ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: http://www.researchgate.net/publication/269700691

Ecophysiological Parameters of C3and C4 plants...

CONFERENCE PAPER · MAY 2010

CITATION
1

DOWNLOADS
166

VIEWS
284

3 AUTHORS, INCLUDING:



Ferit Kocacinar
Kahramanmaras Sutcu Imam University
21 PUBLICATIONS **268** CITATIONS
SEE PROFILE



Ugur Kezik
Karadeniz Technical University
14 PUBLICATIONS **1** CITATION
SEE PROFILE

Available from: Ugur Kezik
Retrieved on: 27 July 2015

III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi
20-22 Mayıs 2010
Cilt: III Sayfa: 1144-1156

KURAK VE ÇORAK ALANLARIN REHABİLİTASYONUNDA KULLANILABİLECEK C_3 VE C_4 BİTKİLERİNDE EKOFİZYOLOJİK PARAMETRELER

Ferit KOCAÇINAR[1], Ahu Alev ABACI[2], Uğur KEZİK[3]

[1]KSÜ Orman Fakültesi, Orman Müh. Böl, 46100 K.Maraş, ferit@ksu.edu.tr
[2]KSÜ Orman Fakültesi, 46100 K.Maraş ahuabaci@ksu.edu.tr
[3]KSÜ Orman Fakültesi, 46100 K.Maraş ugurkezik@my.ksu.edu.tr

ÖZET

Türkiye'nin çeşitli coğrafik ve jeomorfolojik yapılara sahip olması değişik iklim ve toprak tiplerinin ve bunların etkileşimiyle değişik habitatların oluşmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda, verimli vejetasyon alanları bulunmasının yanı sıra, Orta Anadolu bölgesi gibi bitki örtüsü çeşit ve verimlilik bakımından son derece fakir olan yarı kurak, kurak, tuzcul ve çöl alanlarının varlığı da bilinmektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın ana amacı bu gibi çorak ve kurak alanların rehabilitasyonunda kullanılma potansiyeli olan C_3 *Tamarix parviflora* ile C_4 *Haloxylon persicum* türlerinin ekofizyolojik özelliklerini normal ve stres koşukları altında incelemek ve karşılaştırmak olmuştur. Sera koşullarında, bitkilerin bir kısmına sulama durdurulmak suretiyle su stresi ve bir kısmına artan şiddette tuz stresi uygulanmış ve bunlar normal sulama gören bitkilerle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, C_3 *T. parviflora*'nın C_4 *H. persicum*'a göre biraz daha fazla tuzluluğa dayanıklı olduğu, bunun yanında *H. persicum*'un daha fazla kuraklığa dayanıklı olduğu bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Orta Anadolu, kurak ve çorak alanlar, *Tamarix parviflora*, *Haloxylon persicum*, C_3 ve C_4 ekofizyolojisi.

ABSTRACT

Owing to various geographies and geomorphologies, Turkey has many different climates and soil types and their interactions result in distinct habitats. As a result, besides having areas with lush vegetation, there are also semi arid, arid, saline and deserted barren areas with less diverse and unproductive vegetation as it is the case in Central Anatolia. Therefore, the main aim of this study was to investigate and compare ecophysiological properties of C_3 *Tamarix parviflora* and C_4 *Haloxylon persicum*, the two species with a potential use to rehabilitate these arid and barren areas, under control and stressful conditions. Water stress was applied by withholding water on one set of plants growing in a greenhouse and salt stress was applied with increasing salt concentrations on other set of plants where all compared with well-watered control plants. From this study, it is concluded that the C_3 *T. parviflora* is more salt tolerant than the C_4 *H. persicum* where this species showed more water stress tolerance than the C_3 counterpart *T. parviflora*.

Key words: Central Anatolia, arid and barren areas, *Tamarix parviflora*, *Haloxylon persicum*, C_3 and C_4 ecophysiology.

GİRİŞ

Türkiye'nin çeşitli coğrafik ve jeomorfolojik yapılara sahip olması değişik iklim tiplerinin oluşmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunca, verimli vejetasyon alanlarının bulunmasının yanı sıra, bitki örtüsü çeşit ve verimlilik bakımından son derece fakir olan yarı kurak, kurak ve çöl alanların da varlığı bilinmektedir (Dirik, 1994). Zaten dünya topraklarının 1/3'üçünün verimsiz yarı kurak, kurak ve çöl alanı olduğu belirtilmektedir (UNCCD, 2010). Türkiye için yağış haritasına dayanıldığında her ne kadar 20 bin ha. alan

kurak ve 31 milyon ha. alan yarı kurak olarak belirtilmekte ise de (Ürgenç, 1998), son zamanlarda yaşanan iklim değişikliği, küresel ısınma ve bunlarla birlikte antropojenik etkilerle doğal vejetasyonların tahribatı sonucu aslında bu alanların çok daha geniş olduğu tahmin edilmekte ve ayrıca bundan daha vahim olan, bu söz konusu alanların her geçen gün artıyor olmasıdır. Erinç kuraklık indisi değerlerine göre ise, Türkiye genel alanının % 75'i kurak ve yarı kurak alan olarak belirtilirken, yılın 5 ile 8 ayını, özellikle vejetasyon döneminde, kurak ve yarı kurak iklim koşullarında geçirdiği saptanmaktadır (Çalıkoğlu ve Tilki, 2004). Bu dönem aralığı, orman ağaçlarının ve diğer bir çok odunsu ve otsu vejetasyonun aktif olduğu ve büyüme dönemi olan Nisan ile Ekim aylarına denk gelmektedir (Taşdemir, 2002; Çalıkoğlu ve Tilki, 2004). Türkiye alanının büyük bir kısmına bu dönem aralığında çok az yağış düşmekte, bu yağış azlığına aşırı yüksek sıcaklıklar da eklenince, potansiyel evapotranspirasyon düşen yağışın çok üstünde gerçekleşerek toprak suyunun hızla tükenmesine ve özellikle Temmuz-Ağustos-Eylül aylarında aşırı kuraklık durumlarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu durumdaki alanlarda bulunan bitkilerde aşırı miktarda su kaybı meydana gelmekte ve bitkiler su stresine girmektedirler. Tuzlu ve çoraklaşmış alanlarda kuraklık üstüne tuzluluk da eklenince stres koşulları daha da çok artmaktadır. Stres koşulları bitkilerin hem büyüyüp gelişmesini hem de verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte, yayılışlarını sınırlamakta hatta orman ölümlere neden olmaktadır (Kozlowski ve Pallardy, 1997; Kocacinar ve Sage, 2004; McDowell vd., 2008; Allen vd., 2009). Ayrıca, aşırı stres koşulları yapılacak ağaçlandırmalardaki tür seçimini sınırlamakta ve dikilen fidanların tutma başarısını da oldukça düşürmektedir.

