ortamlarında kullanım değeri yüksek ve kuraklığa da dayanıklı bir tür olarak bilinmektedir (Ürgeç, 1986). Benzer şekilde Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]’da hem kuraklığa hem de kış soğuklarına karşı dayanıklılığı nedeniyle ülkemizde kızılçamdan sonra en çok ağaçlandırılması yapılan ibrel bir türümüzdür (Ertekin ve Özel, 2010). Bu çalışmada Toros sediri ve Anadolu karaçamı karışık ağaçlandırma sahasında yaz kuraklığı döneminde toprak nemi ve sıcaklığındaki değişimler ile sahadaki ağaçların su ilişkilerindeki değişimler incelenmiştir.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Çalışma alanı ve bitki materyali

Araştırma alanı Göller Bölgesi’nde, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Isparta Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içinde Isparta-Merkezde bulunan Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.) ve Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] karışık ağaçlandırma sahasında (37° 50’ 30” K ve 30° 31’ 42” D) yer almaktadır. Arazi hazırlığının makine ile yapıldığı kumlu balçık tekstüründeki ağaçlandırma sahası düz olup, rakımı 1008 m’dir. Ağaçların yaşı ortalama 22’dir. Çalışma 2014 yılı haziran-eylül ayları arasında aylık periyotlarla gerçekleştirilmiştir. Isparta Meteoroloji Bölge Müdürlüğü’nden alınan iklim verilerine göre, çalışma sürecince ortalama sıcaklık haziran ayında 20°C, temmuz ve ağustos ayında 25°C ve eylül ayında 18°C’dir. Yıllık toplam yağış 670 mm olup, haziran-eylül ayları arasındaki toplam yağış miktarı sırasıyla 43 mm (haziran), 1 mm (temmuz), 10 mm (ağustos) ve 99 mm (eylül)’dir (Şekil 1). Ağaçlandırma sahasında Toros sediri ve Anadolu karaçamı bireylerinin karışık olarak bulunduğu alandan seçilen örnek alanda her bir türden rastgele 10 adet birey belirlenmiştir. Bu bireylerin sürgünleri üzerinde su potansiyeli bileşenleri belirlenirken, iğne yapraklarında çözünür şeker ve prolin içeriği tespitleri yapılmıştır. Çalışma alanında dönemsel olarak toprak nem içeriği ve sıcaklık ölçümleri de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma sürecince aylık ortalama sıcaklık (°C), ortalama nem (%) ve toplam yağış (mm)

## 2.2. Toprak nem içeriği ve sıcaklık ölçümleri

Toprak nem içeriği ve sıcaklık ölçümleri aylık periyotlarla (Haziran-Eylül) 0-20 cm derinlikten alınarak gerçekleştirilmiştir. Toprak nem içeriği gravimetrik olarak belirlenmiştir. Alınan toprak örnekleri, nemin buharlaşması engellenecek biçimde, cam kavanozlara koyularak, 0.001 g duyarlı terazide taze ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra kurutma fırınına yerleştirilerek 105 °C de 24 saat kurumaya bırakılıp, akabinde fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Toprak sıcaklığı Verth CK102 cihazı ile ölçülmüştür.

## 2.3. Fizyolojik ve biyokimyasal ölçümler

Fizyolojik ve biyokimyasal ölçümler için alandan rastgele seçilen 10 adet ağacın tepe tacının 2/3'lük kısmından ve güney yönünden birer sürgün örneği teleskopik budama makası ile kesilmiştir. Sürgün örnekleri öğle saatlerinde (12:00-14:00) alınmıştır. Kesilen sürgün örnekleri polietilen torbalara yerleştirilerek hemen mini buzdolabına koyulmuş ve akabinde laboratuvara taşınmıştır. Su potansiyeli bileşenleri [solma noktasındaki osmotik potansiyel ( $\Psi\pi_{TLP}$ ), tam doymun haldeki osmotik potansiyel ( $\Psi\pi_{100}$ ), kuru ağırlık oranı (DWF), birim kuru ağırlık başına düşen simplastik su oranı ( $V_o/DW$ ) ve relatif su içeriği (RWC)], Scholander bitki basınç odası (Model 1000, PMS Instrument Company, Oregon, USA) kullanılarak 3 adet sürgün örneğinde ölçülmüş ve basınç-hacim (P-V) eğrisi yöntemiyle belirlenmiştir.

