



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURAK ve ÇORAK ALANLARIN
REHABİLİTASYONUNDA KULLANILAN BAZI
ODUNSU TÜRLERİN EKOFİZYOLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

BÜLENT AKGÜN

**DOKTORA TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2017

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KURAK VE ÇORAK ALANLARIN
REHABİLİTASYONUNDA KULLANILAN BAZI
ODUNSU TÜRLERİN EKOFİZYOLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

BÜLENT AKGÜN

Bu tez,
Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
DOKTORA
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2017

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Bülent AKGÜN tarafından hazırlanan "Kurak ve Çorak Alanların Rehabilitasyonunda Kullanılan Bazı Odunsu Türlerin Ekofizyolojik Özelliklerinin Araştırılması" adlı bu tez, jürimiz tarafından 22 / 06 / 2017 tarihinde oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Orman Mühendisliği Anabilim Dalında ~~Yüksek Lisans~~ / Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Ferit KOCAÇINAR (DANIŞMAN)

Orman Müh. ABD, K.S.Ü.

Prof.Dr. Ahmet KORKMAZ

Bahçe Bitkileri ABD, K.S.Ü.

Prof.Dr. Ahmet TUTUŞ

Orman End. Müh. ABD, K.S.Ü.

Doç.Dr. Zafer YÜCESAN

Orman Müh. ABD, K.T.Ü.

Yrd.Doç.Dr. Nevzat GÜRLEVİK

Orman Müh. ABD, S.D.Ü.

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç.Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Bülent AKGÜN



Bu çalışma tarafından desteklenmiştir.
Proje No:

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**KURAK VE ÇORAK ALANLARIN REHABİLİTASYONUNDA KULLANILAN
BAZI ODUNSU TÜRLERİN EKOFİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI (DOKTORA TEZİ)**

Bülent AKGÜN

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'nin kurak, yarı kurak, çorak ve en marjinal alanlarından biri olan İç Anadolu Bölgesi, Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü, Karapınar İstasyonu'ndaki ağaçlandırma sahasında yapılmıştır. Bu alanda bulunan bazı odunsu türlerde; Fırat kavağı (*Populus euphratica* Oliv.), Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), Beyaz çiçekli ılgın (*Tamarix parviflora* L.), Deniz üzümü (*Ephedra major* Host), Kuş ığdesi (*Elaeagnus angustifolia* L.), Arap bademi (*Amygdalus arabica* L.), Beyaz saksaul (*Haloxylon persicum* Bunge) ve Tuz çalısının (*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.) doğal koşullarda 2014 ve 2015 yıllarına ait vejetasyon dönemlerinde, gaz değişim özellikleri araştırılmış, kuraklık stresine karşı dayanıklılık özellikleri tespit edilmiştir. Kullanılan sekiz türden en iyi net fotosentez hızı gösteren türlerin her iki vejetasyon döneminde de *H. persicum* ve *A. canescens* olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında en düşük su potansiyelleri de yine bu türlerde ölçülmüştür.

Türlere ait anatomik özelliklerden trahe çapı ve trahe sayısı, lümen genişliği, lümen boyu ve traheler arasındaki kenarlı geçitlerde ölçümler yapılmıştır. Bunun sonucunda *H. persicum* ve *A. canescens* türlerinde trahe çaplarının küçük ve trahe çeper kalınlıklarının geniş olduğu, trahe sayılarının ise diğer türlere oranla daha fazla sayıda bulunduğu tespit edilmiştir.

Bu türlerden fidanları temin edilebilen dört tür (*Robinia pseudoacacia*, *Elaeagnus angustifolia*, *Amygdalus arabica* ve *Atriplex canescens*), 2015 yılı vejetasyon döneminde, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi serasında yetiştirilmiştir. Bazı bireylerde su stresi uygulanmış, kontrol bitkileri ile ekofizyolojik özellikleri araştırılmıştır. Sera koşullarında en yüksek fotosentez hızı ve en düşük su potansiyeli elde edilen tür *Atriplex canescens* olmuştur. Böylelikle, Türkiye'deki kurak ve çorak alanların rehabilitasyonunda kullanılan bu türlerin, stres koşullarına adaptasyonu değerlendirilmiş, gelecekte yapılacak yeşillendirme, restorasyon, rehabilitasyon ve plantasyonlarda kullanım koşulları önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gaz değişimi, Kurak ve çorak alanlar, Rehabilitasyon, Su Potansiyeli, Su Stresi, İç Anadolu Bölgesi, Karapınar-Konya

Kahramanmaraş Sütü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Haziran / 2017

Danışman: Doç. Dr. Ferit KOCAÇINAR

Sayfa sayısı: 125



**A STUDY ON ECOPHYSIOLOGICAL PROPERTIES OF SOME WOODY
SPECIES USED FOR REHABILITATION OF
ARID AND BARREN LANDS (PhD. THESIS)**

Bülent AKGÜN

ABSTRACT

In this study, ecophysiological properties and responses to drought stress of selected woody species; Firat poplar (*Populus euphratica* Oliv.), Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), Tamarix (*Tamarix parviflora* L.), Joint-pine (*Ephedra major* Host), Oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.), Arabic almond (*Amygdalus arabica* L.), White saxaul (*Haloxylon persicum*) and Saltbush (*Atriplex canescens*) were investigated under natural conditions in Central Anatolia, Konya Soil, Water and Desertification Research Institute at vegetation periods of 2014 and 2015. Among this eight species, *Haloxylon* and *Atriplex* had higher assimilation rates. Moreover, these two species had lower water potential values.

In this species vessel diameters, vessel numbers, lumen width, lumen height and bordered pits were measured. *H. persicum* and *A. canescens* had smaller vessels with thicker vessel walls, but had higher amount of vessels when compared to other species of this study.

Also, gas exchange comparisons were made on selected by their availability four species (*Robinia pseudoacacia*, *Elaeagnus angustifolia*, *Amygdalus arabica* ve *Atriplex canescens*), which were grown under well watered and water stressed conditions in greenhouse at Kahramanmaraş Sütçü İmam University. In greenhouse trial, *A. canescens* had the highest assimilation rate, when compared to its counterparts. Thus, ecophysiological properties and adaptation capabilities of these species, which are also used for rehabilitation of arid and barren areas of Turkey were investigated and their conditions of us for further greening, restoration, rehabilitation and plantations recommended.

Key words: Gas exchange, Arid and barren regions, Rehabilitation, Leaf water potential, Water stress, Central Anatolia, Karapınar-Konya

Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering, June / 2017

Supervisor: Assoc. Prof. Ferit KOCAÇINAR

Page Numbers: 125



TEŞEKKÜR

Doktora tezinin bilimsel danışmanlığını üstlenerek, tez konusunun seçiminden sonuçlandırılmasına kadar her aşamasında bilgilerinden ve fikirlerinden yararlandığım, destek ve yardımlarını gördüğüm sayın hocam Doç. Dr. Ferit KOCAÇINAR'a sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Odun anatomisi konusunda bana katmış olduğu değerli bilgilerinden dolayı sayın hocam Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ'a ve sayın hocam Prof. Dr. Ziya GERÇEK'e sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Çalışma sürecini sürekli olarak izleyen, devamı ve başarıyla bitirilmesi için değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmanın her aşamasında desteğini gördüğüm Arş. Gör. Emre YAZAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Odun lif morfolojilerinin elde edilmesinde yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Mustafa ÇİÇEKLER'e teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarında yardımlarını gördüğüm Orman Mühendisi Lütfi ER'e, Orman Yüksek Mühendisi Oğuzhan BİLGİLİ'ye, Biyolog Merve ANTAKYALI'ya, Ziraat Yüksek Mühendisi Mesut KENGER'e, Ziraat Teknikeri Erhan SARAÇ'a, Harun KIYAK'a ve Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Merkezi, Karapınar İstasyonu personeline ve idarecilerine çok teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteklerini gördüğüm aileme, eşime ve kızıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bülent AKGÜN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
2.1. Eko-Fizyolojik Çalışmalar	8
2.2. Anatomi Çalışmaları	13
3. MATERYAL ve METOT	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri	18
3.1.2. Çalışma Alanına Ait İklim Verileri	20
3.1.3. Çalışmada Kullanılan Türler	25
3.2. Metot	31
3.2.1. Yapılan Ölçüm ve Analizler	31
3.2.1.1. Fizyolojik Ölçümler	31
3.2.1.2. Anatomik Ölçümler	33
3.2.1.3. Lif Morfolojik Ölçümler	33
3.3. İstatistiki Analizler	34
4. BULGULAR	35
4.1. Çalışma Alanı İklim Verilerinin Değerlendirilmesi	35
4.2. 2014 Yılında Yapılan Fizyolojik Ölçümlere Ait Bulgular	36
4.3. 2015 Yılında Yapılan Fizyolojik Ölçümlere Ait Bulgular	47
4.4. Serada Yapılan Fizyolojik Ölçümlere Ait Bulgular	59
4.5. Ksilem Anatomilerine Ait Bulgular	67
4.6. Lif Morfolojilerine Ait Bulgular	73
4.7. Trahelerde Bulunan Kenarlı Geçitlere Ait Anatomik Bulgular	79

5. TARTIŞMA.....	85
5.1. Gaz Değişimi	86
5.2. Yaprak Su Potansiyeli.....	89
5.3. Anatomi.....	90
6. SONUÇLAR.....	93
KAYNAKLAR.....	95
ÖZGEÇMİŞ.....	106



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A	:CO ₂ asimilasyon oranı ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
A₄₀₀	:400 ppm C _a değerine karşılık gelen fotosentez hızı ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
ADP	:Adenozin difosfat
ATP	:Adenozin trifosfat
C_a	:Dış ortamdaki CO ₂ miktarı (ppm)
C_i	:Hücreler arası CO ₂ miktarı (ppm)
CAM	:Krossulasyon asit metabolizması
E	:Transpirasyon hızı ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
FAA	:Formalin, asetik asit ve alkol
GH₂O-g_s	:Stoma iletkenliği ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
K_L	:Yaprak spesifik iletim ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$)
K_s	:Ksilem spesifik iletim ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$)
NUE	:Nitrogen use efficiency, azot kullanım etkinliği
Rubisco	:Ribuloz 1,5-bisfosfat karboksilaz/oksijenaz
RUE	:Radiation use efficiency, ışık kullanım etkinliği
SEM	:Scanning Electron Microscope, (Taramalı elektron mikroskobu)
SKE	:Su kullanım etkinliği ($\text{mmol CO}_2\text{mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$)
Γ	:Telafi (Kompensasyon) noktası (ppm)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Rüzgar erozyonu kontrol çalışmaları başlangıcı, Karapınar-1962 (kamış perdelerin taşınma ve tesisi. Resim Konya Toprak Su ve Erozyonla Mücadele Araştırma İstasyonu arşivinden sağlanmıştır).	6
Şekil 1.2. Rüzgar erozyonu kontrol çalışmalarının sonrası, Karapınar-2015. Arka planda ağaçlandırılmış alanda ağaçlar belli bir boya ulaşmış, hatta bazı yerlerde tam kapalılık oluşmuştur.	6
Şekil 1.3. Otlatma ve insan baskısına kapalı alan, Karapınar-2015. Arka planda <i>P. euphratica</i> , diğer kısımlarda doğal otsu vejetasyon. Ağaçlandırılmamış alanlara otsu ve yarı odunsu doğal vejetasyon yerleşmiş ve alanı tamamıyla kaplamış durumdadır. Resim Doç.Dr. Ferit KOCAÇINAR tarafından çekilmiştir.....	7
Şekil 3.1. Konya İli Karapınar İlçesi, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Araştırma İstasyonu içinde bulunan ağaçlandırma sahasının Türkiye haritası üzerindeki konumu. ...	19
Şekil 3.2. Konya İli Karapınar İlçesi, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Araştırma İstasyonu içinde bulunan ağaçlandırma sahasında bulunan ve bu çalışmada kullanılan türlerin konumu.	19
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan türler dahil çeşitli çalı ve ağaç türleri ile kaplı çalışma alanından bir görünüm.....	20
Şekil 3.4. Uzun yıllara ait (1980-2015) Karapınar'ın Walter iklim diyagramı (MGM, 2016).....	24
Şekil 3.5. Karapınar'da istasyon içinde bulunan ve çalışmada kullanılan türlerden doğal olarak alanda bulunan <i>E. major</i> (A) ve alana denemesi yapılarak dikilmiş <i>A. canescens</i> (B).	27
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan türlerden <i>C₄ H. persicum</i> (A), TÜBİTAK projesi kapsamında 2007'de Doç.Dr. Ferit KOCAÇINAR tarafından dikilmiştir. <i>T. parviflora</i> (B) 1960'lı yıllarda ağaçlandırma ve kumul taşınımını önleme amacıyla münferit yerlere dikilmiştir. Ayrıca bu tür, alan korumaya alındıktan sonra doğal olarak da gelmiş olabileceği düşünülmektedir.....	28
Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan türlerden <i>P. euphratica</i> (A) ve <i>R. pseudoacacia</i> (B), 1960'lı yıllarda veya daha sonra ağaçlandırma ve kumul taşınımını önleme amacıyla dikilmiştir.....	29