Kara bitkilerinin kök ve gövdelerinin maruz kaldığı maksimum ksilem su gerilimi veya negatif basınç potansiyeli bitkilerin yaşamlarını ve yayılışlarını kontrol eden en önemli faktörlerden bir tanesidir. Dolayısıyla bitki türlerinin su içeriği ve dayanabilecekleri minimum su potansiyeli veya maksimum ksilem su gerilimi, içinde bulundukları ekolojik koşullar ile türlere özgü fizyolojik ve anatomik karakteristikler tarafından belirlenmektedir (Dirik, 1994). Bazı bitki türleri çeşitli ekofizyolojik adaptasyonlar geçirerek kurak, yarı kurak ve çoraklaşmış tuzcul alanlarda seyrek yayılış ve yavaş bir büyüme hızı ile de olsa gelişebilme yeteneğine sahip olmuşlardır. Bu ekofizyolojik adaptasyonlardan en önemlileri ve başta gelenleri, örneğin, yüksek kök/gövde oranının geliştirilmesi, küçük, kalın veya indirgenmiş yaprak oluşumu, yapraklardaki kütikula tabakasının kalınlaşması, yapraklara aşırı radyasyon yüklenmesi ve onların aşırı ısınmasını engellemek için yaprak yüzeylerinde tüylenmenin olması, yapraklarda tuz keseciklerinin bulunması, yaprak oryantasyonu ve aşırı su kaybını önlemek için daha etkin bir stomatik kontrol ve dokularda su depolanması ile C_4 fotosentez izyolunun evrimi önemli ekofizyolojik adaptasyonlardır.

Karbondioksitin Rubisko enziminin bulunduğu iç kompartımanlara pompalanması ve Rubisko'nun CO_2 ile doyurulması olan C_4 fotosentez kimyasal izyolunun evrimi her bir birim fotosentez karbon kazanımı için harcanan suyun azalmasına neden olan nadide bir çözüm olmuştur. Bu mekanizma, yapraktaki anatomik yapıdaki değişiklerle beraber, benzer C_3 fotosentez izyolunu kullanan bitkilere nazaran, C_4 bitkilerinin aynı fotosentez hızı için gözeneklerinin daha az açılmasına ve transpirasyon hızının azalmasına neden olmaktadır (Evans ve Loreto, 2000; Sage, 2004).

C_4 bitkileri yukarıda açıklanan mekanizmaya sahip oldukları için özellikle benzer yapı ve formdaki C_3 bitki türleriyle karşılaştırıldıklarında daha az stoma açıklığı ve daha iyi bir stomatik kontrole sahip olduklarından, aynı koşullar altında daha az stoma iletkenliği göstermekte ve transpirasyonla daha az su kaybetmektedirler (Osmond vd., 1980; Pearcy ve Ehleringer, 1984; Long, 1999). Dolayısıyla, C_4 bitkileri benzer yapı ve formdaki C_3 bitkilerine nazaran 2 ila 4 kat daha fazla su kullanma verimlisi (SKV), ('Water Use

Efficient'), bitkilerdir (Black, 1973; Ludlow, 1976; Osmond vd., 1982; Larcher, 1995; Sage ve Pearcy, 2000; Kocacinar vd., 2008). Bu özelliklerden dolayı yüksek sıcaklıkta, yağışın az olduğu ve su noksanlığının fazla olduğu kurak, yarı kurak ve tuzcul alanlara, su kullanma verimlilikleri yüksek olduğu için, bazı odunsu C_4 türleri girebilmekte ve C_3 türleri ile rekabet edebilmektedir. Ayrıca C_4 bitkileri su stresi koşullarında daha dayanıklı ve güvenli ksilem yapısına sahiptirler (Kocacinar ve Sage, 2003; Kocacinar ve Sage, 2004).

Odunsu C_4 bitkileri hızlı büyüyen kumul stabilize eden ve Orta Asya'nın ve Orta Doğu'nun çöllerinde yakacak odun kaynağı olarak kullanılan ve ekonomik değerleri yüksek olan türlerdir (Winter, 1981; Brown, 1999). C_4 *Haloxylon* ve *Calligonum* türleri, örneğin, sekonder büyüme kapasitesine sahip ve ileriki yaşlarda arboresent hayat formuna ulaşma yetenekleri gösterirler (Winter, 1981; Walter ve Box, 1983). Ülkemizde doğal olarak yayılış gösteren C_4 *Calligonum polygonoides* Kars ve Ağrı bölgesinde bulunan tuzcul steplerde yayılış gösteren ve 1.5 m boya ulaşabilen odunsu bir türümüzdür (Çolak ve Sorger, 2004).

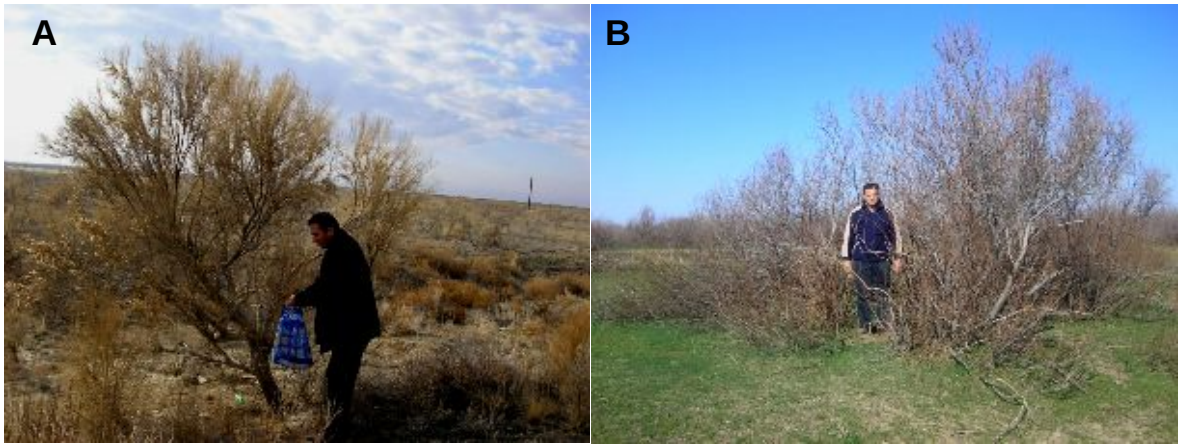
Bazı türler, örneğin *Haloxylon aphyllum* (Chenopodiaceae), Orta Asya'nın sıcak kumlu çöllerinde 10 m boy ile 1 m çapa kadar büyüyebilmektedir (Winter, 1981). *Haloxylon* türleri Orta Asya'nın kurak zonlarında bazı tuzlu ve sıcak çöl alanlarında hektar başına 40-50 ton odun üreten, bazen çok sıkı, içine girilemez milyonlarca hektar alanı kaplayan ormanlar oluşturur (Winter, 1981; Walter ve Box, 1983; Pyankov vd., 1999). Ayrıca, bazı *Calligonum* ve *Haloxylon* türlerinin 5-6 yıl içinde 4 m boya ve 15 cm gövde çapına ulaştığı bildirilmiştir (Winter, 1981). *Haloxylon aphyllum* ve *Haloxylon persicum* fidelerinin ilk yılda 2 m ve ileriki yaşlarda 8-10 m derinliğe varan kazık kökler oluşturduğu bildirilmiştir (Walter ve Box, 1983). Bunun yanında, C_4 bitkileri C_3 türlerine nazaran daha yüksek azot kullanma verimlisi (Nitrogen Use Efficient) oldukları ve bu nedenle fakir topraklarda üstünlük sağladıkları yapılan araştırmalarla bildirilmiştir (Sage ve Pearcy, 1987). Bu özellikler bu türleri böyle stresli ortamlarda yani sıcaklık, su ve tuz stresinin yüksek olduğu fakir topraklı alanlarda stresin üstesinden gelen, başarılı kılan ve büyüyüp gelişmelerine katkıda bulunan sahip oldukları önemli özelliklerdendir. Orta Asya'nın bir çok bölümünde hızlı büyüyen, kumulları çok iyi durdurabilen ve yakacak odun ve hayvan yemi olarak kullanımlarının yanında, herhangi bir vejetasyonun kolay yetişemediği, Orta Anadolu stepleri ve kurak bölgeleri gibi, tuzlu, sıcak ve degrade olmuş çevrelerde, yüksek biyomas üretme potansiyeline ve kuraklığa dayanıklı olmaları bu türleri yeni odun ve lif hammaddesi ve yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynağı ile hayvan yemi bitkisi ve en önemlisi rüzgar erozyonunu durduran önemli türler yapmaktadır.