Biyokimyasal özelliklerden çözünebilir şeker ve prolin analizi için iğne yaprak örnekleri distile suda hızlıca temizlendikten sonra 65 °C'de 48 saat etüvde kurutulmuştur. Kurutulan iğne yaprak örnekleri kahve öğütücüsü yardımıyla öğütülmüştür. Çözünebilir şeker içeriği Dubois vd. (1956)'ne göre belirlenmiştir. Her bir örnek için 0.1 g kuru örnek % 80'lik 10 mL etanolde 24 saat inkuba edilmiş ve akabinde 10 dakika santrifuj yapılmıştır. Toplam çözünebilir şeker içeriği ( $mg\ g^{-1}$ ) oda sıcaklığında 1 saat bekletildikten sonra spektrofotometrede 490 dalga boyunda okutulmuştur. Prolin analizi Bates vd. (1973)'ne göre belirlenmiştir. Prolin analizi için 0.5 g tartılan iğne yaprak örnekleri üzerine 10 mL % 3'lük sülfosalisilik asit ilave edilerek homojenize edilmiştir. Homojenattan elde edilen süzüntüden örnek alınmış ve üzerine 2 mL asit

ninhidrin ve 2 mL glasiyal asetik asit ilave edilerek 100 °C'de 1 saat inkübe edilmiştir. Ardından reaksiyonu durdurmak için buz banyosunda örnekler soğutulmuştur. Soğutulan örneklere toluen eklenerek vorteks ile karıştırılmış ve absorbans değerleri spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda okutulmuştur.

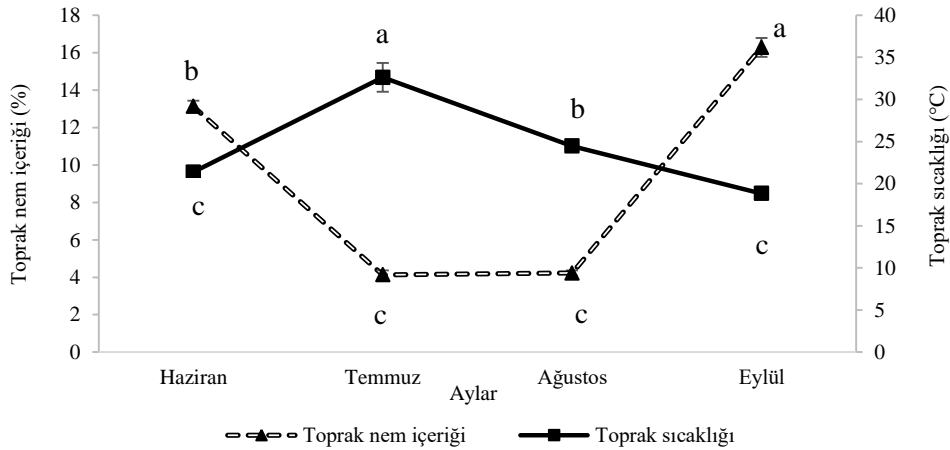
## 2.4. İstatistiksel analizler

Ölçümü yapılan özelliklere (toprak nem içeriği ve sıcaklığı, su potansiyeli bileşenleri, toplam çözünebilir şeker ve prolin içeriği) ait ortalama değerler SPSS 25.0 paket programı kullanılarak belirlenmiştir. Bu özellikler üzerinde ölçüm dönemlerinin etkisi varyans analizi (ANOVA) yardımıyla belirlenmiş ve takiben Duncan testi ile ölçüm dönemleri karşılaştırılmıştır. Türler arasındaki farklılık ise, Student's t-testi ile  $p < 0.05$  önem düzeyinde belirlenmiştir. Sonuçlar ortalama ve ortalamanın standart hatası şeklinde verilmiştir.

## 3. Bulgular

Araştırma alanında, ölçüm dönemlerinin toprak nem içeriği ve sıcaklığı üzerinde 0.05 önem düzeyinde anlamlı etkisi bulunmaktadır (Şekil 2). Haziran ayında % 13 olan toprak nem içeriği, temmuz ve ağustos ayında % 4'e kadar düşmüş, eylül ayında tekrar artmıştır (% 16). Toprak sıcaklığı, haziran ayında 21 °C, temmuz ayında 33 °C, ağustos ayında 25°C ve eylül ayında 19 °C olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