Şekil 3.8. Çalışmada kullanılan türler <i>A. arabica</i> (A), <i>E. angustifolia</i> (B), 1960'lı ve 1990'lı yıllarda ağaçlandırma ve kumul taşınımını önleme amacıyla dikilmiştir.	30
Şekil 3.9. Karapınar İstasyonu'ndan temin edilen ve serada yetiştirilen bitkiler <i>R. pseudoacacia</i> , <i>E. angustifolia</i> , <i>A. arabica</i> , <i>A. canescens</i>	32
Şekil 3.10. Karapınar İstasyonu'ndan temin edilen ve serada yetiştirilerek, yarısına su stresi uygulanmış ve ölçüme hazır <i>R. pseudoacacia</i> , <i>E. angustifolia</i> , <i>A. arabica</i> , <i>A. canescens</i> bitkileri.....	32
Şekil 3.11. Ölçüm ve görüntüleme için kullanılan kameralı ışık mikroskobu (Nikon Instruments Europe B.V. Amstelveen, Hollanda)	34
Şekil 4.1. Türkiye çölleşme risk haritası (Çölleşme ve Erozyonla Mücadele (ÇEM) Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK-BİLGEM ortak projesi kapsamında oluşturulmuştur).	36
Şekil 4.2. Dört farklı türe ait 2014 yılı net fotosentez hızları (<i>A. canescens</i> türünde Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).....	37
Şekil 4.3. Dört farklı türde 2014 yılı net fotosentez hızları, (<i>T. parviflora</i> çalışmaya sonradan eklenerek Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).	38
Şekil 4.4. Çalışmada kullanılan türlere ait 2014 yılı vejetasyon döneminde (Haziran-Eylül) ölçülen net fotosentez hızları. Her bir birey üzerinde dört farklı ölçüm yapılmış ve her bitki türü için en az üç farklı birey ölçülmüştür. LSD Fisher karşılaştırma testi sonucunda oluşturulan harfler, gruplar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir ($p=0.05$). Barlar ortalamayı, üzerindeki çizgiler standart hatayı (SH) göstermektedir.	39
Şekil 4.5. Dört türe ait 2014 yılı transpirasyon hızları, (<i>A. canescens</i> çalışmaya sonradan dahil edildiği için sadece Ağustos ve Eylül aylarında ölçümler yapılmıştır).....	39
Şekil 4.6. Dört türe ait 2014 yılı transpirasyon hızları, (<i>T. parviflora</i> çalışmaya sonradan eklendiği için Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).....	40
Şekil 4.7. Dört türe ait 2014 yılı stoma iletkenliği, (<i>A. canescens</i> türünde Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).	41
Şekil 4.8. Dört türe ait 2014 yılı stoma iletkenliği, (<i>T. parviflora</i> 'da Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).....	41
Şekil 4.9. Türler için 2014 yılı su kullanım etkinliği (SKE), (<i>A. canescens</i> 'de Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).....	42
Şekil 4.10. Türler için 2014 yılı su kullanım etkinliği (SKE), (<i>T. parviflora</i> 'da Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).....	43

Şekil 4.11. Türlerle ait 2014 yılı Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında şafak öncesi su potansiyeli. <i>A. canescens</i> 'de Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır. Her bir nokta 6 ölçümün ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.	44
Şekil 4.12. Türlerle ait 2014 yılı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gün ortası su potansiyeli, <i>A. canescens</i> 'de Ağustos ve Eylül ölçümleri. Her bir nokta 6 ölçümün ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.	44
Şekil 4.13. Türlerle ait 2014 yılı Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında şafak öncesi su potansiyeli, <i>T. parviflora</i> 'da Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri. Her bir nokta 6 ölçümün ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.	45
Şekil 4.14. Türlerle ait 2014 yılı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gün ortası sabah su potansiyeli, <i>T. parviflora</i> 'da Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri alınmıştır. Her bir nokta 6 ölçümün ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.	46
Şekil 4.15. Dört farklı türe ait 2015 yılı net fotosentez hızları.....	47
Şekil 4.16. Dört türe ait 2015 yılı net fotosentez hızları (<i>H. persicum</i> ve <i>T. parviflora</i> 'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).....	48
Şekil 4.17. Çalışmada kullanılan türlerle ait 2015 yılı vejetasyon döneminde (Mayıs-Eylül) ölçülen net fotosentez hızları. Her bir birey üzerinde dört farklı ölçüm yapılmış ve her bitki türü için en az üç farklı birey ölçülmüştür. Harfler gruplar arasındaki istatistiki farkı göstermektedir ($p=0.05$). Barlar ortalamayı, üzerindeki çizgiler standart hatayı (SH) göstermektedir.	49
Şekil 4.18. Dört farklı türe ait 2015 yılı transpirasyon hızları.....	49
Şekil 4.19. Dört türe ait 2015 yılı transpirasyon hızları, (<i>H. persicum</i> ve <i>T. parviflora</i> 'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).....	50
Şekil 4.20. Türlerle ait 2015 yılı stoma iletkenliği (GH_2O)	51
Şekil 4.21. Türlerle ait 2015 yılı stoma iletkenliği, GH_2O (<i>H. persicum</i> ve <i>T. parviflora</i> 'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).....	51
Şekil 4.22. Dört türe ait 2015 yılı su kullanım etkinliği.	52
Şekil 4.23. Dört türe ait 2015 yılı su kullanım etkinliği, (<i>H. persicum</i> ve <i>T. parviflora</i> 'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).....	53
Şekil 4.24. Dört türe ait 2015 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında şafak öncesi su potansiyeli. Her bir nokta 6 farklı bitkinin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.	54

Şekil 4.25. Türlerle ait 2015 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gün ortası su potansiyeli. Her bir nokta 6 farklı bitkinin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.	54
Şekil 4.26. Dört türe ait 2015 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında şafak öncesi su potansiyeli (<i>H. persicum</i> ve <i>T. parviflora</i> 'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır). Her bir nokta 6 farklı bitkinin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.	55
Şekil 4.27. Dört farklı türe ait 2015 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gün ortası su potansiyeli (<i>H. persicum</i> ve <i>T. parviflora</i> 'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır). Her bir nokta 6 farklı bitkinin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.	56
Şekil 4.28. <i>A. canescens</i> türüne ait net fotosentez hızı- hücrelerarası CO ₂ miktarı eğrisi (A-C _i), Her nokta ayrı bir ölçümü, bütün noktalar 6 ayrı bitkiyi (n=6), parabol genel ortalamanın trendini, Γ =kompensasyon noktasını ifade etmektedir.....	60
Şekil 4.29. <i>A. canescens</i> türüne ait net fotosentez hızı- sıcaklık eğrisi (A-T), Değerler n=6 bireyin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) ifade etmektedir.	60
Şekil 4.30. <i>A. arabica</i> türüne ait net fotosentez hızı- hücrelerarası CO ₂ miktarı eğrisi (A-C _i), Her nokta ayrı bir ölçümü, bütün noktalar 6 ayrı bitkiyi (n=6), parabol genel ortalamanın trendini, kesik çizgi yaklaşık A ₄₀₀ noktasını, Γ =kompensasyon noktasını ifade etmektedir.	61
Şekil 4.31. <i>A. arabica</i> türüne ait net fotosentez hızı- sıcaklık eğrisi (A-T), Değerler n=6 bireyin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) ifade etmektedir.	62
Şekil 4.32. <i>E.angustifolia</i> türüne ait net fotosentez hızı- hücrelerarası CO ₂ miktarı eğrisi (A-C _i), Her nokta ayrı bir ölçümü, bütün noktalar 6 ayrı bitkiyi (n=6), parabol genel ortalamanın trendini, Kesik çizgi yaklaşık A ₄₀₀ noktasını, Γ =kompensasyon noktasını ifade etmektedir.	63
Şekil 4.33. <i>E. angustifolia</i> türüne ait net fotosentez hızı- sıcaklık eğrisi (A-T), Değerler n=6 bireyin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) ifade etmektedir.....	63
Şekil 4.34. <i>R. pseudoacacia</i> türüne ait net fotosentez hızı- hücrelerarası CO ₂ miktarı eğrisi (A-C _i), Her nokta ayrı bir ölçümü, bütün noktalar 6 ayrı bitkiyi (n=6), parabol genel ortalamanın trendini, Kesik çizgi yaklaşık A ₄₀₀ noktasını, Γ =kompensasyon noktasını ifade etmektedir.	64
Şekil 4.35. <i>R. pseudoacacia</i> türüne ait net fotosentez hızı- sıcaklık eğrisi (A-T), Değerler n=6 bireyin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) ifade etmektedir.....	65

Şekil 4.36. Türlerle ait gövde enine kesitleri, (A) <i>P. euphratica</i> , (B) <i>A. arabica</i> , ışık mikroskobu, skala: 100 µm.	68
Şekil 4.37. Türlerle ait gövde enine kesitleri, (A) <i>R. pseudoacacia</i> , (B) <i>E. angustifolia</i> , Işık mikroskobu, skala: 100 µm.	69
Şekil 4.38. Türlerle ait gövde enine kesitleri, (A) <i>E. major</i> , (B) <i>T. parviflora</i> , Işık mikroskobu, skala: 100 µm.	70
Şekil 4.39. Türlerle ait gövde enine kesitleri, (A) <i>A. canescens</i> , (B) <i>H. persicum</i> , ışık mikroskobu, skala: 100 µm.	71
Şekil 4.40. Türlerle ait odun lifleri, (A) <i>P. euphratica</i> , (B) <i>A. arabica</i> , Skala: 100 µm.	74
Şekil 4.41. Türlerle ait odun lifleri, (A) <i>R. pseudoacacia</i> , (B) <i>E. angustifolia</i> , Skala: 100µm.	75
Şekil 4.42. Türlerle ait odun lifleri, (A) <i>E. major</i> , (B) <i>T. parviflora</i> , Skala: 100 µm.....	76
Şekil 4.43. Türlerle ait odun lifleri, (A) <i>A. canescens</i> , (A) <i>H. persicum</i> , Skala: 100 µm.....	77
Şekil 4.44. Trahelerin çeperlerindeki kenarlı geçitler. (A) <i>P. euphratica</i> , (B) <i>A. arabica</i> , (taramalı elekton mikroskobu, x10000), skala: 1µm.....	80
Şekil 4.45. Trahelerin çeperlerindeki kenarlı geçitler, (A) <i>R. pseudoacacia</i> , (B) <i>E. angustifolia</i> , (taramalı elekton mikroskobu, x10000), skala: 1µm.....	81
Şekil 4.46. Trahelerin çeperlerindeki kenarlı geçitler. (A) <i>E. major</i> , (B) <i>T. parviflora</i> , (taramalı elekton mikroskobu, x10000), skala: 1µm.....	82
Şekil 4.47. Trahelerin çeperlerindeki kenarlı geçitler, (A) <i>A. canescens</i> , (B) <i>H. persicum</i> (taramalı elekton mikroskobu, x10000), skala: 1µm.....	83

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Karapınar yöresine ait 1980-2015 yılları arasındaki ortalama iklim verileri.....	21
Tablo 3.2 Karapınar Araştırma İstasyonu 2014 Yılı İklim Verileri (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2014).....	22
Tablo 3.3. Karapınar Araştırma İstasyonu, 2014 Yılında Ölçüm Yapılan Günlere Ait İklim Verileri (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2014).....	22
Tablo 3.4. Karapınar Araştırma İstasyonu 2015 Yılı İklim Verileri (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015).....	23
Tablo 3.5. Karapınar Araştırma İstasyonu, 2015 Yılında Ölçüm Yapılan Günlere Ait İklim Verileri (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015).....	24
Tablo 3.6. Çalışmada kullanılan türlerin familyası, fotosentez tipi, habitatu ve yayılış alanları.	26
Tablo 4.1. Türlerle ait şafak ve gün ortası su potansiyeli ölçüm sonuçları. Haziran ayında sadece gün ortası ölçümleri alınmıştır. Her bir türde 6 farklı bireyde basınç çemberi kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Her grup içindeki farklı harfler o grup içindeki farkın istatistiki olarak önem düzeyini göstermektedir ($p=0.05$).....	57
Tablo 4.2. Türlerle ait şafak ve gün ortası su potansiyeli ölçüm sonuçları, Haziran ayında sadece gün ortası ölçümleri alınmıştır. Her bir türde 6 farklı bireyde basınç çemberi kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Her grup içindeki farklı harfler o grup içindeki farkın istatistiki olarak önem düzeyini göstermektedir ($p=0.05$).....	58
Tablo 4.3 A-C _i eğrilerinde elde edilen kompensasyon noktası ve A ₄₀₀ değerleri	59
Tablo 4.4. Serada yetiştirilen bitkilerin kontrol ve stres gruplarına ait gün ortası su potansiyeli ortalama değerleri (MPa)	66
Tablo 4.5. Gövde Enine Kesitlerine Ait Ölçümler, (ışık mikroskobu x40, n=30, LSD Fisher karşılaştırma testi sonucunda oluşturulan harfler gruplar arasındaki istatistiki farkı, ± Standart Hatayı göstermektedir).....	72
Tablo 4.6. Odun Liflerine Ait Ölçümler (Işık Mikroskobu x40, n=30, LSD Fisher karşılaştırma testi sonucunda oluşturulan harfler gruplar arasındaki istatistiki farkı, ± Standart Hatayı göstermektedir).....	78
Tablo 4.7. Trahelerde bulunan kenarlı geçitlere ait ölçümler (taramalı elektron mikroskobu x10000, n=6, LSD Fisher karşılaştırma testi sonucunda oluşturulan harfler, gruplar arasındaki istatistiki farkı, ± Standart Hatayı göstermektedir).....	84

1. GİRİŞ

Yeryüzünde farklı iklim kuşakları yer alması ile vejetasyon farklılığı da ortaya çıkmaktadır. Dünya üzerindeki toprakların yaklaşık %33'ünün kurak, yarı kurak ve verimsiz çöl alanı olduğu belirtilmektedir (UNCCD, 2010). Türkiye yağış haritasına göre 20 bin hektar (ha) alan kurak ve 31 milyon hektar (ha) alan yarı kurak olarak belirtilmektedir (Ürgeç, 1998). Son zamanlarda yaşanan iklim değişikliği, küresel ısınma, antropojenik etkiler ve bunlarla birlikte doğal vejetasyonların tahribatı sebebiyle bu alanların çok daha geniş olduğu tahmin edilmekte, ayrıca bu alanların her geçen gün arttığı da bilinmektedir. Erinç kuraklık indisi değerlerine göre ise, Türkiye genel alanının %75'i kurak ve yarı kurak alan olarak belirtilirken, bu alanlar yılın 5 ile 8 ayını, özellikle vejetasyon döneminde, kurak ve yarı kurak iklim koşullarında geçirdiği saptanmıştır (Çalikoğlu ve Tilki, 2004). Bu dönem aralığı, orman ağaçlarının ve diğer odunsu ve otsu vejetasyonun aktif olduğu, büyüme dönemi olan Nisan ile Ekim aylarına denk gelmektedir (Taşdemir, 2002; Çalikoğlu ve Tilki, 2004). Türkiye topraklarının büyük bir bölümüne bu zaman aralığında az miktarda yağış düşmektedir. Yağış miktarının azlığına, yüksek sıcaklıkların da eklenmesiyle, ortaya çıkan potansiyel evapotranspirasyon fazla olmaktadır. Bu nedenle toprak suyu hızla azalmakta ve özellikle Temmuz-Ağustos-Eylül aylarında aşırı kuraklıklar meydana gelmektedir. Bu alanlarda yaşayan bitkilerde fazla miktarda su kaybı meydana gelmekte ve bitkiler su stresine girmektedirler. Kuraklık stresinin yaşandığı tuzlu ve çoraklaşmış alanlarda stres koşulları daha da çok artmaktadır. Stres koşulları bitkilerin büyüme ve gelişmesinde, beraberinde de verimliliği üzerinde olumsuz etkiler bırakmakta olup, yayılışlarını sınırlayarak tamamen kuruyup yok olmalarına neden olmaktadır (Kozłowski 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. İç Anadolu Bölgesinde, son yıllardaki ağaçlandırmaların büyük bir bölümünün yarı kurak mıntikalarda yapıldığı ve potansiyel ağaçlandırma alanlarının çoğunluğunun da bu bölgelerde bulunduğu bilinmektedir (Güner vd., 2011).