Bu nedenle bu çalışmanın ana amacı kuraklığa ve tuzluluğa dayanıklı odunsu C_4 *Haloxylon persicum* ile yerel C_3 *Tamarix parviflora*'nın normal sulama koşulları, su stresi ve tuz stresi koşulları altında ekofizyolojik bazı özelliklerini araştırıp bu özellikleri yönüyle de bu türleri karşılaştırmak olmuştur. Bu çalışma bu türlerin hangi ölçüde stres koşullarına dayanabileceklerini saptanacak ve yapılacak rehabilitasyon çalışmalarına ışık tutacaktır.

MATERYAL VE METOT

Bitki Materyali ve Büyüme Koşulları

Bu çalışmada kullanılan C_4 *H. persicum* bitkilerinin tohumları Kazakistan ve Türkmenistan'ın kurak ve çöl bölgelerinden toplanarak (Şekil 1A), C_3 *T. parviflora* bitkilerinin tohumları ise Orta Anadolu'nun Tuz Gölü civarından alınan çeliklerin (Şekil 1B) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi serasında yetiştirilmesi ile elde edilmişlerdir. Bitkilerin işlevsel gurubu, fotosentez tipi, familyası, habitatı ve yayılış alanları Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. A: Kazakistan'da doğal yayılış gösteren *H. persicum* ve B: Tuz Gölü civarında doğal olarak bulunan *T. parviflora* bitkileri.

Çizelge 1. *Haloxylon persicum* ve *Tamarix parviflora* türlerinin fotosentez tipi, habitatı ve yayılış alanları.

Türler	Fotosentez Tipi	Familya	Habitat	Yayılış Alanları
Haloxylon persicum	C_4	Chenopodiaceae	Yarı kurak, kurak kumul ve tuzcul alanlar/stepler	Orta Doğu, Orta Asya ve Çin'in kurak alanları ve çöllerinde
Tamarix parviflora	C_3	Tamaricaceae	Kurak, çorak ve tuzlu alanlar	Orta Doğu, Orta Asya, Orta Anadolu, Akdeniz ülkeleri

H. persicum doğal yayılış bölgelerinde *T. parviflora* ve *Tamarix*' in diğer türleri ile benzer alanlarda ve habitatlarda yan yana yetişmektedir. Her iki tür benzer morfolojik ve fizyolojik adaptasyonlar geçirmişlerdir. Her ikisi de odunsu boylu çalı formunda olup indirgenmiş yaprak yapısına, yani fotosentez yapan üst sürgünlere sahiptirler. *H. persicum* ve *T. parviflora* fidanları serada eşit yetişme koşulları altında yetiştirilmişlerdir. Fideler kış dönemini serada geçirdikten sonra 20 Mart 2009 tarihinde 6lt'lik saksılara şaşırtılmışlardır. Saksılarda kullanılan toprak %25 kırmızı tarla toprağı (bunun da yaklaşık %50 balçık, %25 kil ve %25 kum), organik madde için %25 torf, %25 kum ve %25 perlitin iyice harmanlanıp karıştırılması ile elde edilmiştir. Deneme süresi boyunca serada günlük ortalama maksimum sıcaklık 38 ^{o}C ve minimum ortalama sıcaklık 24 ^{o}C olmuştur. Bitkiler yaklaşık olarak 40-60 cm boya ve 4-6 mm gövde çapına ulaştıktan sonra 10 Haziran 2009 tarihinden itibaren 25 gün kademeli olarak artan oranda devam eden su ve tuz stresi uygulamaları yapılmıştır. Bu süre zarfında bazı bitkiler periyodik normal su ile sulanarak kontrol bitkileri olarak ayrılmışlardır.

Fidanlara Uygulanan Su ve Tuz Stresi

Deneme için her iki türden yetiştirilen populasyondan benzer boy ve çapta toplam 36 adet bitki seçilmiştir. Farklı muameleler uygulanana kadar bitkiler kuruma ve hava

durumuna bağlı olarak yaklaşık iki veya üç günde bir sulanmışlardır. Ayrıca düzenli olarak haftada bir kez olmak üzere 1X normal Hoagland çözeltisi ile gübrelenmişlerdir. Toplam 36 adet bitkiden 18 adetini *H. persicum* ve 18 adetini *T. parviflora* türü oluşturmuştur. Her bir tür için 18 bitki üç gruba ayrılmış ve 6 adet bitkide kontrol, 6 adet bitkide su stresi ve kalan 6 adet bitkide tuz stresi uygulaması yapılmıştır. Su stresi muamelesi ilk önce her saksı başına 400 ml sulama suyu verilerek başlatılmış ve saksılardaki toprak kuraklığı durumuna göre iki veya üç günde bir sulama suyu kademeli olarak 100 ml azaltılarak 300 ml daha sonra 200 ml, 100 ml su verilmiş olup ve son 1 hafta boyunca hiç su verilmemiştir. Tuz stresi muamelesine ise 100 mmol NaCl çözeltisi ile başlanmış olup her sulamada oran kademeli bir olarak 50 mmol artacak şekilde 150 mmol, 200 mmol ve bitkilere daha sonraki 1 hafta boyunca 3 defa 250 mmol NaCl çözeltisi verilerek uygulanmıştır. Kontrol muamelesindeki bitkilere ise tüm deneme süresi boyunca 500 ml sulama suyu verilmiştir.

Yapılan Ölçüm ve Analizler

Her bir bitki türü için hem kontrol hem de stres uygulaması başlangıcında ve sonucunda bitkilerde boy, çap ve basınç çemberi kullanılarak (PMS Instruments Company, Oregon, USA) sabah ve gün ortası su potansiyelleri ve toplam klorofil miktarı (klorofil a+b), (Lichtenthaler, 1987)'ye göre ölçülmüştür. Ayrıca stres sonrasında hem kontrol hem de muamele görmüş olan bitkilerde gaz değişim parametreleri yani net asimilasyon (net fotosentez) ve transpirasyon hızları taşınabilir gaz-değişim cihazı (Walz Marka, GFS-3000, Fotosentez ve Floresans Ölçer, Effeltrich, Almanya) ile ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerle ilgili bütün detaylar ve protokoller (Abacı, 2009) da bulunabilir.