Anadolu karaçamında ölçüm dönemlerinin  $\Psi\pi_{100}$ ,  $\Psi\pi_{TLP}$  ve DWF üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemsiz bulunurken ( $P>0.05$ ),  $V_o/DW$  ve RWC üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Buna göre  $V_o/DW$ 'da temmuz ayı, RWC'de temmuz ve ağustos ayı diğer aylara göre nispeten düşük değerler almıştır. Toros sedirinde,  $\Psi\pi_{100}$ ,  $\Psi\pi_{TLP}$  ve RWC üzerinde ölçüm dönemlerinin etkisi önemlidir ( $P<0.05$ ; Çizelge 1).  $\Psi\pi_{100}$  ve  $\Psi\pi_{TLP}$  en yüksek değerini temmuz ayında almıştır.  $\Psi\pi_{TLP}$  en düşük değerini eylül ayında alırken,  $\Psi\pi_{100}$  en düşük değerini ağustos ve eylül ayında almıştır. RWC ise, temmuz ve ağustos ayında düşük iken, eylül ayında yükselmiştir. Toros sedirinde ölçüm dönemlerinin DWF ve  $V_o/DW$  üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ; Çizelge 1).



Şekil 2. Toros sediri ve Anadolu karaçamı ağaçlandırma sahasında 0-20 cm'den alınan toprak nem içeriği ve sıcaklığındaki dönemsel değişim

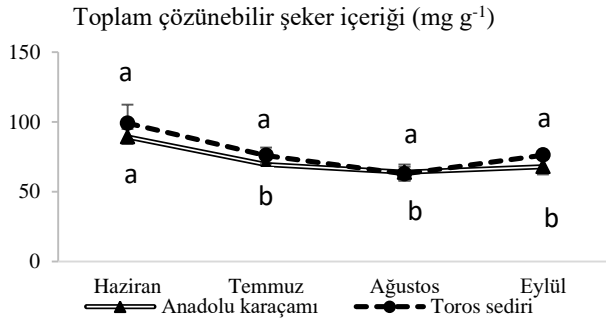
Çizelge 1. Toros sediri ve Anadolu karaçamı ağaçlandırma sahasında ölçüm dönemlerinin su ilişkisi parametreleri üzerindeki etkisi

Ağaç türü	Parametreler	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Anadolu karaçamı	$\Psi\pi_{TLP}$ (MPa)	-2.59±0.09a	-2.55±0.26a	-2.71±0.10a	-2.70±0.04a
	$\Psi\pi_{100}$ (MPa)	-1.62±0.04a	-1.18±0.14a	-1.39±0.16a	-1.33±0.17a
	DWF	0.44±0.03a	0.38±0.01a	0.40±0.01a	0.40±0.01a
	Vo/DW	0.34±0.04a	0.17±0.04b	0.24±0.04ab	0.24±0.02ab
	RWC (%)	89.32±0.31a	81.31±0.60b	83.05±0.95b	89.41±0.42a
Toros sediri	$\Psi\pi_{TLP}$ (MPa)	-	-2.40±0.20a	-2.86±0.09ab	-3.06±0.09b*
	$\Psi\pi_{100}$ (MPa)	-	-1.12±0.21a	-1.78±0.09b	-1.89±0.07b*
	DWF	-	0.42±0.01a	0.41±0.01a	0.42±0.00a
	Vo/DW	-	0.30±0.03a*	0.31±0.09a	0.33±0.07a
	RWC (%)	-	84.89±1.33b	86.86±0.33b*	91.29±1.29a

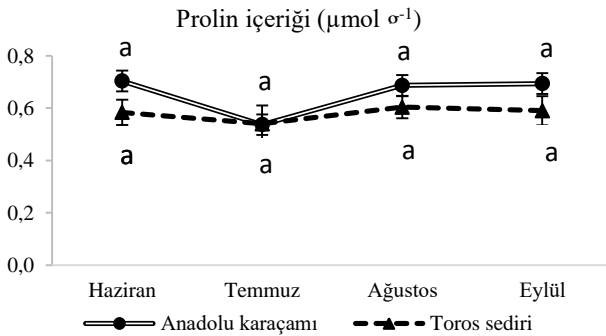
Harfler ölçüm dönemleri arasında farklılığı ifade etmektedir (P<0.05). \* işareti türler arasında istatistiksel anlamda farklılık olduğunu ifade etmektedir (P<0.05). -Veri alınamamıştır.

T testi sonuçlarına göre, ölçüm dönemlerinde iki ağaç türü arasında,  $\Psi\pi_{100}$ ,  $\Psi\pi_{TLP}$ , Vo/DW ve RWC’de önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu farklılık  $\Psi\pi_{100}$  ve  $\Psi\pi_{TLP}$ ’de eylül ayında, Vo/DW’da temmuz ayında ve RWC’de ağustos ayında tespit edilmiştir. Buna göre Toros sediri Anadolu karaçamına göre daha düşük  $\Psi\pi_{100}$  ve  $\Psi\pi_{TLP}$ ’ne ve yüksek Vo/DW ve RWC’ne sahiptir.