Kurak ve kuraklık kavramı iklim, toprak ve vejetasyon tiplerine ya da bunların ortak etkenliğine göre incelenmiş ve değişik biçimlerde tanımlanmıştır (Uluocak, 1974). Türkiye'nin büyük bir bölümünün kuraklık kuşağında olması ve kurak yılların yaşanması, kuraklıkla sürekli karşı karşıya kalındığını göstermektedir. Ayrıca Türkiye'de farklı coğrafik ve jeomorfolojik yapıların olması, farklı iklim tiplerinin meydana gelmesine

neden olmaktadır (Kocaçınar vd., 2010). Bunun sonucunda, verimli vejetasyon alanlarının bulunmasıyla birlikte, bitki örtüsü çeşitliliği ve verimliliği açısından oldukça fakir olan yarı kurak, kurak ve çöl alanların mevcut olduğu dikkat çekmektedir (Dirik, 1994). Türkiye'nin verimsiz orman ve mera alanlarındaki topraklar, biyolojik aktivitelerini her geçen gün kaybederek gerek su gerekse rüzgâr erozyonu tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu verimsiz alanların en azından yeşillendirilmesi ve eski verimliliğine kavuşabilmesi için iklim, toprak, fizyografik özelliklere ve koşullara uygun, çok amaçlı tür veya türlerle ağaçlandırılması gerekmektedir. Orta Anadolu bölgesi gibi kurak, yarı kurak ve çoraklaşmış alanların ağaçlandırmalarında kullanılacak ve iklim değişikliği, küresel ısınma ve aşırı tahribattan dolayı Türkiye'nin önümüzdeki 50 yıl içinde büyük ölçüde çölleşeceği düşünülmektedir. Bu nedenle aşırı sıcaklık, kuraklık, tuzluluğa dayanıklı yerli ve egzotik odunsu türlerin belirlenmesi, fizyolojilerinin çalışılması, pilot alanlarda denenmesi ve başarılı olanların ıslah edilerek kullanılması çok büyük önem arz etmektedir (Kocaçınar vd., 2010). Bu nedenledir ki Türkiye'nin kurak ve yarı kurak bölgelerinden biri olan İç Anadolu bölgesindeki ekolojik koşullara uyum sağlayan odunsu türlerden Karaçam (*Pinus nigra* spp. *pallasiana*), Toros sediri (*Cedrus libani*), Meşe türleri (*Quercus pubescens*, *Q. cerris*, *Q. infectoria*, *Q. robur*), Ardıç türleri (*Juniperus* spp.), İğde (*Elaeagnus angustifolia*), Badem (*Amygdalus* spp.), Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*), Cennet ağacı (*Ailanthus glandulosa*) gibi türlerle ağaçlandırma yapılarak çölleşmenin önüne geçilebileceği düşünülmektedir (Boydak vd., 2010).

Bilindiği üzere fotosentez esnasında bitkiler transpirasyonla fazla miktarda su kaybederler. Bu durum vejetasyon dönemi boyunca, özellikle su stresi ile sıcaklığın yüksek olduğu, az yağış alan yarı kurak, kurak ve tuzcul bölgelerde bitkileri strese soktuğu için ciddi bir sıkıntı oluşturur. Bazı bitkiler bu gibi alanlardan tamamen uzaklaştıkları gibi bazı bitkiler ise fizyolojik adaptasyonlar geçirirler (Kocaçınar vd., 2010). Özet olarak bitkiler kurak ve yarıkurak alanlarda çeşitli fizyolojik ve anatomik özellikleri ile adaptasyon sağlar ise yaşamlarına devam ederler, adaptasyon sağlayamayanlar ise alandan uzaklaşırlar. Bu adaptasyonlardan bir tanesi C₄ fotosentez izyolunun evrimidir. Karbondioksitin Rubisco enziminin bulunduğu iç kısımlara pompalanması ve Rubisco'nun CO₂ ile doyurulması olan C₄ fotosentez kimyasal izyolunun evrimi her bir birim fotosentez karbon kazanımı için harcanan suyun azalmasına neden olan bir çözüm yolu olmuştur (Kocaçınar vd., 2010). Yaprağın anatomik yapısındaki farklılıklar yanında, C₄ bitkileri benzer C₃ fotosentez kimyasal izyolunu kullanan bitkilere nazaran, aynı fotosentez hızı için stomalarını daha az açmakta ve transpirasyon hızının azalmasına neden olmaktadır (Evans ve Loreto, 2000;

Sage, 2004; Kocaçınar vd., 2010). C₄ bitkileri, yukarıda açıklanan mekanizmaya sahip oldukları için özellikle benzer yapı ve formdaki C₃ bitki türleriyle karşılaştırıldıklarında daha az stoma açıklığı ve daha iyi bir stomatik kontrole sahip olduklarından, benzer koşullar altında daha düşük stoma iletkenliği göstermekte ve transpirasyonla daha az su kaybetmektedirler (Pearcy ve Ehleringer, 1984; Long, 1999; Kocaçınar, 2015). Böylelikle, su kullanım etkinliği (SKE), C₄ bitkilerinde benzer yapı ve formdaki C₃ bitkilerine nazaran iki ya da yaklaşık dört kat daha fazladır (Osmond vd., 1982; Larcher, 1995; Sage ve Pearcy, 2000; Kocaçınar vd., 2008; Kocaçınar, 2015). Bu nedenlerden ötürü yüksek sıcaklıkta, az yağışın olduğu ve su noksanlığının fazla olduğu kurak, yarı kurak alanlara bazı odunsu C₄ türleri girebilmektedir. Bu türler yüksek su kullanım etkinlikleri nedeniyle C₃ türleri ile rekabet edebilmektedirler.

Değişiklik gösteren küresel iklim özellikleri birçok bitkinin adaptasyon sürecini etkilemektedir. Sıcaklıklardaki artış, su potansiyelini doğrudan etkilemekte, bitkinin kullanılabilir su kapasitesini azaltmakta ve strese sokmaktadır. Zaman içerisinde kurak alanlara ait farklı bitki örtüleri ile karşılaşmak mümkün olmaktadır. Bazı bitkiler farklı ekofizyolojik adaptasyonlar geçirerek kurak, yarı kurak ve çoraklaşmış tuzcul alanlarda yavaş bir büyüme hızına ve sınırlı yayılım göstermiş olsalar da büyüme ve gelişebilme yeteneğine sahip olmuşlardır (Kocaçınar vd., 2010). Bu ekofizyolojik adaptasyonlardan diğerleri ise yüksek kök/gövde oranının geliştirilmesi, küçük, kalın veya indirgenmiş yaprak oluşumu, yapraklardaki kütikula tabakasının kalınlaşması, yapraklara aşırı radyasyon yüklenmesi, onların aşırı ısınmasını engellemek için yaprak yüzeylerinde tüylenmenin olması, yaprak uyumu, aşırı su kaybını önlemek için daha etkin bir stomatik kontrol ve dokularda su depolanması olarak belirtilebilir (Kocaçınar vd., 2010). Özellikle stoma açıklığı ve etkin stomatik kontrol oldukça önemlidir, çünkü fotosentez ve dolayısıyla karbon difüzyonu için stomalar açıldığında bitkilerde aşırı miktarda su kaybı meydana gelmektedir. Bitkiler su eksikliği ile birlikte su stresine girmektedirler (Kocaçınar ve Sage, 2004).

Angiosperm ve gymnosperm bitkilerde mevsimsel değişim, odun yapısında da farklılıklara yol açmaktadır. Sıcak ve soğuk iklim koşulları ile su noksanlığı veya bitki için elverişli suyun bulunmaması, iletim elemanlarının yapısını (çap, çeper kalınlığı vb.) doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle farklı ekolojik özelliklere göre bitkiler anatomik düzeyde adaptasyon sağlayarak, marjinal alanlarda devamlılıklarını sürdürmektedirler. Çöl ve subtropik bölgelerdeki bazı odunsu bitkilerde, skalariform perforasyon tablası ve traheit lifi oranının düşük, basit perforasyon tablasının ve libriform liflerinin sayılarının

fazla olduğu gör÷lmektedir (Merev, 2003). Çevre faktörleri, odun elemanlarının boyutlarının değişmesinde ve bu değişimlerin de odunun mekanik ve teknolojik özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Serdar, 2003). Bu nedenle iklimik farklılıkların yaprak (Domec vd., 2015) ve odun anatomisi üzerindeki etkileri önemli olmaktadır. Dolayısıyla son yıllarda odun anatomistlerinin ekolojik odun anatomisi çalışmalarına ağırlık verdiği gör÷lmektedir. Ekolojik odun anatomisi çalışmalarında, odun anatomisi özellikleri ile ekolojik özellikler arasında ilişki kurulurken, trahe özellikleri (trahe lümen genişliği, trahe çeper kalınlığı, mm² deki trahe sayısı) yardımı ile hesaplanan "mesomorphy" ve "vulnerability" değerlerini tür, cins ve familya düzeyinde veya bir bölge florasının tümü için kullanmaktadır (Carlquist, 1988; Bak, 1999). Bazı çalışmalarda ise ekolojik odun anatomisi çalışmaları rakım ve enlem derecelerini dikkate alarak tür, cins veya familya düzeyinde yapılmaktadır (Bak, 1999).

Bu çalışma, Türkiye’de giderek önem kazanan kurak, yarı kurak ve çorak alanlardan biri olan İç Anadolu bölgesinde bulunan Karapınar ilçesinde yapılmıştır. Bu bölge geçmişten bu yana kuraklığa ve rüzgâr erozyonuna maruz kalmıştır. Bitki örtüsünden yoksun olan bu bölgede kumul taşınması nedeniyle kumul tepeleri oluşmuş ve yaşam alanları için büyük tehlike arz etmiştir. Alandan birkaç köy başka yerlere taşınmış, hatta ilçenin taşınması da gündeme alınmıştır. Karapınar’da bu problemin çözümü için Tarım Bakanlığınca Mülga Topraksu Genel Müdürlüğü’ne görev verilmiş ve 1962 yılında çalışmalara başlanmış ve Konya Topraksu VI. Bölge Müdürlüğü tarafından “Rüzgâr Erozyonu Plan ve Tatbikat Grubu Başmühendisliği” kurulmuştur. Yapılan projede, önce ilgili sahada erozyon kampı oluşturulmuş, toprak etütleri ve diğer yönetim çalışmaları başlatılmıştır. Bitki örtüsü olmayan, rüzgârla hareket edecek özellikteki kumul tepeleri üzerine ilk olarak rüzgârın hızını azaltıcı, hareketi önleyici kamış perdeler yapılmıştır (Şekil 1.1). Kamış perdeler hâkim rüzgârın esme yönüne dik olarak 1.5-2.0 m yüksekliğinde ve iki perde arası mesafesi, perde yüksekliğinin 8-10 katı olacak şekilde kurulmuştur. Kamış perdeler ekonomik olduğu için, sonraki çalışmalara da bu perdeler ile devam edilmiştir. Arazide tespit yapılırken rüzgâr etkisi ile perdelerin yıkılmasını önlemek için kamış perdeler tahta kazıklar ile sabitleştirilmiştir. Daha sonra aradaki toprak yüzeyi otlandırılmıştır. Kamış perdeler arası otlandırıldıktan sonra, kumul hareketini tamamen durdurmak için ağaçlandırma çalışmalarına geçilmiştir. Saha içerisinde kurulan fidanlıklardan temin edilen fidanlar bu perdeler arasına dikilerek yetiştirilmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2012). Ağaç çeşidi olarak yöreye has kuraklığa dayanıklı geniş yapraklı ve iğne yapraklı türlerden İğde (*E. angustifolia*), Yalancı akasya (*R. pseudoacacia*), Arap bademi

(*A. arabica*), Fırat kavağı (*P. euphratica*), Beyaz çiçekli ılgın (*T. parviflora*), Karaçam (*P. nigra*) ve Sedir (*C. libani*) gibi odunsu türler kullanılmıştır. Ancak çalışmaların, bölgedeki susuzluğun ve yüksek sıcaklığın olumsuz etkileri nedeniyle yeterli olmadığı düşünülse de çalışma yapılan bazı lokal alanlarda başarı elde edilmiştir (Şekil 1.2). Alanın tamamı ağaçlandırılmayarak doğal haline bırakılmıştır. Doğal haline bırakılan alanlar zaman içinde otsu ve yarı odunsu türlerle kaplanmış ve alanda rüzgar erozyonu önlenmiştir. Bu başarıya alanın koruma altına alınması, sınırlarına tel örgü çekilmesi ve bu önlemler sayesinde otlatma ve insan baskısının azaltılması ile ulaşılmıştır (Şekil 1.3).

Bu çalışmada ölçümleri yapılan gaz değişim parametreleri ve ksilem anatomileri ile alanda bulunan kuraklığa dayanıklı türler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkararak rehabilitasyon amaçlı ağaçlandırmaların başarısını arttırmak amaçlanmıştır. Aynı zamanda seçilen önemli odunsu türlerin vejetasyon dönemi boyunca ulaştıkları minimum su potansiyeli değerleri ölçülerek, kuraklık ve yüksek sıcaklığa dayanıklılık derecelerinin saptanması da hedeflenmiştir. Bu bölgedeki rastgele seçilen dört türe ait fidanlar sera ortamında yetiştirilmiş, kontrol ve su stresi gruplarına ayrılmıştır. Bu kontrol ve stres bireyleri üzerinde (6 adet kontrol ve 6 adet stres) gaz değişimi ve yaprak su potansiyeli (gün ortası) ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda türlere ait fotosentez hızı-hücrelerarası CO₂ miktarı (A-C_i) eğrileri oluşturularak artan CO₂ miktarına bitkilerin verdiği cevap ve bununla beraber CO₂ telafi noktasının (Γ , kompensasyon noktası) tespit edilmesi ve bitkilerin net fotosentez hızlarının sıcaklık artışı ile ilişkilerinin (A-T) ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu bitkilerle ilgili bugüne kadar fizyolojik ve anatomik ilişkileri içeren çok fazla çalışma yapılmamış olması, bu çalışmanın önemini arttırmaktadır. Sonuç olarak bu çalışmada, Türkiye’de kurak, yarı kurak ve çorak alanlarda yapılan ağaçlandırma, bitkilendirme ve rehabilitasyon çalışmalarında kullanılan türlerin, kuraklığa dayanıklılıkları ve ekofizyolojik özellikleri ortaya çıkartılmıştır.