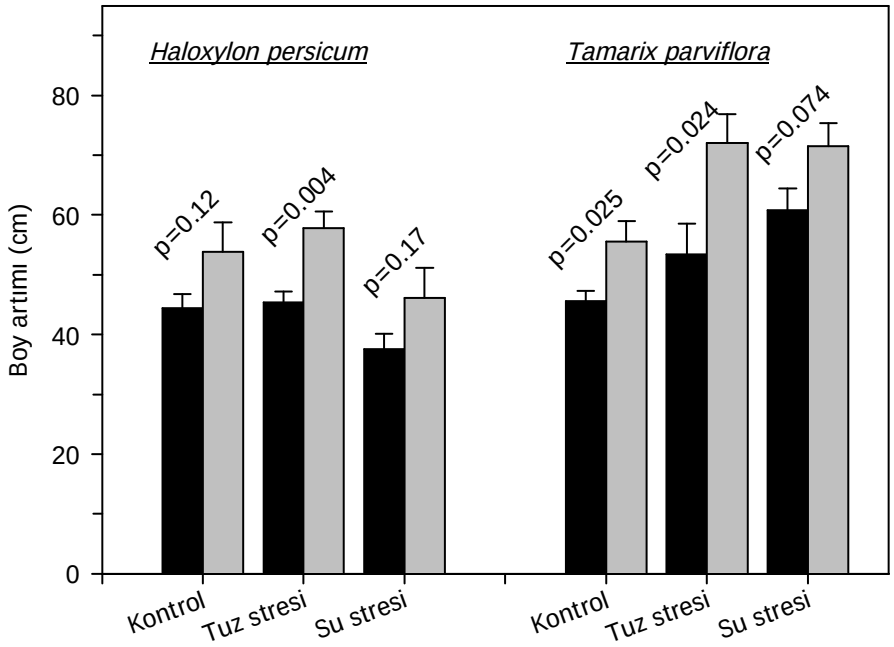
İstatistik Analizler

Bu çalışmanın sonucunda elde edilen sonuçlar tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabii tutulmuş ve muameleler arasındaki farkların karşılaştırılması Holm-Sidak karşılaştırma testi (α=0.05) kullanılarak Sigma-Stat (SPSS, Chicago, USA) paket programı yardımıyla yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Boy Artımı

C_4 *Haloxylon persicum* ve C_3 *Tamarix parviflora* türlerinde uygulama öncesi ve uygulama sonrasında kontrol, tuz stresi ve su stresi muamelelerinin boy artımı üzerindeki etkisi Şekil 2'de verilmiştir. Her iki türde her muamele sonucunda bir boy artımı olmuş, fakat bunlardan bazıları istatistik önem derecelerinde ($p<0.05$), bazıları ise istatistik önemin üstünde ($p>0.05$) sonuçlar vermiştir. Örneğin, C_4 *Haloxylon persicum* türünde kontrol altında tutulan fidanlarda yani düzenli olarak sulanan fidanlardaki boy artımı önemli olmazken tuz stresine tabi tutulan fidanlarda önemli derecede bir boy artışı görülmüştür ($p=0.004$). Aynı türde su stresi altındaki bitkilerde boy artışı önemli derecede olmamıştır ($p=0.17$) (Şekil 2). Her iki türde de en az boy büyümesi su stresi koşulları altında gerçekleşmiştir. C_3 bitkisi olan *Tamarix parviflora*'da en fazla boy büyümesi *Haloxylon persicum*'da olduğu gibi tuz stresi koşulları altında gerçekleşmiştir ($p=0.024$). *Tamarix parviflora* kontrol bitkilerindeki boy uzaması önemli bir şekilde gerçekleşmiştir ($p=0.025$). Genel olarak bütün koşullarda bitkilerin boyu C_4 *H. persicum*'a nazaran C_3 *T. parviflora* türünde daha fazla büyümüştür (Şekil 2).



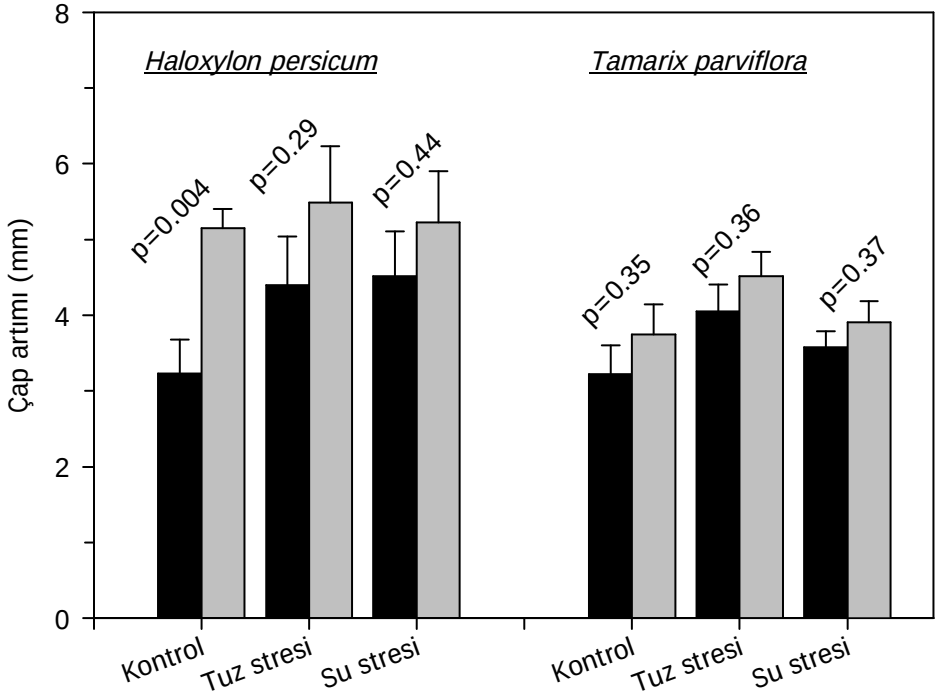
Şekil 2. C_4 *H. persicum* ve C_3 *T. parviflora* türlerinde kontrol, tuz stresi ve su stresi muamelelerinin boy artımına olan etkileri. Siyah barlar muamele başlangıcındaki, gri barlar ise stres sonrası her bir tür için 6 bitkinin (n=6) ortalama değerleridir (± Standart Hata, SH). Barlar üzerindeki p değerleri istatistik önem derecelerini (α=0.05) belirtmektedir.

Çap Artımı

H. persicum ve *T. parviflora* türlerinde uygulama öncesi ve uygulama sonrası kontrol, tuz stresi ve su stresi muamelelerinin çap artımı üzerindeki etkisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Çap büyümesindeki en fazla artış C_4 *H. persicum* türünün kontrol muamelesinde gerçekleşmiştir (p=0.004). Çap artımı açısından, her iki türün bütün muamelelerine bakıldığında C_4 *H. persicum* türündeki bitkilerde çap artımı C_3 *T. parviflora* türündeki bitkilere nazaran daha fazla olmuştur. Boy artımının aksine, her ne kadar biraz çap artımı gerçekleşse de, her iki tür için tuz ve su stresleri muameleleri sonucundaki çap artımı önemli düzeyde olmamıştır (Şekil 3).