Anadolu karaçamı türünde ölçüm dönemlerinin toplam çözünebilir şeker içeriği üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunurken (P<0.05), Toros sediri türünde önemsiz bulunmuştur (P>0.05; Şekil 3). Anadolu karaçamında haziran ayında yüksek olan toplam çözünebilir şeker içeriği, temmuz, ağustos ve eylül ayında düşük değerlerle sabit kalmıştır. Prolin içeriğinde ise, hem Anadolu karaçamında hem de Toros sedirinde ölçüm dönemlerinin etkisi bulunmamaktadır. Ağaç türleri karşılaştırıldığında, toplam çözünebilir şeker ve prolin içeriği bakımından istatistiksel anlamda 0.05 önem düzeyinde anlamlı farklılıklar tespit edilmemiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Toros sediri ve Anadolu karaçamı ağaçlandırma sahasında ölçüm dönemlerinin toplam çözünebilir şeker içeriği üzerindeki etkisi



Şekil 4. Toros sediri ve Anadolu karaçamı ağaçlandırma sahasında ölçüm dönemlerinin prolin içeriği üzerindeki etkisi

#### 4. Tartışma ve sonuç

Türkiye'nin özellikle kurak-yarıkurak iklim bölgelerinde yağış miktarında meydana gelen azalmalar ve yağış rejimindeki sapmalar bitkilerin büyümesi ve gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Yıllık toplam yağışı 670 mm olan çalışmada alanımızda yaz dönemi oldukça kurak olup, temmuz ve ağustos ayında düşen toplam yağış miktarı 11 mm'dir. Eylül ayında ise yağış miktarı 99 mm'ye kadar yükselmiştir. Toprak nem içeriğindeki değişim incelendiğinde, yağıştaki değişime benzer şekilde toprak neminin temmuz ve ağustos ayında oldukça düştüğü ve eylül ayında tekrar arttığı tespit edilmiştir. Toprak sıcaklığı ise, en yüksek temmuz ayında belirlenmiş olup, eylül ayına doğru giderek azalmıştır. Benzer bulgular Deligöz ve Cankara (2019) tarafından Anadolu karaçamı - kızılçam doğal karışık meşceresinde de tespit edilmiştir. David vd. (2007) yaptıkları çalışmalarında da yazın toprak nem içeriğinin azaldığını belirtmiştir.

Yaz boyunca artan kuraklık su stresiyle ilişkilidir ve kuraklığın uzun sürmesi durumunda kökteki su alımı toprağın daha alt katmanlarından sağlanmaktadır. Toprak nem içeriğinin değişmesi bitkinin su durumunu etkilemektedir (Otieno vd., 2006). Bitki su durumu veya su potansiyelidir (Nortes vd., 2005). Solma noktasındaki osmotik potansiyel, bitkinin su stresine karşı gösterdiği fizyolojik bir cevaptır (Bartlett vd., 2012). Çalışma alanında haziran ayından itibaren görülen toprak nemindeki düşüşler ve sıcaklıktaki yükselmeler, Anadolu karaçamı türünde solma noktasındaki osmotik potansiyel ve tam doymun haldeki osmotik potansiyelde bir farklılığa sebep olmazken, Toros sedirinde solma noktasındaki ve tam doymun haldeki osmotik potansiyelde istatistiksel anlamda önemli farklılığa neden olmuştur. Toros sediri'nin Anadolu karaçamına göre eylül ayında daha düşük solma noktasındaki osmotik potansiyel ve tam doymun haldeki osmotik potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir. Anadolu karaçamında solma noktasındaki osmotik potansiyel -2.55 MPa ile -2.71 MPa arasında değişirken, Toros sediri'nde -2.40 MPa ile -3.06 MPa arasında değişmiştir. İmal (2015) kurak dönem olarak Ağustos ayında Anadolu karaçamı fidanlarında yaptığı ölçümlerde solma noktasındaki osmotik potansiyeli -2.62 MPa ile -3.29 MPa arasında değiştiğini tespit etmiştir. Çalışmamızda Toros sedirinde en düşük solma noktasındaki osmotik potansiyel eylül ayında, tam doymun haldeki osmotik potansiyel ise, ağustos ve eylül ayında belirlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada solma noktasındaki ve tam doymun haldeki osmotik potansiyelin