Şekil 1.1. Rüzgar erozyonu kontrol çalışmaları başlangıcı, Karapınar-1962 (kamış perdelerin taşınma ve tesisi. Resim Konya Toprak Su ve Erozyonla Mücadele Araştırma İstasyonu arşivinden sağlanmıştır).



Şekil 1.2. Rüzgar erozyonu kontrol çalışmalarının sonrası, Karapınar-2015. Arka planda ağaçlandırılmış alanda ağaçlar belli bir boya ulaşmış, hatta bazı yerlerde tam kapalılık oluşmuştur.



Şekil 1.3. Otlatma ve insan baskısına kapalı alan, Karapınar-2015. Arka planda *P. euphratica*, diğer kısımlarda doğal otsu vejetasyon. Ağaçlandırılmamış alanlara otsu ve yarı odunsu doğal vejetasyon yerleşmiş ve alanı tamamiyle kaplamış durumdadır. Resim Doç.Dr. Ferit KOCAÇINAR tarafından çekilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Eko-Fizyolojik Çalışmalar

Geçen yüzyılın ortalarında elde edilen verilere göre, dünya üzerindeki kurak ve yarı-kurak alanların oranı yaklaşık olarak %25 olarak tespit edilmiştir (Fischer ve Turner, 1978). Yüzyılın son çeyreğinde ise bu oran çok değişmemekle beraber, birçok bölgede kuraklığın yoğun etkileri gözlenmiştir (Ward vd., 1999). Yirmibirinci yüzyıl'da ise bu oranın arttığı ve günümüzde yaklaşık olarak %33 olduğu belirtilmektedir (UNCCD, 2010). Gelecekte de sıcak şokları ile beraber kuraklığın etkisinin çok şiddetli olması beklenmektedir (Haldimann ve Feller, 2004). Türkiye genelinde yıllık 300 mm'nin altında yağış gözlenen iki bölge Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgeleridir (Tarım Bakanlığı, 2010; Atalay, 2011). Türkiye'de kurak ve yarı-kurak alanların miktarı artmakta ve sıcaklığın etkisi ile bitki populasyonları üzerindeki etkileri şiddetli olmaktadır (Kocaçınar ve Ok, 2009). Hali hazırda kurak ve yarı-kurak alanlar yaklaşık olarak %75'tir (Çalikoğlu ve Tilki, 2004). Dünya genelinde, bu kurak ve yarı kurak alanlar ve habitatları incelenerek çeşitli çözüm önerileri sunulmaktadır. Kurak ve yarı-kurak alanlarda bitki üretkenliği üzerinde yapılan çalışmalarda bu alanlarda yetişen bitkiler için önemli olan fizyolojik parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler, transpirasyon oranı, toprak su içeriği, kök/gövde oranı ve su kullanım etkinliğidir (Fischer ve Turner, 1978). Bahsedilen parametrelerin doğrudan veya dolaylı olarak bitkinin vejetatif ve generatif organlarının gelişimine etki ettiği ve bitkilerin kurak ve yarı-kurak alanlarda hayatta kalmaları için elzem olduğu belirtilmiştir. Fotosentetik izyolu bu parametrelere doğrudan etki etmektedir; örneğin C_3 bitkilerinde, C_4 ve CAM (krassulasyen asit metabolizması) bitkilerine göre daha yüksek transpirasyon oranı ve daha düşük su kullanım etkinliği gözlenmiştir. Bu durum sonucunda C_3 bitkileri toprak su içeriği ne kadar yüksek olursa olsun, en düşük asimilasyona sahip olmaktadır ve bunun sonucunda kurak ve yarı-kurak alanlara en düşük adaptasyonu göstermektedir (Fischer ve Turner, 1978). Örneğin, Kuzeydoğu Kansas'ta 2 yıl boyunca C_3 ve C_4 bitkilerinin (çalı ve ot formundaki bitkiler) kuraklık ve yıllık yağışa karşı ekofizyolojik cevaplarının incelenmesi sonucunda, yağmur oranı arttığında bitkiler arasında büyüme hızı açısından önemli bir fark oluşmadığı fakat kurak mevsimde, C_4 bitkilerinin fotosentez, transpirasyon ve su kullanım etkinliği açısından C_3 bitkilerinden önemli ölçüde daha iyi performans gösterdikleri tespit edilmiştir (Martin vd., 1991). Kuraklık stresi ve artan CO_2 miktarına karşı C_3 ve C_4 bitkilerinin verdiği eko fizyolojik tepkiler, model C_3 ve C_4 bitkileri üzerinde incelenmiştir. Arazi koşullarında CO_2 miktarları

arttırılarak bitkilerin kuraklık stresine verdiği tepkiler karşılaştırılmış ve artan CO₂ konsantrasyonlarında ve kuraklık stresi altında C₃ bitkilerinin C₄ bitkilerinden çok daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir (Ward vd., 1999). Oysa mevcut atmosferik CO₂ konsantrasyonlarında (400 ppm), C₄ bitkilerinin kuraklık stresi varlığında C₃ bitkilerinden daha iyi performans gösterdiği vurgulanmaktadır (Ward vd., 1999). Örneğin mısır (C₄), fasulye (C₃) ve amarant (C₄) gibi türlerin uzun dönem kuraklık stresi altında gaz değişimi parametrelerine bakıldığında, kısa dönem kuraklık streslerine karşı C₄ bitkilerinin C₃ bitkilerine göre daha dayanıklı olduğu tespit edilmiş, uzun dönem kuraklık stresinde ise fotosentetik izyolları arasında bir fark olmadığı belirtilmiştir (Hura vd., 2007).

Bitkilerin stoma açıklıkları ve bunun kontrol mekanizmasının kuraklık stresinde en önemli faktör olması, ayrıca oksijenin zararlı formlarını gideren stres enzimlerinin varlığı ve genetik faktörlerin belirleyici etkenler olması, bazı bitkilerin kuraklık stresine diğer bitkilere göre neden daha dayanıklı olduğunun göstergeleridir (McDowell vd., 2008). Kırmızı meşe (*Quercus rubra*) türünün ışığa cevap vermeyen yapraklarının sırasıyla yoğun ışığa, karanlığa ve anoksik (oksijensiz) koşullara maruz bırakarak hidrolik iletimi ölçüldüğünde, anoksik koşulların bitkinin rehidrasyonunu olumsuz etkilediği, bununla beraber kırmızı meşenin su iletiminin ışık şiddeti ile ve hatta ışığın varlığı ile alakası olmadığı tespit edilmiştir (Rockwell vd., 2011). C₃ ve C₄ bitkilerinin kuraklık stresine verdiği fotosentetik cevaplar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. C₄ türleri arasında fotosentetik açıdan önemli bir fark olmadığı, fakat bu bitkilerin C₃ bitkilerinden kuraklık stresi altında daha yüksek performans gösterdiği ortaya konmuştur (Alfonso ve Brüggemann, 2012).

Toprak kurumasının büyüme, biyokütle dağılımı, su potansiyeli ve gaz değişimi üzerine etkisi, iki adet tek yıllık otsu bitki (Buğday-C₃- ve *Tragus racemorus* -C₄) türlerinde incelenmiştir. C₄ bitkisi, C₃ bitkisine göre toprak kurumasına (dolayısıyla su stresine) karşı daha yüksek performans göstermiş fakat stresin şiddeti arttıkça, bitkilerin performansları açısından çok büyük bir farkla karşılaşılmamıştır (Kalapos vd., 1996). Pennsylvania'nın (Kuzey Amerika) kurak ve nemli alanlarında yetişen Meşe (*Quercus rubra*) türleri, fotosentez, su ilişkileri ve yaprak morfolojisi açısından karşılaştırıldığında, kurak alanda yetişen meşe türlerinin düşük su potansiyeli ve düşük fotosentez hızı göstermediği saptanmıştır (Kubiske ve Abrams, 1992). Kurak bölgede yetişen meşe türleri anatomik açıdan nemli bölgede yetişen türlere göre, daha düşük stoma yoğunluğu, daha kısa bekçi hücreleri ve daha dar yaprak yüzey alanı gösterirken daha kalın yapraklar üretmiştir (Kubiske ve Abrams, 1992).

Güney Kaliforniya'nın Santa Monica dağlarında beraber yaşayan *Salvia mellifera* ve *Ceanothus megacarpus* türlerinin kuraklığa toleransı ve ksilem embolizmi incelenmiştir. Şiddetli su stresleri altında gerçekleşen ksilem kavitasyonu ve bitkinin bu duruma adaptasyonu, kuraklık stresine karşı toleransta önemli bir faktör olmuş, kuraklık stresinde *C. megacarpus*'un, *S. mellifera*'ya göre embolizme daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir (Kolb ve Davis, 1994). Fakat aynı yerde ve aynı koşullar altında yaşayan bu iki türden *S. mellifera*'nın bahsedilen sonuçlara rağmen hayat döngüsünü devam ettirebildiği de gözlemlenmiştir. Bu durum, bahsi geçen bitkinin hayat döngüsünü bahar aylarıyla sınırlandırmasıyla açıklanmıştır. Çünkü yaz aylarında embolizm riski artmaktadır (Kolb ve Davis, 1994). Ksilem embolizmini ve bunun yaprak su potansiyeli ve stoma iletkenliği ile ilişkisini gösteren bir arazi çalışması, *Fagus sylvatica*, *Fagus purpurea* (Kayın) ve *Populus balsamifera* (Balzam kavağı) türleri üzerinde yapılmıştır. *Populus* türünün kuraklık stresi altında ksilem kavitasyonundan yoğun bir şekilde etkilendiği ortaya konmuştur (Hacke ve Sauter, 1995). Bunların yanında, soğuk ve su stresinin aynı anda görüldüğü Kuzey Utah'ın Wastach dağlarında, halkalı traheli (ring-porous), dağınık traheli (diffuse-porous) ve konifer türlerinde ksilem embolizmi incelenmiştir. Su ve soğuk stresi ayrı ayrı gözlemlendiğinde çalışmadaki konifer türlerin (*Juniperus scopolorum* ve *Abies lasiocarpa*) bu streslere dayanıklı olduğu ve diğer türlere göre daha az embolizm gösterdiği tespit edilmiştir (Sperry ve Sullivan, 1992). Her iki stres aynı anda gerçekleştiğinde *Populus tremoloides*, *Betula occidentalis* ve *Quercus gambelii* türlerinin diğer konifer türlere göre embolizme karşı daha az dayanıklı oldukları belirtilmiştir (Sperry ve Sullivan, 1992). Sonora Çölü'nde (A.B.D.) ksilem kavitasyonuna karşı çöl bitkilerinin hassaslığı, 15 farklı çöl bitkisi ksilem kavitasyon eğrileri oluşturularak değerlendirilmiştir. Yoğun kuraklık koşullarında bu bitkilerin kavitasyonunun gövde yerine kökte meydana gelmesi, odunsu yapının kalınlaştırılması ve bitkilerin az da olsa suyun bulunduğu bölgelerde gelişim göstermesi ile üstesinden geldiği belirtilmiştir (Pockman ve Sperry, 2000). Kurumaya dayanıklı ve dirilme (ressurrection) özelliğine sahip bitkilerde, anormal ksilem kavitasyon eğrileri oluştuğu, bunun sonucunda bu bitkilerin kavitasyona ve hücre duvarı parçalanmasına çok dayanıklı olduğu belirtilmektedir (Willigen vd., 2001).

Kavitasyona uğrayan bitkilerde oluşturulan ksilem kırılma eğrisi (xylem vulnerability curve) ve hidrolik yapıları, kuraklık stresine karşı belirleyici kriter olmaktadır. Bitkilerin kavitasyona karşı kırılma eğrisi düştükçe kuraklığa olan direnci de ters orantılı olarak artmaktadır (Tyree ve Sperry, 1989; Sperry, 1995; Pockman ve Sperry, 2000; Kocaçınar, 2003). Bunun yanında ksilem kırılma eğrisi ile su iletimi arasında negatif

bir oran görülmekte olup, kırılabilirliği düşük olan türler kuraklığa daha dayanıklı iken, kuraklığa duyarlı türlerin hidrolik iletimi daha yüksektir (Sperry, 1995). Kuraklık stresine dayanıklı C₄ türlerinde, iletim demetleri daha küçük ve çok sayıda olduğundan, ksilem kırılabilirlik eğrileri düşük çıkmakta ve dolayısıyla C₃ türlerine göre daha dayanıklı olmaktadır (Kocaçınar, 2003). Ancak aynı iletim demeti büyüklüğüne sahip türlerin kırılabilirliği aynı oranda olmamaktadır. Örneğin aynı ksilem çapına sahip *Cassipourea elliptica* ve *Rhizophora mangle*'ın kırılma noktaları birbirinden farklıdır (Tyree ve Sperry, 1989). Bunun nedeni olarak bu bitkilerin doğal koşullarda ksilemin farklı basınçlara maruz kalmasıdır (Lo Gullo vd., 1995).