Su Potansiyeli

C_4 *H. persicum* ve C_3 *T. parviflora* türlerinde kontrol, tuz stresi ve su stresi uygulamalarının sabah ve gün ortası su potansiyeli üzerindeki etkisi Çizelge 2'de gösterilmiştir. Sabah su potansiyeli *H. persicum* bitkilerinde -1.83 MPa iken *T. parviflora* bitkilerinde -1.60 MPa olarak belirlenmiş ve aralarındaki fark önemli derecede olmamıştır (p=0.289). Bunun yanında tuz stresi uygulamasından sonra sabah su potansiyeli *T. parviflora* türünde oldukça yüksek çıkarken (-1.03 MPa) *H. persicum* türünde daha düşük çıkmış (-2.13 MPa) ve aralarındaki fark önemli düzeyde gerçekleşmiştir. Su stresi muamelesi sabah su potansiyeli yönünden iki tür arasında önemli bir fark oluşturmamıştır (Çizelge 2).



Şekil 3. *H. persicum* ve *T. parviflora* türleri üzerinde kontrol, tuz stresi ve su stresi muamelelerinin çap artımına olan etkileri. Siyah barlar muamele öncesi, gri barlar muamele sonrası her bir tür için 6 bitkinin (n=6) ortalama değerleridir (±SH). Barlar üzerindeki p değerleri istatistik önem derecelerini (α=0.05) belirtmektedir.

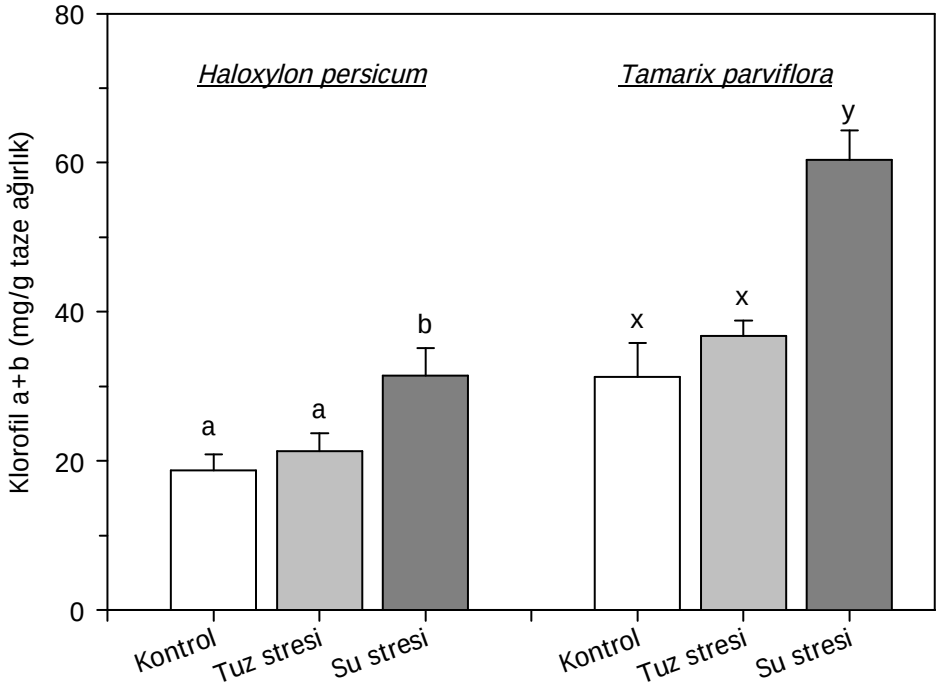
Gün ortası su potansiyelinde kontrol uygulaması altında iki tür arasında fark olmazken hem tuz hem de su stresi koşullarında *H. persicum* türünde bu önemli düzeyde düşük çıkmıştır. En düşük gün ortası su potansiyeli *H. persicum* türünün su stresi koşullarında görülmüştür (-4.62 MPa).

Çizelge 2. Kontrol, tuz stresi ve su stresine tabii tutulan *H. persicum* ve *T. parviflora* türlerinin sabah ve gün ortası su potansiyeli (MPa) değerleri. Farklı harfler her bir uygulama için türler arasındaki farkı göstermektedir (α=0.05).

Türler	Sabah su potansiyeli (MPa)			Gün ortası su potansiyeli (MPa)		
	Kontrol	Tuz Stresi	Su Stresi	Kontrol	Tuz Stresi	Su Stresi
H. persicum	-1.83±0.15^{a}	-2.13±0.23^{b}	-2.32±0.31^{a}	-2.78±0.14^{a}	-3.33±0.39^{b}	-4.62±0.29^{b}
T. parviflora	-1.60±0.13^{a}	-1.03±0.12^{a}	-2.12±0.24^{a}	-2.74±0.23^{a}	-2.24±0.25^{a}	-3.10±0.09^{a}
$P_{Holm\text{-}Sidak\ (0.05)}$	0.289	0.002	0.611	0.904	0.024	<0.001

Toplam Klorofil Miktarı (Klorofil a+b)

C_4 *H. persicum* ve C_3 *T. parviflora* türlerinde kontrol, tuz stresi ve su stresi uygulamalarının toplam klorofil miktarı (klorofil a+b) üzerindeki etkisi Şekil 4'de gösterilmiştir. *H. persicum* türünde toplam klorofil miktarı kontrole göre tuz stresi koşullarında herhangi bir değişikliğe uğramamış fakat su stresi toplam klorofil miktarını önemli düzeyde arttırmıştır (Şekil 4). Benzer bir trend *T. parviflora* türünde görülmüştür. Tuz stresi herhangi bir artışa neden olmazken su stresi toplam klorofil miktarını kontrole göre önemli düzeyde arttırmıştır (Şekil 4). Her uygulamada *T. parviflora* türünde toplam klorofil (klorofil a+b) miktarı *H. persicum* türüne göre önemi düzeyde daha fazla olmuştur (Şekil 4). En fazla klorofil miktarı su stresi altında *T. parviflora* türünde gerçekleşmiştir (60.4 mg/g taze ağırlık).