ardıç (*Juniperus ashei*) türünde temmuz ayından ağustos ayına kadar azalır, eylül ayında arttığı, meşe (*Quercus fusiformis*) türünde ise temmuz ayından eylül ayına doğru giderek azaldığı tespit edilmiştir (Johnson vd., 2018). Yine Otieno vd. (2006), *Quercus suber*'de solma noktasındaki ve tam doygun haldeki osmotik potansiyelin haziran ayından temmuz ayına doğru azaldığını ve eylül ayına doğru tekrar arttığını belirtmiştir. Bitkilerde solma noktasındaki osmotik potansiyel yıl içinde mevsimlere bağlı olarak değişmektedir (Deligöz, 2011). Birçok çalışmada da  $\Psi_{\pi_{TLP}}$ 'nin mevsimsel değişim gösterdiği belirtilmiştir (Aranda vd., 1996; Serrano vd., 2005; Deligöz ve Cankara, 2019). Çalışmamızda ölçüm dönemlerinin kuru ağırlık oranı üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Genel olarak yapılan çalışmalarda kuru ağırlık oranının kışın arttığı belirtilmiştir (Dirik, 1999; Deligöz, 2011). Anadolu karaçamında birim kuru ağırlık başına düşen simplastik su oranı en yüksek değerini haziran ayında almıştır. Semerci (1994), birim kuru ağırlık başına düşen simplastik su oranının tomurcukların şişmeye başlamasıyla artışa geçtiğini belirtmiştir. Bazı Akdeniz çalı türlerinde, birim kuru ağırlık başına düşen simplastik su hacminin ilkbahar sonunda yüksek seviyelerde iken yaz süresince azaldığı tespit edilmiştir (Tognetti vd., 2000). Relatif su içeriği her iki türde de temmuz ve ağustos ayında düşük olup eylül ayında artmıştır. *Eucalyptus melliodora* türünde de kışın yüksek olan RWC, yazın azalmıştır (Merchant vd., 2010). Lansac vd. (1994), yaz ayında su potansiyelinin düşmesine rağmen RWC'nin sabit bir eğilim gösterdiğini belirtmiştir. Su ilişkileri parametreleri fenoloji, sıcaklık, gün uzunluğu ve su uygunluğuna bağlı olarak değişmektedir (Major ve Johnsen, 1999).

Ağaçlar kurak mevsimde solma noktasındaki osmotik potansiyelinin üzerinde yaprak su potansiyelini sürdürmesini sağlayan farklı fizyolojik ve morfolojik ayarlamalar yapabilmektedir (Bucci vd., 2008). Kurak dönem boyunca solma noktasındaki osmotik potansiyelini osmotik ayarlama ile düzenlemektedirler (Bartlett vd., 2014). Osmotik ayarlama, hücre başına çözünmüş madde miktarının artmasıdır (Türkan, 2008). Çözünmüş maddelerden biri olan çözünbilir şekerler, karbonhidratlar bitkinin su stresine cevabında önemli bir rol oynamaktadırlar (Dichio vd., 2003). Anadolu karaçamı'nda en yüksek toplam çözünbilir şeker içeriği haziran ayında olup, temmuz ve ağustos ayında azalmıştır. Landhäusser ve Lieffers (2003), dokuların çoğundaki nişasta ve şeker rezervinin yaz başında azaldığını belirlemiştir. Genellikle ağaçlarda karbonhidrat içeriğinin kışın ve ilkbaharın başında yüksek olduğu, ilkbaharın sonunda ve yaz başında azaldığı, yaz sonuna doğru tekrar artıp, kışın maksimum seviyelere ulaştığı belirtilmiştir (Kozłowski, 1992). Birçok çalışmada da çözünbilir şekerlerin mevsimsel değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Wong vd., 2003; Vaz vd., 2010; Zhu vd., 2012). Çalışmamızda türler arasında toplam çözünbilir şeker içeriği bakımından istatistiksel anlamda önemli bir fark tespit edilmemiştir. Diğer bir osmotik düzenleyici olan prolin (Türkan, 2008), bitkilerin kuraklık stresine verdiği en önemli tepkiler arasında yer almaktadır (Yavaş vd., 2016). Toros sediri ve Anadolu karaçamı ağaçlandırma sahasında ölçüm dönemlerinin prolin içeriği üzerinde etkisi olmamakla birlikte, türler arasında da anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Näsholm ve Ericsson (1990), sarıçam türünde prolin içeriğinin erken ilkbaharda yüksek olup, yazın, ilkbahar ve sonbaharda düşük çıktığını ifade etmiştir.