İklim değişikliği sonucunda ekosistemlerde oluşan farklılıklar, 60'lı yılların sonrasında çok yoğun olarak görülmekte ve artmaya devam etmektedir. Birçok bölge çölleşme tehlikesi ile karşı karşıya iken, bazı bölgeler de çölleşmiştir. Ayrıca, birçok bitki türünün yaşam alanları ve gözlemlendikleri bölgeler değişirken, bazı türler ise artık endemik oldukları bölgelerde görülmemeye başlanmıştır (Walther vd., 2002). Çöl ortamında tek başına veya beraber yaşayabilen C₃ ve C₄ türleri, hem ayrı bir şekilde hem de beraber yetiştirilmiştir. Bu türler ayrı yetiştirildiğinde, C₃ bitkilerinin adaptasyon ve hayatta kalma oranlarının düştüğü, beraber yetiştirildiklerinde ise her iki fotosentetik izyolu için hayatta kalma oranlarının arttığı görülmektedir. Çünkü, birlikte yetiştirilen bitkilerin transpirasyon oranının, ayrı yetiştirilmeye göre düşük olduğu vurgulanmıştır (Su vd., 2012). Hunshandake çölünde (Kuzey Çin), *Leymus dasystachys* türünde net fotosentez hızı, transpirasyon hızı, stoma iletkenliği ve su kullanım etkinliği incelenmiştir (Wang vd., 2005). Haziran ve Temmuz aylarında ölçümler yapılmış, bu bitkinin daha önce bilinen C₃ gaz değişimi değerlerine göre, çok daha düşük değerlere sahip olduğu, buna rağmen marjinal koşullarda yaşamını sorunsuzca devam ettirebildiği tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak ise, uzun dönemde (yaz dönemi dışında) bu bitkinin tacında, artan gaz değişimi değerlerinin etkili olduğu vurgulanmaktadır (Wang vd., 2005). Çin'in çöllerinde bulunan *Haloxylon persicum* (Beyaz saksaul-C₄-) türünün, kuraklık stresine verdiği fizyo-ekolojik cevapları ortaya koymak amacıyla, gaz değişim parametreleri kuraklık döneminde ve yağış döneminde ölçülmüş, aynı zamanda çeşitli kuraklık enzimleri de bu dönemlerde ölçülerek karşılaştırılmıştır. Enzim konstrasyonlarının, kuraklık arttıkça artma yönünde olduğu, gaz değişim parametrelerinin çok değişiklik göstermemekle beraber, bu bitkinin su içeriği değiştikçe önemli ekofizyolojik değişiklikler gösterdiği tespit edilmiştir (Xiao vd., 2006). Bir başka çalışmada sıcaklık artışının titrek kavağın (*Populus tremuloides*) hidrolik iletimi ile kuraklık stresine direnç üzerindeki etkisi incelenmiştir (Way vd., 2013). Değişik

sıcaklık derecelerinin hidrolik iletim üzerine etkisi, bitkinin farklı organlarında (yaprak sapı, farklı gövde bölgeleri, kök) tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklığın kavağın hidrolik iletimini olumsuz etkilediği ve gelecekteki potansiyel sıcaklık artışlarında kavitasyona olan dayanıksızlığının ileri derecede artacağı bildirilmiştir (Way vd., 2013).

Farklı fotosentetik izyolları evrimi konusunda çeşitli çalışmalar Keeley ve Rundel (2003) ve Sage (2004) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmalardan Keeley ve Rendel (2003), CAM ve C₄ bitkilerinin evrimi üzerine yoğunlaşmışlardır. Sage (2004), özel olarak C₄ bitkilerinin evrimi üzerine yoğunlaşmıştır. Bilindiği üzere, C₄ bitkileri 19 familyada 62 defa bağımsız olarak evrimleşmiştir (Sage vd., 2011). C₃ bitkilerinden evrimleştiği kabul edilen bu bitkiler, oligosen periyodunda azalan atmosferik CO₂ konstrasyonları etkisiyle ortaya çıkmışlardır. İletim demetleri ise, C₄ ve CAM bitkilerinin, C₃ bitkilerine göre daha az su kullanması sonucunda, yüksek performansa sahip su kullanım etkinliği sayesinde evrimleşmiştir (Keeley ve Rundel, 2003).

Dünya üzerindeki daha önce 45 adet olduğu ve daha sonraki çalışmada 62 adet olduğu saptanan C₄ bağımsız kökenlerinin, karbon izotop tekniklerinin ve moleküler biyoloji tekniklerinin ilerlemesiyle açıklanabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, bu sayının artacağı ve daha incelenmemiş bir çok familyanın olduğu vurgulanmıştır (Sage, 2004; Sage vd., 2011). Evrimleşme konusunda önceki çalışmadan farklı olarak modelleme yöntemi kullanılarak, 3 farklı senaryoya ulaşılmıştır. Bu senaryoların ilki, C₄ bitkileri C₃ bitkilerinden doğrudan evrimleşmiştir, ikincisi, C₃-C₄ ara türlerinden evrimleşmiştir, üçüncüsü ise her iki şekilde de evrimleşmiştir (Heckmann, 2016).

Farklı fotosentetik izyollarının ksilem yapısında ve su iletiminde farklılıklar oluşturduğu Kocaçınar ve Sage (2004) tarafından belirtilmiştir. Bu çalışmada, çeşitli kurak alanlardan (Batı Amerika ve Asya) elde edilmiş odunsu bitkiler, yaprak alanı spesifik (K_L) ve ksilem alanı spesifik iletkenliği (K_s) ve anatomik özellikleri açısından karşılaştırması sonucunda C₄ bitkileri ve C₃ bitkileri arasında dikkate değer bir fark olduğu ortaya konmuştur (Kocaçınar ve Sage, 2003; Kocaçınar ve Sage, 2004; Kocaçınar vd., 2008; Kocaçınar, 2015).

Türkiye’de kurak alan olarak kabul edilen Konya Karapınar’ın rehabilitasyonu için önerilebilecek türlerin ekofizyolojik özellikleri incelendiğinde, *Tamarix parviflora* (İlgün-C₃) ve *H. persicum* (Beyaz saksaul-C₄) türleri bu marjinal alanda yetiştirilerek kuraklık sonucunda, *H. persicum* türünün *Tamarix parviflora* türüne oranla daha dayanıklı olduğu, fakat tuz stresi uygulaması sonucunda ise *Tamarix parviflora* türünün *H. persicum* türüne oranla daha dayanıklı olduğu belirtilmektedir (Kocaçınar vd., 2010). C₄ bitkisinin olumsuz

koşullar altında yetiştirilmiş bireylerinin, C₃ bitkisinin kontrol grubu kadar asimilasyon (net fotosentez) yaptığı, daha düşük stoma iletkenliğine ve transpirasyon oranına sahip olduğu tespit edilmiştir (Kocaçınar ve Ok, 2010). Aynı bölgede, *H. persicum* ve *Calligonum turbineum* (C₄) türlerinin değişik sıcaklıklarda fotosentetik özelliklerinin incelenmesi sonucunda, *C. turbineum*'un *H. persicum*'a göre yüksek sıcaklıklarda daha yüksek su kullanım etkinliğine sahip olduğu ve her iki bitki de bu kurak alana iyi adaptasyon gösterdiği belirlenmiştir (Kocaçınar ve Ok, 2009). *Populus euphratica*, *H. persicum* ve aynı habitatı paylaşan türlerde tuz stresine karşı eko-fizyolojik özellikler incelendiğinde, tuz stresinin tohum gelişimini olumsuz etkilediği belirtilmektedir (Ma vd., 1997; Song vd., 2005). *Tamarix* türleri, Haziran ve Ekim ayları arasında yüksek sıcaklıkların görüldüğü Palermo (İtalya) bölgesinde yetiştirilmiş, kuraklığa karşı ekofizyolojik etkiler incelenmiş ve bu türlerin kuraklığa ve yüksek sıcaklığa dayanıklı türler olduğu, kurak, çorak ve yüksek sıcaklık stresi altındaki alanlarda kullanılabileceği belirtilmiştir (Grisafi vd., 2016).

Yıllık yağışın 300 mm'nin altına indiği kurak alanlarda doğal dengenin bozulduğu, toprakların aşınarak bitki örtüsünün zayıfladığı bilinmekte ve böylelikle bu alanlarda rüzgâr erozyonu ve materyal taşınımı meydana gelmektedir. Bu alanlarda kuraklığa dayanıklı ağaç ve ağaççıkların kullanılmasının gerekliliği vurgulanmaktadır (Atalay, 2011). Ayrıca bozuk ve çalılışmış orman alanlarının uygun türlerle ağaçlandırılmasıyla kullanılabilir su miktarının artabileceği ve bu çalışmalarda oluşturulan rüzgâr perdeleriyle tarım alanlarının ve otlakların korunabileceğini belirtilmektedir (Kantarıcı, 2011). Bu nedenlerle kurak, yarı kurak-soğuk bölgelerde, İç Anadolu'daki uygun ekolojik koşullarda *Pinus nigra*, *Elaeagnus angustifolia*, *Crateagus*, *Ailanthus*, *Thuja*, *Acer*, *Tamarix parviflora*, *Populus euphratica*, *Robinia pseudoacacia* ve *Haloxydon persicum* türleriyle ağaçlandırma yapılmasının uygun olacağı belirtilmektedir (Boydak ve Çalışkan, 2014).

2.2. Anatomi Çalışmaları

Avustralya'nın güney batısındaki odunsu türlerin ekoloji ve odun anatomilerinin ilişkilerinin ortaya konduğu bir çalışmada, trahe özellikleri (trahe çapı, mm²'deki trahe sayısı) dikkate alınarak farklı yetiştirme ortamları (bataklık çalılıarı, su kıyısı çalılıarı, fundalıklar, çöl çalılıarı ve orman altı çalılıarı) için mesomorfi ve vulnerabilite değerleri tespit edilmiştir (Carlquist, 1977). Çalışmada ölçülen türlerde mesomorfi değerinin ((trahe çapı / mm²'de trahe sayısı) x Trahe Hücre Uzunluğu) 75 ve daha düşük bir değere sahip olması kseromorfinin belirteci olarak değerlendirilmiş; böylelikle Avustralya'nın batı florasının fazlasıyla kseromorfik (kurak koşullara dayanıklı) bir karakterde olduğu

belirtilmiştir (Carlquist, 1977). Gnetales (*Ephedra*, *Gnetum* ve *Welwitschia*) familyasına ait türlerde ekolojik, fizyolojik ve sistematik özellikler arasındaki ilişkilerin gelişimi incelenmiştir. SEM (scanning electron microscope) yardımıyla radyal kesit görüntüleri elde edilmiş ve bu görüntülerde geçit membranları, perforasyon tablaları ve helical kalınlaşmalar tespit edilmiştir. Işık mikroskobu yardımıyla elde edilen enine kesit görüntülerinde iletim demetleri, farklı hücre yapıları ve kabuğun anatomik yapısı incelenmiş, farklı ekolojik özelliklere göre dayanıklılıkları ortaya konmuştur (Carlquist, 1996). Başka bir çalışmada İsrail ve komşu bölgelerdeki ılıman ve kurak alanlarındaki odunsu floraya ait trahe hücre uzunluğu, trahe çapı, trahe gruplaşması, trahe çeper kalınlığı ve helikal kalınlaşma gibi anatomik özellikler, Kuzey Batı Avrupa'nın nemli soğuk ılıman florası, tropikal yağmur ormanları ve Java'nın muson orman florası ile karşılaştırılmıştır (Baas vd., 1983). Bu çalışmada kurak alanlarda yetişen türlerin, ılıman bölgede yetişenlere göre daha kalın trahe çeperi oluşturduğu, daha küçük trahe çapı meydana getirdiği saptanmıştır (Baas vd., 1983). Kaliforniya'nın güneyinde bulunan *Eriastrum densifolium* popülasyonlarının ekolojik ve coğrafik özellikleri, anatomik özellikler ile arasındaki korelasyon ortaya konduğunda, trahe elemanlarının farklı habitatlarda gösterdiği güçlü adaptasyonların önemi vurgulanmıştır. Bu türe ait 5 adet varyetede ekofizyolojik özellikler ve anatomik farklılıklar doğrultusunda mesemorfi indeksleri belirlenmiştir (Patterson ve Tanowitz, 1989). Avrupa'da yetişen *Angiospermae* taksonlarından *Salicaceae* familyasına ait *Salix alba*, *Salix viminalis*, *Salix cinerea*, *Salix purpurea*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus tremula* ve *Populus euphratica*'nın anatomik özellikleri belirlenmiş ve anatomik özelliklerine ait farklılıklar karşılaştırılmıştır (Schweingruber, 1990). Çalışma sonucunda ekolojik koşulların türlerde anatomik farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır. *Rosaceae* familyasının anatomik özellikleri ve bu özelliklerin fenoloji, ekoloji ve habitus arasındaki ilişkiler incelendiğinde, bitkilerin habituslarının helikal kalınlaşmayı, makro klimanın ise trahe hücre uzunluğunu doğrudan etkilediği saptanmıştır (Zhang vd., 1992). Kaliforniya sahil aralığında bulunan 51 adet angiosperm türünün odun yoğunluğu ve trahe elemanlarının ekolojik korelasyonlarına bakıldığı bir çalışmada, her türden alınan 5 örnek üzerinde ekolojik koşullar dikkate alınarak odun yoğunluğu ve trahe elemanları (ortalama trahe alanı, trahe yoğunluğu ve toplam diri odun alanı) ölçülmüş ve RMA (Reduced major axis) regresyon analizi yapılmıştır (Preston vd., 2006). Bu türlerde ekolojinin anatomi üzerinde, en fazla odun yoğunluğuna ve trahe elemanlarına doğrudan etki ettiği, ortaya çıkan en önemli faktörlerin maksimum bitki boyu ve toprak su içeriği olduğu vurgulanmıştır. Uzun boylu ağaçlarda geniş trahelerin bulunduğu ancak bu türlerde trahe

yoğunluğunun kısa boylu ağaçlara göre daha düşük olduğu bulunmuştur (Preston vd., 2006). Dört farklı dikotiledon türüne ait (*Salix sachalinensis*, *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Acer mono* ve *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*) intervasküler geçit membranlarının yapısı, alan-emisyonlu taramalı elektron mikroskopunda incelemiştir (Sano, 2005). Birim alandaki geçit sayıları, geçitlerin radyal ve tanjansiyal genişlikleri ölçülerek bu türlerde elde edilen sonuçların, geçit membranları hakkında bilinenlerden daha karmaşık olduğu vurgulanmıştır. *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* türünde diğer türlerin tersine ilkbahar odunundaki geçitlerde ölçümler yapılmış, bu geçit açıklıklarının diğer 3 türe göre daha dar olduğu görüntülerle ortaya konmuştur. İki angiosperm türünde (*Fraxinus americana* ve *Ulmus americana*) intervessel geçit membranının hidrolik direncine ait doğrudan ölçümler yapıldığı bir araştırmada taramalı elektron mikroskopunda *Ulmus americana*'nın geçit membranlarının, *Fraxinus americana*'ya göre daha ince ve çok sayıda olduğunu belirtilmiştir (Choat vd., 2006). Bu ölçümlere göre geçit membranlarının özelliklerinin, hidrolik dirence çok önemli katkı sağladığı vurgulanmıştır.