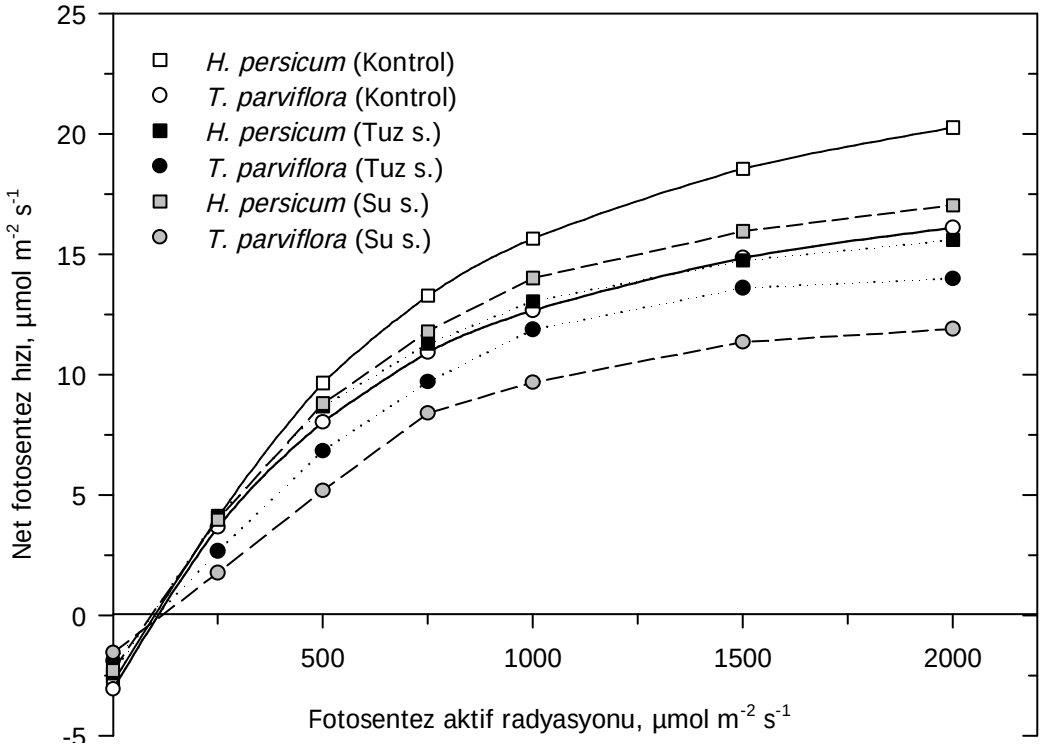


Şekil 4. *H. persicum* ve *T. parviflora* türlerinde tuz ve su stresi uygulamalarının toplam klorofil (klorofil a+b) miktarı üzerine etkisi. Barlar 6 adet bitkinin ortalamasını (±SH) göstermektedir.

Net Fotosentez Hızı

H. persicum ve *T. parviflora* türlerinde normal sulama yani kontrol, tuz stresi ve su stresi uygulamalarının değişik fotosentez aktif radyasyonu altında net fotosentez hızına olan etkileri Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 5'de görüldüğü gibi artan ışık şiddeti ile birlikte net fotosentez hızı her uygulamada artmış ve 2000 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ışık şiddetinde maksimum olmuştur. Her ışık şiddeti altında maksimum fotosentez hızı *H. persicum* türünün kontrol bitkilerinde görülmüştür. Normal sulama koşullarında fotosentez hızı *T. parviflora* türüne nazaran *H. persicum* türünde önemli derecede yüksek çıkmıştır (Şekil 5). Tuz stresi altında ise fotosentez hızı her ne kadar *H. persicum* bitkilerinde fazla görünse de *T. parviflora* bitkileri ile aralardaki fark önemli düzeyde bir fark değildir. Bunun yanında her iki bitki türü arasındaki en yüksek fotosentez farkı su stresi koşullarında gerçekleşmiştir. Bu uygulamada fotosentez hızı her ışık şiddeti altında C_3 *T.*

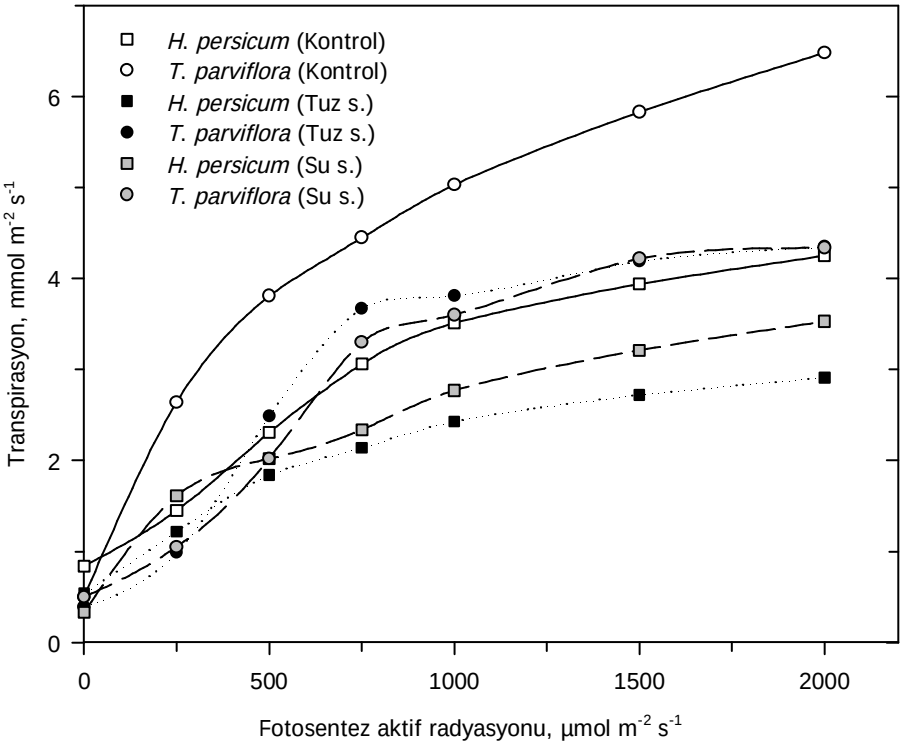
parviflora türüne göre C_4 *H. persicum* türünde önemli derecede yüksek çıkmıştır. Hatta *H. persicum*'un su stresi altındaki fotosentez hızı *T. parviflora* türünün kontrol bitkilerinden bile daha yüksek çıkmıştır (Şekil 5). Bu da C_4 *H. persicum* türünün su stresi koşullarında C_3 *T. parviflora* türüne nazaran daha dayanıklı olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Kontrol, tuz stresi ve su stresi uygulamalarının *H. persicum* ve *T. parviflora* türlerinde değişik ışık şiddetinde net fotosentez hızı üzerine etkisi. Her bir eğri 6 adet bitkinin ortalamasını göstermektedir.

Transpirasyon H**ızı**

C_4 *H. persicum* ile C_3 *T. parviflora* türlerinin kontrol, tuz stresi ve su stresi uygulamalarından sonra artan ışık şiddeti altında ölçülen transpirasyon hızları Şekil 6'da gösterilmiştir. Her uygulamada transpirasyon hızları *T. parviflora* türünde önemli derecede yüksek bulunmuştur. İki tür arasında transpirasyon miktarındaki en fazla fark kontrol gurubu bitkilerinde gerçekleşmiştir. Bunu tuz stresi uygulaması takip etmiş ve transpirasyon hızlarında iki tür arasındaki en az fark ise su stresi muamelesi görmüş bitkiler arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6). En fazla transpirasyon *T. parviflora* türünün kontrol bitkilerinde gerçekleşirken en düşük transpirasyon *H. persicum* türünün tuz stresi bitkilerinde gerçekleştiği görülmüştür. Her uygulama altında C_4 *H. persicum* türünde fotosentez hızlarının yüksek ve transpirasyon hızlarının düşük çıkması bu türün C_3 *T. parviflora* türüne göre hem normal hem de stres koşulları altında daha etkili karbon asimilasyonu yaptığını ve birim asimilasyon başına daha az su tükettiğini ve böylece daha yüksek su kullanma verimliliğine sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 6. Kontrol, tuz stresi ve su stresi uygulamalarının *H. persicum* ve *T. parviflora* türlerinde artan ışık şiddetinde net fotosentez hızı üzerine etkisi. Her bir eğri 6 adet bitkinin ortalamasını göstermektedir.

Tartışma

Araştırmaya konu olan C_4 *Haloxylon persicum* ile C_3 *Tamarix parviflora* bitki türlerinin ekolojik ve fizyolojik özellikleri hem kontrol hem de tuz ve su stresi koşulları altında incelenmiştir. Bu araştırmanın sonucunda tuz stresi uygulamasının her iki bitki türünde önemli bir bot artışına neden olduğu fakat su stresi koşulları altındaki boy büyümesinin önemli düzeyde olmadığı görülmüştür. Her iki türde her iki stres uygulaması sonucunda gerçekleşen çap artımı önemli düzeyde olmamıştır (Şekil 3).