*Q. europaea* ve *P. lentiscus* türlerinde en yüksek prolin içeriği kışın, *Q. coccifera* türünde ise yazın ve kışın olarak belirlenmiştir (Rhizopoulou vd., 1991). Genel olarak kuraklık stresi altında çözünbilir şeker (Krasensky ve Jonak, 2012) ve prolin (Lansac vd., 1994) miktarı artmaktadır.

Sonuç olarak, çalışma alanımızda toprak nem içeriği ve sıcaklığı dönemsel bir değişim göstermiştir. Anadolu karaçamında ölçüm dönemlerinin solma noktasındaki ve tam doygun haldeki osmotik potansiyel üzerinde etkisi önemli bulunmazken, Toros sedirinde solma noktasındaki ve tam doygun haldeki osmotik potansiyel eylül ayına doğru azalmıştır. Fakat buna bağlı olarak toplam çözünbilir şeker ve prolin içeriğinde bir değişiklik belirlenmemiştir. Azalan solma noktasındaki osmotik potansiyel, osmotik bir ayarlamamanın göstergesi gibi düşünülsede, buna karşın biyokimyasal parametrelerde önemli farklılıklar tespit edilmemiştir. Yaz döneminde toplam çözünbilir şeker ve prolin miktarında artışın olmaması, muhtemelen ağaçların şeker ve prolin biriktirecek kadar stres yaşamamalarından kaynaklanmış olabilir. Kurak dönemde solma noktasındaki osmotik potansiyel ne kadar düşük olursa, ele alınan türün kuraklık etkilerine direncinin o ölçüde yüksek olması beklenir (Dirik, 2000). Çalışmamızda aynı çevre koşulları altında, eylül ayında Toros sedirinin Anadolu karaçamına göre osmotik potansiyelini daha çok düşürmesiyle kuraklığa karşı daha toleranslı olduğu söylenebilir. Bununla birlikte fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin, ağaç türüne, yaşına, meşere tipine ve farklı çevre koşullarına göre değişiklik göstereceği de unutulmamalıdır.

#### Kaynaklar

- Anjum, S. A., Xie, X. Wang, L., Saleem, M. F., Man, C., Lei, W., 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research, 6(9): 2026-2032.
- Aranda, I., Gil, L., Pardos, J., 1996. Seasonal water relations of three broadleaved species (*Fagus sylvatica* L., *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. and *Quercus pyrenaica* Willd.) in a mixed stand in the centre of the Iberian Peninsula. Forest Ecology and Management, 84: 219-229.
- Bartlett, M.K., Scoffoni, C., Sack, L., 2012. The Determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: A global meta-analysis. Ecology Letters, 15: 393-405.
- Bartlett, M.K., Zhang, Y., Kreidler, N., Sun, S., Ardy, R., Cao, K., Sack, L., 2014. Global analysis of plasticity in turgor loss point, a key drought tolerance trait. Ecology Letters, doi: 10.1111/ele.12374.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil, 39: 205-207.
- Bucci, S.J., Scholz, F.G., Goldstein, G., Meinzer, F.C., Franco, A.C., Zhang, Y., Hao, G., 2008. Water relations and hydraulic architecture in cerrado trees: adjustments to seasonal changes in water availability and evaporative demand. Brazilian Journal of Plant Physiology, 20(3):233-245.
- Buras, A., Schunk, C., Zeiträg, C., Herrmann, C., Kaiser, L., Lemme, H., Straub, C., Taeger, S., Gößwein, S., Klemmt, H.J., Menzel, A., 2018. Are Scots pine forest edges particularly prone to drought-induced mortality?. Environmental Research Letters. 13: 1-11.
- Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