Türkiye'de doğal olarak yetişen bazı dikotil familya taksonlarına ait 14 adet türün perforasyonlu özışını hücreleri ve odun hücreleri (anatomik karakterler) tespit edilmiştir (Merev vd., 2005). Bu taksonlar; *Berberis vulgaris* L. (Berberidaceae), *Colutea armena* Boiss & Huet (Fabaceae), *Coronilla emerus* L. (Fabaceae), *Chamaecytisus hirsutus* (L.) Link. (Fabaceae), *Cytisus villosus* Pourr. (Fabaceae), *Hedera helix* L. (Araliaceae), *Paliurus spina-christii* Mill. (Rhamnaceae), *Pistacia lentiscus* L. (Anacardiaceae), *Salix triandra* L. subsp. *triandra* L. (Salicaceae), *Sambucus nigra* L. (Caprifoliaceae), *Staphylea pinnata* L. (Staphyleaceae), *Tamarix smyrnensis* Bunge. (Tamaricaceae), *Vitis silvestris* Gmelin. (Vitaceae) ve *Vitis vinifera* L. (Vitaceae)'dir. Bu perforasyonlu özışını hücrelerinin, taksonlara göre tek veya grup halinde, multiseri özışınlarının gövde kısmında, üniseri ve multiseri özışınlarının uç kısımlarında yer aldığı belirtilmiştir. Bu hücrelerin komşu hücrelere göre daha büyük olduğu, perforasyon tiplerinin genelde trahe hücrelerinin perforasyon tablasına benzediği vurgulanmıştır (Merev vd., 2005). Bir başka çalışmada Türkiye'de doğal olarak yetişen 23 adet meşe taksonunun bölgelere ve yükselti kademelerine göre anatomik özellikleri araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda bu taksonların Türkiye genelinde, bölgeler bazında intraspesifik (tür düzeyinde) ve interspesifik (cins düzeyinde) varyasyonlar şeklinde farklılıklar oluşturduğu, odun elemanlarının kantitatif özellikleri ile rakım arasındaki ilişkilerin doğrudan bağlantılı olduğu ortaya konulmuştur (Merev vd., 2000). Ayrıca Trabzon ve yöresindeki 42 adet egzotik Gymnospermae (Açık Tohumlular) taksonlarının odunlarından alınan örneklerle

enine (transversal), boyuna ışınsal (radyal) ve boyuna teğetsel (tanjansiyal) kesitler alınarak bu taksonların odun anatomilerine ait özellikler detaylı olarak incelenmiş, anatomik mikrofotografaları çekilmiş, bazı taksonlardaki farklı yapılar vurgulanarak görsel amaçlı odun atlası oluşturulmuştur (Gerçek vd., 2011). Türkiye'de yetiştirilen ve Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki *Camellia sinensis* (L.) Kuntze'nin populasyonları, bulunuş yerlerine göre 4 bölge ve 16 farklı araştırma alanı (grup) seçilerek, bu alanların ekolojik özellikleri belirlenerek, odun ve yaprağın iç yapısı incelenmiş ve oluşan ekolojik ve anatomik farklılıklar tespit edilmiştir (Gerçek, 1984). Bu çalışmaya göre denizden yükseklerle çıkıldıkça mm²deki trahe sayılarında artma tespit edilmiş, bu artış iklim koşulları ile ilişkilendirilmiştir. Yağışın yüksek olduğu nemli alanlarda bitkideki iletim elemanlarının adaptasyon sağladığı ve bu alanlarda daha iyi yetiştiği vurgulanmıştır (Gerçek, 1984).

Odun anatomisinin önemi yanında kranz anatomisinin de bitkiler açısından önemi oldukça fazladır. Bu nedenle yapılan çalışmalar her geçen gün değer kazanmaktadır. Bununla birlikte kranz anatomisinin evrimindeki yeniliklerin dikkate alındığı bir çalışmada, farklı bölgelerde yetişen 16 *Flaveria* türünde C₃, C₃-C₄ ara türleri, C₄-benzeri ve C₄ fotosentetik izyollarına sahip türlerin yaprak anatomileri incelenmiştir. Mezofil hücreleri, demet kını hücreleri ve yapraktaki ince damar yoğunluğu (leaf vein density) açısından karşılaştırılmıştır. *Flaveria* türlerinden C₃-C₄ ara türü, C₄-benzeri ve C₄ türlerinde mezofil hücrelerinin demet kını hücrelerine oranının, C₃ türlerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir (McKown ve Dengler, 2007). C₄ fotosentez izyolu ve kranz anatomisi hakkında farklı kaynaklardan yapılan bir derlemede, C₄ bitkilerinde yaprak anatomisinin bileşenleri ve önemi belirtilmiştir. C₄ bitkilerinin kurak alanlarda, yüksek sıcaklıkta ve marjinal koşullarda adaptasyonlarının daha iyi olduğunu vurgulanmıştır (Berry ve Patel, 2008). Brezilya Mato Grosso'nun farklı iklimik, edafik ve biyotik özellikleri açısından 3 bölgesinde bulunan *Qualea parviflora* Mart. plantasyonlarındaki yaprakların anatomik özellikleri incelenmiş, her 3 bölgeden alınan yaprakların enine kesitlerinde, mezofil hücrelerine, hücre duvarlarının kalınlıklarına, kutikula tabakasının kalınlığına ve vasküler iletim demetlerine bakılmış ve bölgeler arası karşılaştırma yapılmıştır (Ariano ve Silva, 2016). İklim özelliklerine göre yapraktaki mezofil hücreleri ve hücre duvarı kalınlıklarının, her bölgede değişiklik gösterdiği (kuzey de kalın kutikula, kalın hücre duvarı) tespit edilmiştir (Ariano ve Silva, 2016). Ksilem yapısı ve ksilemin uzak mesafelere su taşıma fonksiyonları incelenmiştir. Ksilem yapısı, kohezyon-gerilim teoremi, kavitasyon, gaz değişim parametreleri, stres koşulları ve ekolojik koşulların

bitkilerdeki su iletimi üzerinde doğrudan etkili olduğu belirtilmiştir (Hacke ve Sperry, 2001). Odunsu bitkilerdeki ksilem yapısı ve fonksiyonlarının tespit edildiği bir çalışmada, C₄ bitkileri ile C₃ bitkileri arasında odun anatomisi farklılıkları ortaya çıkarılmıştır (Kocaçınar ve Sage, 2004). Bu çalışmada genel olarak C₄ odunsu bitkilerde bulunan iletim elemanlarının (trahe) C₃ odunsu türlere göre daha küçük ancak daha çok sayıda olduğu vurgulanmıştır (Kocaçınar ve Sage, 2004).

Sonuç olarak yukarıda verilen çalışmalar doğrultusunda bitkilerde ekolojik etmenlerin anatomik özelliklere doğrudan etki ettiği açıkça görülmektedir.



3. MATERİYAL ve METOT

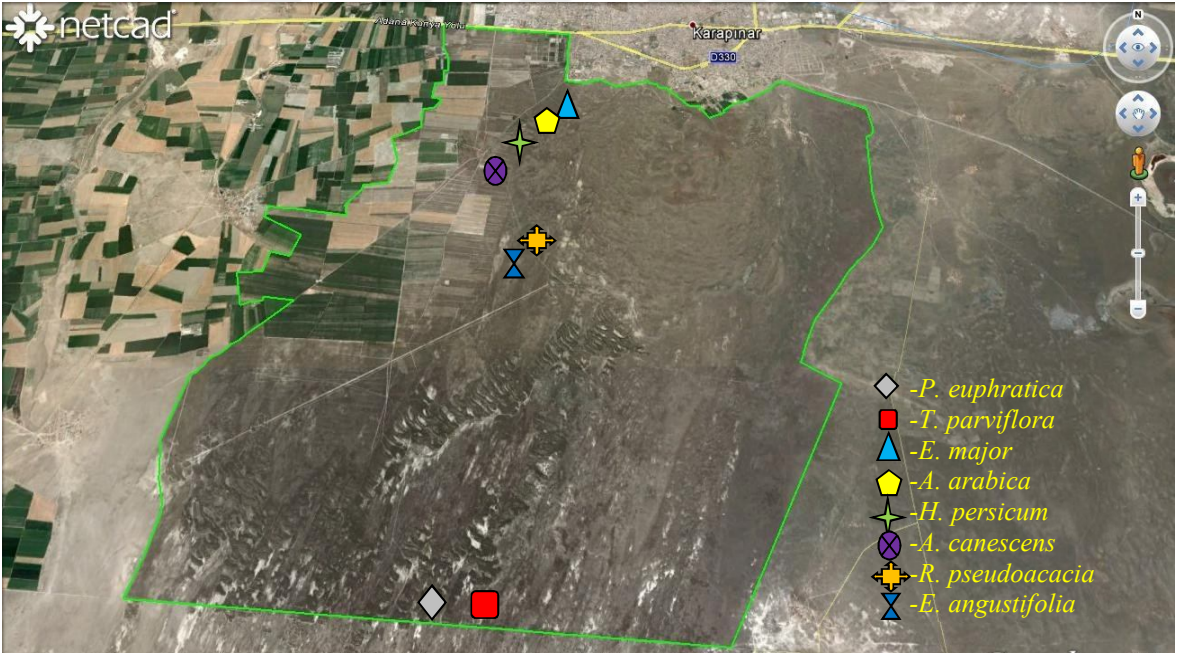
3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri

Türkiye'nin kurak, yarı kurak, çorak ve en marjinal alanlarından biri olan İç Anadolu Bölgesi Karapınar Yöresi ve bu yörede yapılmış ağaçlandırma sahaları, çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3). Araştırma alanının rakımı 1050 metredir. Karapınar Yöresi, kurak iklim koşulları dolayısıyla geçmiş yıllarda orman yetiştirmeye çok uygun görülmemiştir. Kuraklık, iklim değişikliği ve aşırı otlatma neticesinde oluşan tahribatlar bitki örtüsünü önemli ölçüde yok etmiş, toprağın killi ve tozlu kısımları aşırı rüzgârla taşınarak araziye kara kumuluna dönüştürmüştür. Bu nedenle ilçede yaşayan insanlar çok zor durumda kalmışlardır. Bu olay sonucu ilçenin taşınması dahi gündeme gelmiştir. Fakat bu alanın rehabilite edilebileceği fikri doğmuş ve alanda 1962 yılında kumul önleme çalışmalarına ve rüzgâr erozyonunu önlemek amacıyla ağaçlandırmalara başlanmıştır (Kantarıcı vd., 2011). Bu yörede yaz aylarında potansiyel evapotranspirasyon yağıştan çok daha fazla gerçekleşmekte, bu durumun özellikle Mayıs-Ekim ayları arasında belirgin bir şekilde kendini hissettirdiği görülmektedir (Şekil 3.4). Bu dönem aralığı bitkilerin vejetasyon dönemine rastladığı için bitkiler oldukça yüksek su açığı ve su stresine maruz kalmaktadır. Bu nedenle, bir çok odunsu bitki bu gibi alanlardan ya tamamen çekilmiş ya da bu çalışmada kullanılan türler gibi çok spesifik adaptasyonlar geçirerek yaşamlarını sürdürmektedir. Çalışma alanı toprak özellikleri bakımından genel olarak balçıklı-killi ağır bir toprak tekstürüne sahip olup, pH'sı alkalın, kireç içeriği çok yüksek, üst tabakalarda tuz içeriği az fakat derinlere doğru inildikçe tuzluluk oranı artan ve organik maddece oldukça zayıf karakterdedir. Organik madde oranı alt tabakalara göre üst tabakalarda biraz daha fazla çıkmaktadır. Çünkü bu durum tek yıllık bitkilerin köklerinin yaklaşık 0-30 cm derinlikte olmasından kaynaklanmaktadır. Toprakta potasyum, magnezyum ve sodyum içerikleri uygun düzeyde olup, kalsiyum ve kireç içeriği yüksektir. Mikro element içerikleri ise, çinko ve bakır bakımından noksan, demir ve mangan açısından yeterli düzeydedir (Kocaçınar vd., 2010).



Şekil 3.1. Konya İli Karapınar İlçesi, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Araştırma İstasyonu içinde bulunan ağaçlandırma sahasının Türkiye haritası üzerindeki konumu.



Şekil 3.2. Konya İli Karapınar İlçesi, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Araştırma İstasyonu içinde bulunan ağaçlandırma sahasında bulunan ve bu çalışmada kullanılan türlerin konumu.



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan türler dahil çeşitli çalı ve ağaç türleri ile kaplı çalışma alanından bir görünüm

3.1.2. Çalışma Alanına Ait İklim Verileri

Karapınar, Thornthwaite metoduna göre yarı kurak, birinci dereceden mezotermal, yılın birçok ayında su açığı olan karasal şartlara yakın iklim tipine girmektedir. Karapınar (1956-2003) meteoroloji istasyonu iklim verilerine göre yıllık ortalama yağış miktarı 287 mm/m² civarındadır (Avcı, 2004). Başka bir çalışmada ise (1994-2008), belirlenen yağış miktarı 271.5 mm/m²'dir (Kantarıcı vd., 2011). Aynı yörede 1980-2015 yılları arasında elde edilen verilere göre ise ortalama yıllık yağış miktarı 276 mm/m²'dir (MGM, 2016). Karapınar yöresinde en fazla yağış ilkbahar ve kış mevsimlerinde düşer (ilkbahar %35, kış %35). İlkbahar ve kış mevsiminden sonra en fazla yağış alan mevsim sonbahar olup, yağışın %19'u bu mevsimde düşmektedir. Yağışın dağılışında dikkat çeken bu özellikler değerlendirildiğinde Karapınar istasyonunda yıllık yağışın en az %70'inin ilkbahar ve kış mevsimleri arasında paylaşıldığı ortaya çıkmaktadır (Avcı, 2004). Karapınar yöresinde en az yağış alan mevsim yaz mevsimidir. Bu bölgeye yazın neredeyse hiç yağış düşmemektedir. Ayrıca, bu bölgede yazın çok az yağış düşmesinin yanı sıra, yüksek sıcaklıkların gerçekleşmesi toprak sularının hızla tükenmesine ve bitkiler için aşırı su açığının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu yörede yıllık ortalama sıcaklık 10.9 °C'dir. En sıcak ay olan Temmuz ayında ortalama sıcaklık 22.8 °C'dir. Ocak ayında sıcaklık

ortalaması $-0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir (Avcı, 2004). Bu bölge kuru ve sıcak rüzgârların etkisi altındadır ve genellikle rüzgâr kuzey ve güney yönden güçlü bir şekilde esmektedir. Toros Dağlarından esen rüzgârlar, nemini bırakmış kuru rüzgârlar olduğu için yörede bulunan hava nemini de alarak bir çöl iklim etkisi yaratmaktadır. Bu rüzgârlar toprak yüzeyinde bulunan tek yıllık bitkileri ve tahrip olmuş, vejetasyon örtüsü olmayan, çıplak alanlardaki kumulları taşımaktadır. Doğal ya da ağaçlandırma yolu ile oluşan rüzgâr perdesinden yoksun alanlarda kumul tepelerinin oluştuğu görülmektedir.

Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Merkezi, Karapınar Araştırma İstasyonu'nda bulunan meteorolojik cihazlardan ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden yöreye ait 1980-2015 yılları arasındaki ortalama iklim verilerinden (Tablo 3.1), 2014 ve 2015 yıllarına ait iklim verileri temin edilmiştir (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2014; Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015).