Her iki bitki türünde de tuz stresi muamelesi toplam klorofil miktarında kontrole göre herhangi önemli bir fark oluşturmazken, su stresi koşulları altında toplam klorofil miktarı kontrole nazaran önemli derecede artmıştır (Şekil 4). Her uygulamada toplam klorofil miktarı C_4 *H. persicum* ile karşılaştırıldığında C_3 *T. parviflora* türünde önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4). Örneğin, C_4 bitkisinde düzenli sulanmış kontrol uygulamasında toplam klorofil 18.75 mg/g taze ağırlık olurken tuz stresi muamelesinde 21.27 mg/g ve su stresi muamelesinde 31.46 mg/g taze ağırlık olduğu, C_3 bitkisinde kontrolde toplam klorofil 31.29 mg/g olurken tuz stresi muamelesinde 36.76 mg/g ve su stresi muamelesinde 60.40 mg/g taze ağırlık oluşturduğu bulunmuştur. Benzer sonuçlar Li ve Yaning (2006) tarafından bildirilmiştir. Li ve Yaning (2006) su stresi altında *Tamarix ramosissima* türünün klorofil içeriğinin yavaşça arttığını göstermiş ve su içeriğinin artması ile klorofil seviyesinde bir azalma olduğunu bulmuşlardır. Yazarlar bunun nedenin ise bitkilerin fotosentez parametrelerinin fizyolojik adaptasyonlarından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bitkilerin toplam klorofil içerikleri temel alınarak özellikle su stresi altında burada kullanılan C_3 ve C_4 bitki türlerinin stresin üstesinden gelmek için klorofil miktarını artırdığı görülmüştür. Aynı şekilde, Xiao vd. (2006) C_4 *H. persicum* türünde su stresi

koşulları altında klorofil miktarının arttığını bildirmişlerdir. Bu sonuçların aksine, Öncel ve Keleş (2002) yaptıkları çalışmada, *Triticum aestivum* ve *Triticum durum* bitkileri üzerine uygulamış oldukları tuz stresinde klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriğinde azalmanın olduğunu belirtmişlerdir. Bitkilerde stres sonucu meydana gelen toplam klorofil içeriğindeki azalmanın fotosentez hızının azalmasına da neden olacağını bildirmişlerdir.

Yaptığımız bu araştırmada, bitkilerin su potansiyeli strese bağlı olarak değişim göstermiştir (Çizelge 2). C_4 *H. persicum* bitkilerinde tuz ve su stresi her ikisi de kontrole göre hem sabah hem de gün ortası su potansiyellerini önemli derecede düşürmüştür. Bunun aksine, C_3 *T. parviflora* türünde ise kontrole nazaran su stresi uygulaması sabah ve gün ortası su potansiyellerini önemli derecede düşürürken tuz stresi uygulamasının bunları arttırdığı saptanmıştır. Bunun nedeninin ise, *T. parviflora* türünün doğal yaşam süreci sonucunda tuzlu topraklara adapte olmuş olması ve bunun sonucunda tuzu topraktan alarak vakuollarında biriktirmesi ve bu tuzun hücrelerde bir ozmotik açlık yaratarak suyun hücrelere daha fazla alınmasını sağlamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Fakat tuzluluğa fazla dayanıklı olmayan duyarlı türlerde bunun aksine sonuçlar bulunmuştur. Örneğin, arpa bitkilerinde tuz stresi uygulamasının ozmotik potansiyeli -2.06 MPa olurken tuzsuz kontrol bitkilerinde bunun önemli derecede yüksek -1.54 MPa olduğu bildirilmiştir (Yağmur vd., 2006).

Hem normal koşullarda hem de stres koşulları altında fotosentez hızları C_3 *T. parviflora* türü ile karşılaştırıldığında C_4 *H. persicum* türünde önemli derecede yüksek çıkmıştır (Şekil 5). Bunun yanında transpirasyon hızları da oldukça düşük çıkmıştır (Şekil 6). Çalışmamızın bu iki sonucu C_4 bitkilerinin hem normal koşullar hem de stres koşulları altında benzer C_3 bitkilerine nazaran daha yüksek fotosentez kapasitesine ve yüksek su kullanma verimliliğine sahip olduklarını kanıtlamıştır. Daha önce bir çok çalışma C_4 bitkilerinin benzer yapı ve formdaki C_3 bitkilerine nazaran 2 ila 4 kat daha fazla su kullanma verimlisi bitkiler olduklarını bildirmiştir (Black, 1973; Ludlow, 1976; Osmond vd., 1980; Larcher, 1995; Sage ve Pearcy, 2000; Kocacinar vd., 2008). Benzer sonuçlar Osmond vd. (1980) yaptığı bir çalışmada, C_4 bitki türlerinden olan *Atriplex rosea*, *A. expansa* ve *A. serenana* türlerinin net fotosentez hızlarının filogenetik akrabaları olan C_3 bitki türlerinden *Atriplex triangularis*, *A. hortensis* ve *A. heterosperma* türlerinin fotosentez hızlarından 2-3 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Aynı şekilde, Schulze vd. (1980), C_3 bitkisi olan *Zygophyllum dumosum* ve *Artemisia herba-alba* bitkilerinin fotosentez miktarlarının C_4 bitkisi olan *Hammada scoparia* türünkinden daha az olduğunu tespit etmiş, ayrıca onların kuraklığa karşı daha hassas olduğunu ve fazla dayanamadığını belirtmişlerdir. Wang vd. (2005)'nin *Leymus dasystachys* türü üzerine yapmış olduğu çalışmalarında, transpirasyon miktarının stoma değişikliğine bağlı olduğunu ve bundan dolayı yapraklardaki transpirasyonun stoma iletkenliği ile paralel olarak değiştiğini belirtmişlerdir. C_4 mısır ve sorgum türlerinin C_3 bitkisi olan pirinç ile karşılaştırıldıkları bir çalışmada, en yüksek fotosentez hızının C_4 bitkilerinde olduğu görülürken, radyasyon yani ışık kullanma verimliliğinin de en çok C_4'lerde olduğu tespit edilmiştir (Choudhury, 2001).

Daha önce yapılmış çalışmalar ile bu çalışmanın sonucunda, C_4 *H. persicum*'un C_3 *T. parviflora*'ya göre kuraklığa daha fazla, *T. parviflora*'nın ise tuza daha fazla dayanıklı olduğu söylenebilmektedir. Bu her iki odunsu türün Orta Anadolu gibi kurak, çoraklaşmış ve tuzlu bölgelerin ağaçlandırılmasında kullanılması, daha kurak yerlerde C_4 *H. persicum*'un, daha tuzlu olan yerlerde de C_3 *T. parviflora* türünün diğer yerli ve egzotik türler ile birlikte tercih edilmesi ve kullanılmasının son derece önemli olduğu anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Abacı, A. A. 2009. Egzotik türlerden C_4 *Haloxylon persicum* ile C_3 *Tamarix parviflora*'nın ekofizyolojik özelliklerinin karşılaştırılması. KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Müh. Anabilim Dalı. KSÜ, p. 58.

Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D., Hogg, E. H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.-H., Allard, G., Running, S. W., Semerci, A. ve Cobb, N. 2009. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*: 660-684.

Black, C. J. 1973. Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO_2 uptake. *Annual Review of Plant Physiology*, 24: 253-286.

Brown, R. H. 1999. Agronomic implications of C_4 photosynthesis. In: Sage, R. F. and Monson, R. K. (eds.), C_4 Plant Biology. Academic Press, pp. 473-507.

Çalıkoğlu, M. ve Tilki, F. 2004. Orman ağacı tohumlarında çimlenme-su stresi ilişkisi. *İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, B: 77-87.

Choudhury, B. J. 2001. Modeling radiation- and carbon-use efficiencies of maize, sorghum and rice. *Agricultural and Forest Meteorology*, 106: 317-330.

Çolak, H. A. ve Sorger, F. 2004. Türkiye Çiçekleri. Lazer Ofset Matbaa Tesisleri San. ve Tic. Ldt. Şti. Ankara.

Dirik, H. 1994. Üç yerli çam türünün (*Pinus brutia*, *Pinus nigra* (Arn.) *ssp. pallasiana* Lamb. Holmboe, *Pinus pinea* L.) kurak peryottaki transpirasyon tutumlarının ekofizyolojik analizi. *İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, A44: 111-121.

Evans, J. R. ve Loreto, F. 2000. Acquisition and diffusion of CO_2 in higher plants leaves. In: Leegood, R. C., Sharkey, T. D. and von Caemmerer, S. (eds.), Photosynthesis: Physiology and Metabolism. Kluwer Academic Publishers, pp. 321-351.

Kocacinar, F., McKown, A. D., Sage, T. L. ve Sage, R. F. 2008. Photosynthetic pathway influences xylem structure and function in *Flaveria* (Asteraceae). *Plant, Cell & Environment*, 31: 1363-1376.

Kocacinar, F. ve Sage, R. F. 2003. Photosynthetic pathway alters xylem structure and hydraulic function in herbaceous plants. *Plant, Cell & Environment*, 26: 2015-2026.

Kocacinar, F. ve Sage, R. F. 2004. Photosynthetic pathway alters xylem structure and hydraulic function in woody plants. *Oecologia*, 139: 214-223.

Kozlowski, T. T. ve Pallardy, S. G. 1997. Physiology of Woody Plants. Academic Press. San Diego, CA.

Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology. Springer-Verlag. New York.

Li, Z. ve Yaning, C. 2006. Physiological response of Tamarix ramosissima under water stres along the lower reaches of Tarim River. *Chinese Science Bulletin*, 51: 1123-1129.

Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol.*, 148: 350-382.

Long, S. P. 1999. Environmental responses. In: Sage, R. F. and Monson, R. K. (eds.), C_4 Plant Biology. Academic Press, pp. 215-249.

Ludlow, M. M. 1976. Ecophysiology of C_4 grasses. In: Lange, O. L., Kappen, L. and Schulze, E.-D. (eds.), Water and Plant Life: Problems and Modern Approaches. Springer-Verlag, pp. 364-386.

McDowell, N., Pockman, W. T., Allen, C. D., Breshears, D. D., Cobb, N., Kolb, T., Plaut, J., Sperry, J. S., West, A., Williams, D. G. ve Yepez, E. A. 2008. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytologist*, 178: 719-739.

Öncel, I. ve Keleş, Y. 2002. Tuz stresi altındaki buğday genotiplerinde büyüme, pigment içeriği ve çözünür madde kompozisyonunda değişmeler. *Ç.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23.

Osmond, C. B., Björkman, O. ve Anderson, D. J. 1980. Physiological Processes. *In*: Plant Ecology: Toward a Synthesis with Atriplex. Springer-Verlag. Berlin.

Osmond, C. B., Winter, K. ve Ziegler, H. 1982. Functional significance of different pathways of CO_2 fixation in photosynthesis. In: Lange, O. L., Nobel, P. S., Osmond, C. B. and Ziegler, H. (eds.), Encyclopedia of Plant Physiology. Springer-Verlag, pp. 480-547.

Pearcy, R. W. ve Ehleringer, J. 1984. Comparative ecophysiology of C_3 and C_4 plants. *Plant Cell and Environment*, 7: 1-13.

Pyankov, V. I., Black, C. C., Artyusheva, E. G., Voznesenskaya, E. V., Ku, M. S. B. ve Edwards, G. E. 1999. Features of photosynthesis in *Haloxylon* species of Chenopodiaceae that are dominant plants in Central Asian deserts. *Plant and Cell Physiology*, 40: 125-134.

Sage, R. F. 2004. The evolution of C_4 photosynthesis. *New Phytologist*, 161: 341-370.

Sage, R. F. ve Pearcy, R. W. 1987. The nitrogen use efficiency of C_3 and C_4 plants. I. Leaf nitrogen, growth, and biomass partitioning in *Chenopodium album* (L) and *Amaranthus retroflexus* (L). *Plant Physiology*, 84: 954-958.

Sage, R. F. ve Pearcy, R. W. 2000. The physiological ecology of C_4 photosynthesis. In: Leegood, R. C., Sharkey, T. D. and von Caemmerer, S. (eds.), Photosynthesis: Physiology and Metabolism. Kluwer Academic Publishers, pp. 497-532.

Schulze, E. D., Hall, A. E., Lange, O. L., Evenari, M., Kappen, L. ve Buschbom, U. 1980. Long-term effects of drought on wild and cultivated plants in the Negev Desert. I. Maximal rates of net photosynthesis. *Oecologia*, 45: 11-18.

Taşdemir, C. 2002. Kurak mıntıka ağaçlandırmaları ve Doğu-Güney Doğu Anadolu bölgelerinin bu açıdan değerlendirilmesi. *Güney Doğu Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 14: 39-55.

UNCCD. 2010. http://www.unccd.int/search/search_results.php?query=global+deserts.

Ürgenç, S. 1998. Ağaçlandırma Tekniği. İ.Ü. Orman Fakültesi. İstanbul.

Walter, H. ve Box, E. O. 1983. Middle Asian Deserts. In: West, N. E. (ed.) Ecosystems of the World 5: Temperate Deserts and Semi-Deserts. Elsevier, pp. 79-104.

Wang, R. Z., Liu, X. Q., Xing, Q. ve Bai, Y. 2005. Photosynthesis, transpiration and water use efficiency of *Leymus dasystachys* on the Hunshandake Desert. *Photosynthetica*, 43: 289-291.

Winter, K. 1981. C_4 plants of high biomass in arid regions of Asia-occurrence of C_4 photosynthesis in Chenopodiaceae and Polygonaceae from the Middle East and USSR. *Oecologia*, 48: 100-106.

Xiao, R., Qiang, W., Yaning, C. ve Junhua, H. 2006. Physio-ecological response of Haloxylon persicum photosynthetic shoots to drought stress. *Frontiers of Forestry in China*, 2: 176-182.

Yağmur, M., Kaydan, D. ve Okut, N. 2006. Potasyum uygulamasının, tuz stresinin arpanın fotosentetik pigment içeriği, osmotik potansiyel, K/Na oranı ile bitki büyümesindeki etkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12: 188-204.