- Çalıkoğlu, M., 2002. Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) orijinlerinin kuraklığa karşı reaksiyonlarının ekofizyolojik analizi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çırak, C., Esendal, E., 2006. Soyada kuraklık stresi. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2): 231-237.
- DaCosta, M., Huang, B., 2006. Osmotic adjustment associated with variation in bentgrass tolerance to drought stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 131(3): 338-344.
- David, T.S., Henriques, M.O., Kurz-Besson, C., Nunes, J., Valente, F., Vaz, M., Pereira, J.S., Siegwolf, R., Chaves, M.M., Gazarini, L.C., David, J.S., 2007. Water-use strategies in two co-occurring Mediterranean evergreen oaks: surviving the summer drought. Tree Physiology, 27: 793-803.
- Deligöz, A., 2011. Seasonal changes in the physiological characteristics of Anatolian black pine and the effect on seedling quality. Turk. J. Agric. For., 35: 23-30.
- Deligöz, A., Bayar E., 2017. Kuraklık stresli *Quercus cerris* fidanlarının fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerindeki değişimler. Turkish Journal of Forestry, 18(4):269-274.
- Deligöz, A., Cankara, F.G., 2019. Differences in physiological and biochemical responses to summer drought of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and *Pinus brutia* in a natural mixed stand. J. For. Res. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-00876-8>.
- Dichio, B., Xiloyannis, C., Angelopoulos, K., Nuzzo, V., Sabino, A., Celano, B., Celano, G., 2003. Drought-induced variations of water relations parameters in *Olea europaea*. Plant and Soil, 257: 381-389.
- Dirik, H., 1999. Dikim mevsiminde Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) fidanlarındaki fizyolojik değişimler ve bunun dikim başarısı üzerindeki etkileri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 49(2):59-74.
- Dirik, H., 2000. Farklı biyoiklim kuşaklarını temsil eden kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orijinlerinin kurak dönemdeki su potansiyellerinin basınç-hacim (pv) eğrisi ile analizi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 50(2): 93-103.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., Smith, F., 1956. Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. Annals of Chemistry, 28(3): 350-356.
- Eilmann, B., Zweifel, R., Buchmann, N., Fonti, P., Rigling, A., 2009. Drought-induced adaptation of the xylem in Scots pine and pubescent oak. Tree Physiology, 29: 1011-1020.
- Ertekin, M. Özel, H.B., 2010. Çorum yöresi erozyonla mücadele kapsamında yapılan karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırmaları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 12(18): 77-85.
- Huang, X.M., Huang, H.B., Gao, F.F., 2000. The growth potential generated in citrus fruit under water stress and its relevant mechanisms. Scientia Horticulturae, 83: 227-240.
- İmal, B., 2015. Bazı Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* [Lamb.] Holmboe) orijinlerinin dona ve kuraklığa karşı dayanıklılıklarının ekofizyolojik olarak belirlenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Johnson, D.M., Berry, Z.C., Baker, K.V., Smith, D.D., McCulloh, K.A., Domec, J.C., 2018. Leaf hydraulic parameters are more plastic in species that experience a wider range of leaf water potentials. Functional Ecology, 1-10.
- Kaçar, B., Katkat, V., Öztürk, S., vd., 2013. Bitki Fizyolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Kozłowski, T.T., 1992. Carbohydrate sources and sinks in woody plants. The Botanical Review, 58(2): 107-222.
- Krasensky, J., Jonak, C., 2012. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. Journal of Experimental Botany, 63(4): 1593-1608.
- Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P., 1988. Seasonal variation in the nitrogen metabolism of young Scots pine. Silva Fennica, 22(3): 233-240.
- Landhäuser, S.M., Lieffers, V.J., 2003. Seasonal changes in carbohydrate reserves in mature northern *Populus tremuloides* clones. Trees, 17: 471-476.
- Lansac, A. R., Zaballos, J. P., Martin, A., 1994. Seasonal water potential changes and proline accumulation in mediterranean shrubland species. Vegetatio, 113: 141-154.
- Major, J. E., Johnsen, K. H., 1999. Shoot water relations of mature black spruce families displaying a genotype x environment interaction in growth rate. II. temporal trends and response to varying soil water conditions. Tree Physiology, 19: 375-382.
- Marcińska, I., Czyczyło-Mysza, I., Skrzypek, E., Filek, M., Grzesiak, S., Grzesiak, M. T., Janowiak, F., Hura, T., Dziurka, M., Dziurka, K., Nowakowska, A., Quarrie, S. A., 2013. Impact of Osmotic Stress on Physiological and Biochemical Characteristics in Drought-Susceptible and Drought-Resistant Wheat Genotypes. Acta Physiologiae Plantarum, 35: 451-461.
- Merchant, A., Arndt, S.K., Rowell, D.M., Posch, S., Callister, A., Tausz, M., Adams, M.A., 2010. Seasonal changes in carbohydrates, cyclitols, and water relations of 3 field grown *Eucalyptus* species from contrasting taxonomy on a common site. Ann. For. Sci., 67 (104): 1-7.
- Misson, L., Limousin, J.M., Rodriguez, R., Letts, M.G., 2010. Leaf physiological responses to extreme droughts in Mediterranean *Quercus ilex* forest. Plant, Cell & Environment, 33: 1898-1910.
- Morin, X., Fahse, L., Jactel, H., Scherer-Lorenzon, M., Garcia-Valdés, Bugmann, H., 2018. Long-term response of forest productivity to climate change is mostly driven by change in tree species composition. Scientific Reports, 8: 5627, DOI:10.1038/s41598-018-23763-y.
- Mundree, S.G., Baker, B., Mowla, S., Peters, S., Marais, S., Willigen, C.V., Govender, K., Maredza, A., Muyanga, S., Farrant, J.M., Thomson, J.A., 2002. Physiological and molecular insights into drought tolerance. African Journal of Biotechnology, 1(2):28-38.
- Näsholm, T., Ericsson, A., 1990. Seasonal changes in amino acids, protein and total nitrogen in needles of fertilized Scots pine trees. Tree Physiology, 6: 267-281.
- Newton, R.J.F., Funkhouser, E.A., Fonkg F., and Tauer, C.G., 1991. Molecular and physiological genetics of drought tolerance in forest species. Forest Ecology and Management, 43:225-250.
- Nortes, P.A., Pérez-Pastor, A., Egea, G., Conejero, W., Domingo, R., 2005. Comparison of changes in stem diameter and water potential values for detecting water stress in young almond trees. Agricultural Water Management, 77: 296-307.
- Otieno, D.O., Kurz-Besson, C., Liu, J., Schmidt, M. W.T., Vale-Lobo do, R., David, T.S., Siegwolf, R., Pereira, J.S., Tenhunen, J.D., 2006. Seasonal variations in soil and plant water status in a *Quercus suber* L. stand: roots as determinants of tree productivity and survival in Mediterranean-type ecosystem. Plant and Soil, 283: 119-135.
- Rhizopoulou, S., Meletiöu-Christou, M.S., Diamantoglou, S., 1991. Water relations for sun and shade leaves of four Mediterranean evergreen sclerophylls. Journal of Experimental Botany, 42(238): 627-635.
- Sankar, B., Jaleel, C.A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2007. Drought-induced biochemical modifications and proline metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. Acta Bot. Croat., 66(1): 43-56.
- Semerci, A., 1994. Doğu ladini (*Picea orientalis* L. Link.) fidanlarında su potansiyeli bileşenlerinde oluşan dönemsel değişimler. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Semerci, A., 2002. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarına ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Karakteristikler ile İç Anadolu'daki Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler. İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten, No:279, Ankara.