Tablo 3.1. Karapınar yöresine ait 1980-2015 yılları arasındaki ortalama iklim verileri

	SICAKLIK			YAĞIŞ
	Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	En Düşük Sıcaklık Ort. ($^{\circ}\text{C}$)	En Yüksek Sıcaklık Ort. ($^{\circ}\text{C}$)	Ortalama Yağış (mm)
Ocak	-0,4	-5.2	5.0	30.2
Şubat	0.4	-5.0	6.4	24.8
Mart	5.1	-1.6	12.2	24.3
Nisan	10.8	3.3	18.2	34.5
Mayıs	15.5	7.2	23.1	33.7
Haziran	20.1	11.0	27.7	25.0
Temmuz	23.3	13.8	31.1	6.2
Ağustos	22.6	13.1	31.1	2.5
Eylül	17.7	8.4	27.1	8.3
Ekim	11.7	4.0	20.6	21.5
Kasım	5.2	-0.8	12.5	28.5
Aralık	1.5	-3.2	7.1	36.5
Yıllık Ortalama	12.2	3.8	18.5	276

Tablo 3.2 Karapınar Araştırma İstasyonu 2014 Yılı İklim Verileri (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2014)

	SICAKLIK			YAĞIŞ
	Ortalama Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama Yağış (mm)
Ocak	2.3	-10.1	15.4	10
Şubat	3.3	-13.7	18.2	6.8
Mart	6.8	-12.1	21.2	17.2
Nisan	11.9	-5.7	27.1	1.1
Mayıs	15.4	2.1	28.8	6.1
Haziran	18.6	7.4	32.8	9.6
Temmuz	24	11.1	36.7	0
Ağustos	23.3	9.9	35.1	3.2
Eylül	18.1	-0.4	31.8	5.9
Ekim	11.5	-4.9	25.4	16.1
Kasım	5.6	-7.1	18.1	126
Aralık	5.3	-7.8	15.6	10
Yıllık Ortalama	12.2	-2.6	25.5	212

Tablo 3.3. Karapınar Araştırma İstasyonu, 2014 Yılında Ölçüm Yapılan Günlere Ait İklim Verileri (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2014)

Ölçüm Tarihi	Günlük Ort. Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)
05-09 Haziran 2014	19.3	10.4	24.9	8.2
08-10 Temmuz 2014	28.8	20.8	36.1	0
06-10 Ağustos 2014	32.2	26.8	38.8	0
10-14 Eylül 2014	26.6	18.4	28.3	4.5

Ortalama sıcaklık, en yüksek ve en düşük sıcaklıklar, ortalama yağış verileri alınarak 2014 ve 2015 yılları için değerlendirilmiştir (Tablo 3.2, Tablo 3.4). Alanda yapılan arazi çalışmalarında gerek kullanılan gaz değişimi ölçüm cihazı gerekse el

termometreleriyle ölçülen iklim verileri (ortalama ve yüksek sıcaklık, yağış), istasyona ait cihazlardan alınan ölçümlerle beraber değerlendirilmiştir (Tablo 3.3, Tablo 3.5). Karapınar’da büyüme mevsimi Tablo 3.2 ve Tablo 3.4’den anlaşılacağı üzere Mayıs ayında başlayarak Eylül ayı sonunda bitmektedir. Dolayısıyla yaklaşık olarak 5-6 aylık bir büyüme mevsimi gerçekleşmektedir. Bu büyüme mevsiminde neredeyse hiç yağış düşmemektedir veya 20-25 mm gibi çok az yağış düşmektedir. Zaten bu yağış miktarı bitkiler için elverişli bir yağış miktarı değildir. Çünkü daha köklere ulaşmadan tekrar buharlaşmaktadır. Bu yüzden o yörede yetişen bitkiler bazı ayları, topraktaki suyu kullandıkları için stressiz geçiriyor olabilirler, ancak Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında giderek artan derecelerde su stresine girdikleri tahmin edilmektedir. Bu yörede bitkilerin su stresine girip girmedikleri veya hangi seviyede su stresine girdiklerini tespit etmek amacıyla çalışılan türlerde periyodik olarak su potansiyeli ölçümleri yapılmıştır.

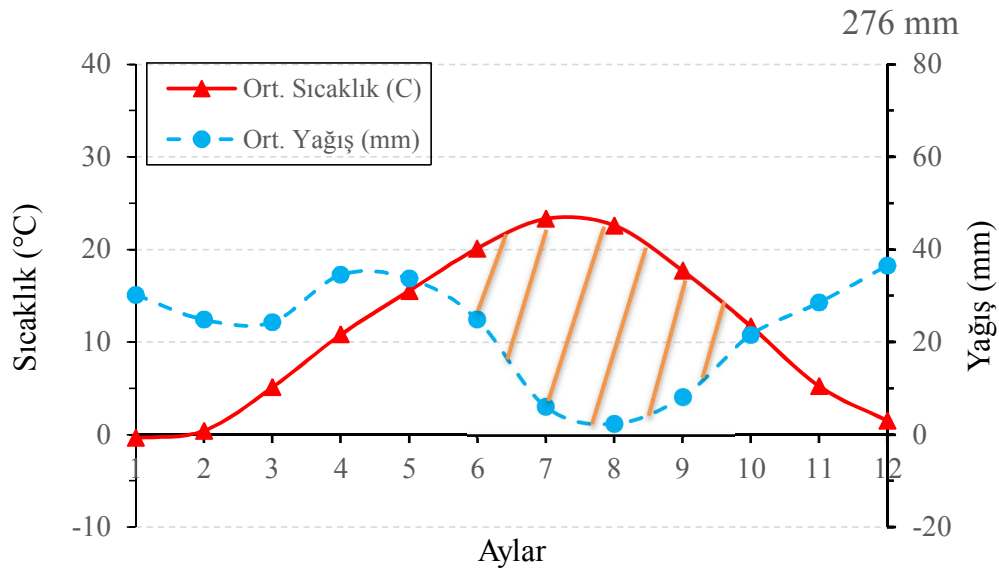
Tablo 3.4. Karapınar Araştırma İstasyonu 2015 Yılı İklim Verileri (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015)

	SICAKLIK			YAĞIŞ
	Ortalama Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama Yağış (mm)
Ocak	3	-11.3	16.5	10
Şubat	3.6	-12.9	19.8	6.4
Mart	6.9	-11.4	21.3	16.8
Nisan	12	-4.6	28.8	0.9
Mayıs	15.2	3.8	29.3	5.3
Haziran	19.4	6.1	34.4	8.1
Temmuz	24.3	10.3	38.5	0.4
Ağustos	24.6	10.6	36.7	3.5
Eylül	19.2	-0.2	32.2	5.8
Ekim	11.4	-3.3	26.1	15.8
Kasım	7.8	-6.7	19.4	117
Aralık	6.9	-7.5	15.2	19
Yıllık Ortalama	12.9	-2.3	26.5	209

Tablo 3.5. Karapınar Araştırma İstasyonu, 2015 Yılında Ölçüm Yapılan Günlere Ait İklim Verileri (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015)

Ölçüm Tarihi	Günlük Ort. Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)
26-30 Mayıs 2015	19.2	14.1	22.7	4.1
26-30 Haziran 2015	25.1	16.4	26.3	3.8
22-26 Temmuz 2015	30.8	20.9	36.5	0
20-24 Ağustos 2015	32.4	27.1	39.2	0
26-30 Eylül 2015	26.2	19.3	28.4	4.3

İklim verileri yardımıyla Karapınar için Walter iklim diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 3.4). Buna göre 1980-2015 yılları arasında 35 yılda kaydedilen ortalama sıcaklık ve ortalama yağış ölçümleri değerlendirilmiştir. Bu grafik incelendiğinde Karapınar İlçesinde kurak devre Mayıs ayının ilk haftası başlamakta ve Eylül ayının son haftasında sona ermektedir. Bu dönemde potansiyel evapotranspirasyon düşen yağış miktarının çok üstünde seyretmekte olup önemli derecede su noksanlığı oluşmaktadır. Yağışlı devre Ekim-Nisan ayları arasındadır. Bu yağışlı devre ise vejetasyon dönemi dışında bitkilerin uyku halinde olduğu dormant döneme denk gelmektedir. (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Uzun yıllara ait (1980-2015) Karapınar'ın Walter iklim diyagramı (MGM, 2016)

Giderek artan sıcaklık nedeniyle 1961-1990 yılları arasında ölçülen iklim verileri kullanılarak gelecekte sıcaklık ve yağış miktarları tahmin edilmeye çalışılmıştır (Demir vd., 2008). Şöyle ki 1961-1990 dönemini referans olarak oluşturulan simülasyonla gelecek dönem (2071-2100) A2 senaryosu hazırlanmıştır. Türkiye’de gelecekteki bu dönemde kış aylarında 5-6 °C, yaz aylarında ise 8°C sıcaklık artışı öngörülmektedir. Bunların yanında yağış miktarında yaklaşık olarak %40 oranında azalma beklenmektedir. Sıcaklık artışı ve yağışların azlığının, su açığına neden olması tahmin edilmektedir. Dolayısıyla gelecekte sıcaklık artışı ve yıllık yağış miktarının düşüşü, Türkiye için çok önemli bir sorun olarak ortaya çıkacaktır (Demir vd., 2008).

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Türler

Bu çalışmada, Karapınar Araştırma İstasyonu’nda doğal olarak bulunan veya ağaçlandırma çalışmalarında kullanılan bazı odunsu C₃ türlerinden Deniz üzümü (*Ephedra major* Host, Şekil 3.5A), Beyaz çiçekli ılgın (*Tamarix parviflora* L., Şekil 3.6B), Fırat kavağı (*Populus euphratica* Oliv., Şekil 3.7A), Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L., Şekil 3.7B), Arap bademi (*Amygdalus arabica*, Şekil 3.8A), Kuş iğdesi (*Elaeagnus angustifolia* L., Şekil 3.8B), C₄ türlerinden Beyaz saksaul (*Haloxylon persicum* Bunge, Şekil 3.6A) ve Tuz çalısı (*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., Şekil 3.5B) olmak üzere sekiz tür çalışılmıştır. Bu türlerden altı tanesi C₃, iki tanesi C₄ fotosentetik izyoluna sahip olan türlerdir (Tablo 3.6). Bu türlerin ayrıntılı incelemeleri yapılarak, gerek fizyolojik gerekse anatomik veriler ışığında farklılıklar karşılaştırılmak suretiyle, kurak ve yarı kurak alanlarda kullanılma kapasiteleri ortaya çıkarılmıştır.

Karapınar yöresinden temin edilen Yalancı akasya (*R. pseudoacacia* L.), Kuş iğdesi (*E. angustifolia* L.), Arap bademi (*A. arabica*) ve Tuz çalısı (*A. canescens*) türlerine ait 24’er adet fidan, Şubat 2015 de, K.S.Ü. Avşar Kampüsü’ nün kuzeyinde bulunan serada doğal ortamlarındaki benzer koşullarda (35-40 °C) yetiştirilerek 6 adet kontrol ve 6 adet stres guruplarına ayrılmıştır (Şekil 3.9 ve Şekil 3.10). Tüm bitkiler 8.0 L. hacimli saksılarda; torf, perlit, vermikülit ve kırmızı toprak (sırasıyla v/v/v/v %25, %12.5, %12,5, %50) karışımında yetiştirilmiştir. Kontrol gurubu bitkilerde düzenli olarak sulama yapılmış, stres gurubundaki bitkilerde 15 gün su verilmeyerek su stresi uygulanmıştır. Bu bitkilere Hoagland besin çözeltisi verilmiştir (Sage and Percy, 1987; Abacı, 2009).

Tablo 3.6. Çalışmada kullanılan türlerin familyası, fotosentez tipi, habitatu ve yayılış alanları.

Tür İsmi	Familyası	Fotosentez Tipi	Habitat	Yayılış Alanları	Referans
<i>P. euphratica</i>	Salicaceae	C ₃	Kurak, yarı kurak ve yarı nemli alanlar	Kuzey Afrika, Orta Doğu ve Orta Asya, Çin	Davis, 1965
<i>A. arabica</i>	Rosaceae	C ₃	Kurak, taşlı alanlar, (bozkırlar)	Suriye çölü, Lübnan, kuzey Irak ve batı İran	Davis, 1965
<i>R. pseudoacacia</i>	Fabaceae	C ₃	Kurak, yarı kurak alanlar	Kuzey Amerika	Davis, 1965
<i>E. angustifolia</i>	Elaeagnaceae	C ₃	Dere ve nehir kıyıları, yarı nemli ve yarı kurak alanlar	Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika	Davis, 1965
<i>E. major</i>	Ephedraceae	C ₃	Taşlık, kayalık, kurak ve yarı kurak alanlar	Kuzey Amerika, Güney Avrupa, Kuzey Afrika, Orta Asya, Orta Anadolu, Çin	Davis, 1965
<i>T. parviflora</i>	Tamaricaceae	C ₃	Yarı kurak, kurak, çorak ve tuzlu alanlar, stepler	Orta Doğu, Orta Asya, Orta Anadolu, Akdeniz ülkeleri	Davis, 1965
<i>A. canescens</i>	Amaranthaceae	C ₄	Yarı kurak ve kurak, kumul alanlar, tuzcul alanlar	Kuzey Amerika, Orta Amerika, Orta Asya	Osmond vd., 1980
<i>H. persicum</i>	Amaranthaceae	C ₄	Yarı kurak, kurak kumul ve tuzcul alanlar/stepler	Orta Doğu, Orta Asya ve Çin	Walter ve Box, 1983



Şekil 3.5. Karapınar'da istasyon içinde bulunan ve çalışmada kullanılan türlerden doğal olarak alanda bulunan *E. major* (A) ve alana denemesi yapılarak dikilmiş *A. canescens* (B).



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan türlerden *C₄ H. persicum* (A), TÜBİTAK projesi kapsamında 2007’de Doç.Dr. Ferit KOCAÇINAR tarafından dikilmiştir. *T. parviflora* (B) 1960’lı yıllarda ağaçlandırma ve kumul taşınımını önleme amacıyla münferit yerlere dikilmiştir. Ayrıca bu tür, alan korumaya alındıktan sonra doğal olarak da gelmiş olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan türlerden *P. euphratica* (A) ve *R. pseudoacacia* (B), 1960'lı yıllarda veya daha sonra ağaçlandırma ve kumul taşınımını önleme amacıyla dikilmiştir.