- Serrano, L., Peñuelas, J., Ogaya, R., Savé, R., 2005. Tissue-water relations of two co-occurring evergreen mediterranean species in response to seasonal and experimental drought conditions. *Journal of Plant Research*, 118: 263–269.
- Tognetti, R., Raschi, A., Jones, M. B., 2000. Seasonal patterns of tissue water relations in three mediterranean shrubs co-occurring at a natural CO<sub>2</sub> spring. *Plant, Cell and Environment*, 23: 1341–1351.
- TTKMS, 2013. Türkiye tarımsal kuraklıkla mücadele stratejisi ve eylem planı (2013-2017). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara. [https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/Duyurular/2013\\_2017\\_Kuraklik\\_Eylem\\_Plani.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/Duyurular/2013_2017_Kuraklik_Eylem_Plani.pdf), Erişim:25.06.2019.
- Turan, E.S., 2018. Türkiye'nin iklim değişikliğine bağlı kuraklık durumu. Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4(1): 63-69.
- Tüfekçioğlu, A., Tüfekçioğlu, M., 2018. Kuraklık ve orman ekosistem dinamikler etkileşimi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 19(1):103-108.
- Türkan, İ., 2008. Bitki Fizyolojisi (Ed. Taiz, L., Zeiger, E.). Palme Yayıncılık, Ankara.
- Ürgeç, S., 1986. Ağaçlandırma Tekniği. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, Yayın No: 3314/375, İstanbul.
- Vaz, M., Pereira, J. S., Gazarini, L. C., David, T. S., Rodrigues, A., Maroco, J., Chaves, M. M., 2010. Drought-induced photosynthetic inhibition and autumn recovery in two mediterranean oak species (*Quercus ilex* and *Quercus suber*). *Tree Physiology*, 30: 946-956.
- Wong, B. L., Baggett, K. L., Rye, A. H., 2003. Sseasonal patterns of reserve and soluble carbohydrates in mature sugar maple (*Acer saccharum*). *Canadian Journal of Botany*, 81: 780-788.
- Yavaş, İ., Akgül, H.N., Ünal, A., 2016. Bitkilerin kuraklığa dayanıklılığını arttırmaya yönelik uygulamalar. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1): 48-57.
- Zhu, W-Z., Cao, M., Wang, S-G., Xiao, W-F., Li, M-H., 2012. Seasonal dynamics of mobile carbon supply in *Quercus aquifolioides* at the upper elevational limit. *Plos One*, 7(3): e34213.