Şekil 3.8. Çalışmada kullanılan türler *A. arabica* (A), *E. angustifolia* (B), 1960'lı ve 1990'lı yıllarda ağaçlandırma ve kumul taşınımını önleme amacıyla dikilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Yapılan Ölçüm ve Analizler

3.2.1.1. Fizyolojik Ölçümler

Her tür için Karapınar İstasyonu'nda doğal koşullarda 2014 yılı (Haziran-Eylül) ve 2015 yılı (Mayıs-Eylül) vejetasyon dönemi içinde, serada 2015 yılı, Haziran-Eylül aylarında, gaz değişim parametreleri; net asimilasyon oranı (net fotosentez hızı), transpirasyon hızları ve stoma iletkenliği, taşınabilir GFS-3000, fotosentez ve floresans gaz-değişimi ölçüm cihazı ile (Walz, Effeltrich, Almanya), şafak öncesi ve gün ortası yaprak su potansiyelleri PMS basınç çemberi kullanılarak (PMS Instruments Company, Oregon, A.B.D.) ölçülmüştür (Lichtenthaler, 1987). Gaz değişimi ölçümleri, her ay için ölçüm yapılan günlerin ortalama sıcaklığına yakın yaprak sıcaklığında, örneğin Mayıs ölçümlerinde yaprak sıcaklığı 24-25 °C, Haziran ölçümlerinde 26-27 °C, Temmuz ve Ağustos ölçümlerinde 28-30 °C, Eylül ölçümlerinde 24-25°C olarak sabit tutulmuştur. Tüm ölçümler 2000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde, atmosferik CO₂ değerinde (≈ 400 ppm) ve yaklaşık %55 bağıl nem koşullarında yapılmıştır. Fotosentez hızının sabit değere ulaşması ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bitki yapraklarının su kullanım etkinliği (Water Use Efficiency, WUE), net fotosentez oranının (A), transpirasyon oranına (E) bölünmesiyle elde edilmiştir (WUE=A/E). Arazi ölçümlerinde 8 bitki türünde ve her türden 3 farklı bireyde 4'er adet ölçümler yapılmıştır.

Serada yapılan ölçümlerde Karapınar İstasyonunda bulunan ve rastgele seçilen 4 bitki türünden 24 birey yetiştirilmiş ve bu yetiştirilen türlere 6 adet kontrol ve 6 adet su stresi uygulanmıştır (Şekil 3.9 ve Şekil 3.10). Düzenli olarak haftada bir ya da iki defa (gerekli görüldükçe) sulanan bitkilerde su stresi yaklaşık 15 gün sulama yapılmayarak elde edilmiştir (Abacı, 2009). Bu bireylerde A-C_i (Fotosentez (A) - Hücrelerarası CO₂ miktarı (C_i) eğrileri), A-T (Fotosentez-sıcaklık eğrileri) ve yaprak su potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. A-T eğrileri Şekil 3.4'te belirtilen vejetasyon dönemindeki minimum ve maksimum (20 ile 45 °C) sıcaklık aralığı dikkate alınarak 5 °C artırılmak suretiyle oluşturulmuştur. Eğriler oluşturulurken 2000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, 400 ppm C_a (Küvet CO₂ miktarı) ve yaklaşık %55 bağıl nem koşullarında, her bir sıcaklık değerinde net fotosentez hızının sabit olması beklenerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında A-C_i eğrileri oluşturulurken 400 ppm'den başlayarak 100 ppm artan C_a değerleri verilerek, sonrasında tekrar 400 ppm'den ölçüm alındıktan sonra 50 ppm düşürerek kompensasyon

noktasına (CO₂ açlık noktası, bu nokta net fotosentez hızının sıfır olduğu CO₂ noktasıdır) kadar ölçümler yapılarak oluşturulmuştur. Bu eğriler 2000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti, %55 bağıl nem ve A-T eğrilerinde ölçülen her bir bitki türü için net fotosentez hızının maksimum olduğu sıcaklık değerinde oluşturulmuştur.



Şekil 3.9. Karapınar İstasyonu'ndan temin edilen ve serada yetiştirilen bitkiler *R. pseudoacacia*, *E. angustifolia*, *A. arabica*, *A. canescens*



Şekil 3.10. Karapınar İstasyonu'ndan temin edilen ve serada yetiştirilerek, yarısına su stresi uygulanmış ve ölçüme hazır *R. pseudoacacia*, *E. angustifolia*, *A. arabica*, *A. canescens* bitkileri.

3.2.1.2. Anatomik Ölçümler

Anatomi çalışmaları için, çalışma alanından 2014 yılında alınan dal örnekleri, FAA (formalin, asetik asit ve alkol) karışımında fikse edilmiştir. Örnekler daha sonra laboratuvarında FAA'den çıkarılarak sırasıyla %50, %70 ve %90 etil alkolde 20 dakika bekletilmiştir. Parafin yardımıyla dal örnekleri kasetler içerisinde sabitlenmiş, RM-2255 model mikrotom cihazı (Leica GmbH, Wetzlar, Almanya) ile enine kesitler alınmıştır. Elde edilen kesitler, %100 etil alkolle yıkanarak dehidre edilmiş ve xylen'de 20 dakika bekletilmiştir. Kesitler %1'lik safranin, %95'lik alkol karışımında 1 saat boyanmış ve %100 etil alkolle yıkandıktan sonra %1'lik fast green (Fast green, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Munich, Germany), %95'lik alkol karışımında 5 dakika boyanmıştır. Daha sonra %100 etil alkolle yıkanmış ve permount (Sigma-Aldrich, Munich, Almanya) yardımıyla kalıcı preparatlar hazırlanmıştır (Kocaçınar, 2003). Bu örneklerin kameralı ışık mikroskobu (Eclipse 90i, Nikon Instruments Europe B.V., Amstelveen, Hollanda) ve NIS-Elements (NIS-Elements, Microscope Imaging Software, Nikon Instruments Europe B.V. Amstelveen, Hollanda) yazılımı ile ortalama trahe çapı, ortalama trahe lümen genişliği, ortalama trahe çeper kalınlığı, maksimum trahe genişliği, mm² de trahe sayıları 10X ve 40X büyütmede ölçülmüş ve görüntülenmiştir (Şekil 3.11). Ayrıca KSÜ, ÜSKİM'de bulunan SEM (Zeiss, Oberkochen, Almanya) cihazıyla örnekler boyuna yönde jilet yardımıyla ayrılmış ve X10000 büyütmede görüntülenmek suretiyle traheler arasında bulunan kenarlı geçitlerin mm²deki sayıları, radyal ve teğet çapları ve geçit açıklıklarının ölçümleri yapılmıştır (Kocaçınar ve Sage, 2003). Yapılan trahe ve lif ölçümleri 30 adet olarak gerçekleştirilmiştir (Birtürk, 2011). Ölçüm ve sayımlarda Carlquist 25'i, IAWA Committee 25-50'yi (Carlquist, 1988a, 1988b; Committee on Nomenclature, 1933, 1989), Terrazas vd. (2008) 25'i ve Tutuş vd., (2015), 100 adedi dikkate almaktadır.

3.2.1.3. Lif Morfolojik Ölçümler

Trahe lifi elde etmek için maserasyon yöntemi (Tutuş vd., 2015) kullanılmış ve elde edilen lif solüsyonu, lam ve lamel arasında konulup geçici preparat oluşturularak, kameralı ışık mikroskobunda 10X büyütmede görüntülenmiş, 40X büyütmede lif uzunluğu, lif lümen genişliği ve lif çeper kalınlığı ölçülmüştür.



Şekil 3.11. Ölçüm ve görüntülemeye kullanılan kameralı ışık mikroskobu (Nikon Instruments Europe B.V. Amstelveen, Hollanda)

3.3. İstatistik Analizler

Bu çalışmanın sonucunda elde edilen fotosentez ölçüm sonuçları, gün ortası ve şafak öncesi su potansiyeli ölçüm sonuçları ve bazı anatomi ölçüm sonuçları, tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabii tutulmuştur. Ölçümler arasındaki farkların karşılaştırılması Fisher LSD karşılaştırma testi ($p=0.05$ önem seviyesinde) kullanılarak Sigma-Stat (Systat, Chicago, A.B.D.) paket programı yardımıyla yapılmıştır.

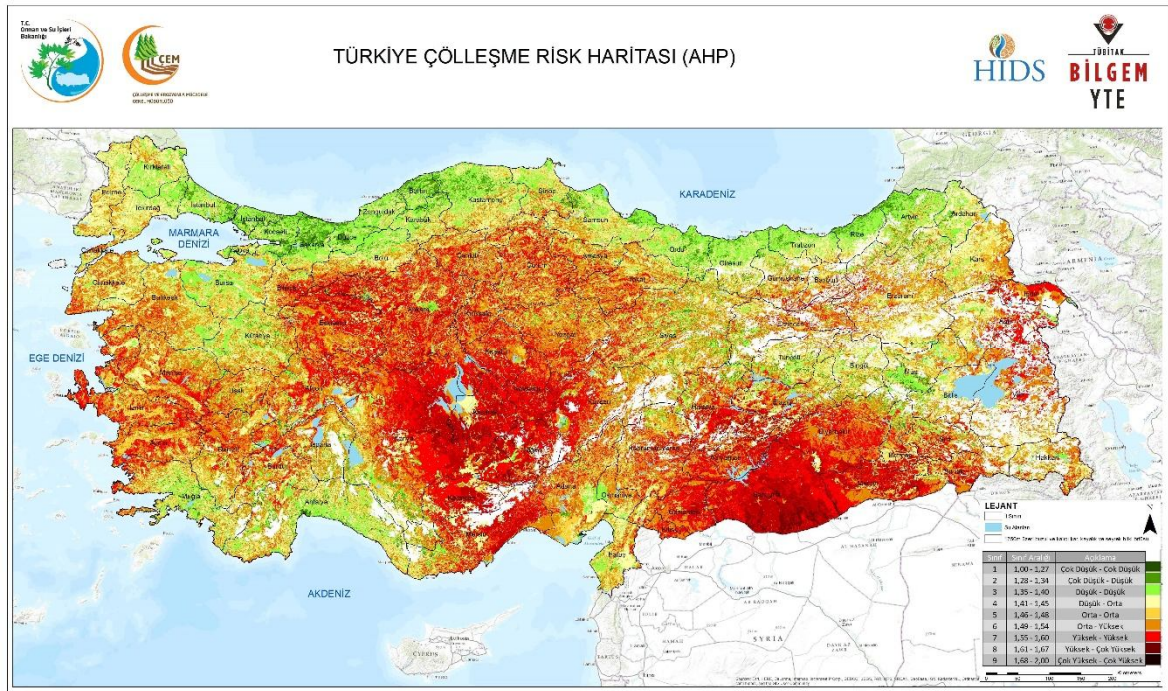
4. BULGULAR

4.1. Çalışma Alanı İklim Verilerinin Değerlendirilmesi

İç Anadolu Bölgesinde yer alan çalışma alanına ait uzun yıllar kaydedilmiş iklim verileri ile çalışma süresinde (2014-2015 yılları) elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Karapınar yöresinde, yazları yüksek sıcaklık ve düşük yağış miktarı görülmektedir. Vejetasyon dönemine denk gelen zaman aralığında (Mayıs-Eylül) su açığı oluşmakta ve yüksek sıcaklık nedeniyle terleme (potansiyel evapotranspirasyon) fazla olmaktadır. Bu nedenle bölgede mevcut bulunan ya da sonradan oluşturulan plantasyonlar bölgeye adapte olarak yaşamlarını sürdürmek zorundadırlar. Son 35 yılın iklim verileri, bölgede Mayıs ayı başında başlayan büyüme mevsiminin Eylül ayı sonunda sona erdiğini göstermektedir. Bu verilerde ortalama sıcaklık 23.3 °C ve yıllık yağış miktarı 276 mm olarak ortaya çıkmaktadır (Tablo 3.1 ve Şekil 3.4). Bununla beraber ölçüm yapılan 2014 ve 2015 yıllarına ait iklim verilerinde yaz aylarında sıcaklık çok fazla, yağış neredeyse hiç yok ve kuraklık oranı ciddi seviyeye ulaşmaktadır. Ölçüm yapılan zaman aralıklarında (Tablo 3.3), 2014 yılında en sıcak aylar Temmuz (36.1 °C) ve Ağustos (38.8 °C) olarak ölçülmüştür. Bu aylar içerisinde hiç yağış düşmemiştir. Bununla beraber ölçüm yapılan 2015 yılındaki zaman aralıklarında da (Tablo 3.5) en sıcak aylar Temmuz (36.5 °C) ve Ağustos (39.2 °C) olarak ölçülmüştür. Hiç yağışın düşmemiş olması da bir önceki yıl ile benzerlik göstergesidir. Sıcaklık yıllar itibariyle artan bir seyir göstermekle birlikte, yağış miktarında da azalma görülmektedir.

Türkiye genelinde hava sıcaklığının her yıl artması ve yıllık yağış miktarının düşüş göstermesi, beraberinde kuraklık ve çölleşme tehlikesinin önemini arttırmaktadır. Bu konuda Türkiye çölleşme risk haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.1). Bu risk haritasına göre İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolunun önemli bir bölümü çölleşme riski ile karşı karşıya bulunmaktadır. Gelecekte karşılaşılabilecek bu riskin boyutu, geçmiş yıllara ait uzun dönem iklim verileri ile tahmin yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir (Demir vd., 2008). Uzun vadede ortalama sıcaklıklarda önemli derecede artış (2100 yılında ortalama sıcaklık artışı 8°C), yıllık yağış miktarında ise düşüş görüleceği belirtilmiştir. Bu değerlendirme Türkiye’de geçmiş yıllardaki iklim verileri ile günümüzdeki veriler arasında da görülmektedir. Şöyle ki 1980 yılında Türkiye’nin ortalama sıcaklığı 12.7 °C iken, 2015 yılında 13.8 °C olarak ölçülmüştür (MGM, 2016).

Türkiye’deki çölleşme riskinin tespiti için, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele (ÇEM) Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK-BİLGEM işbirliği ile yaklaşık 18 ay süren bir proje kapsamında, çölleşme bakımından hassas ve öncelikli alanlar tespit edilmiş, çölleşme risk haritası oluşturulmuştur (ÇEM, 2015). Bu haritaya göre Türkiye’nin yaklaşık yüzde 47’si orta ve çok yüksek risk grubunda yer almaktadır. Çok yüksek risk taşıyan bölgeler Konya-Karapınar, Iğdır-Aralık ve Urfa-Ceylanpınar olarak görülmektedir (Şekil 4.1). Bu çalışmada, çalışma alanının çok yüksek çölleşme riski olan bölgede yer aldığı görülmektedir.



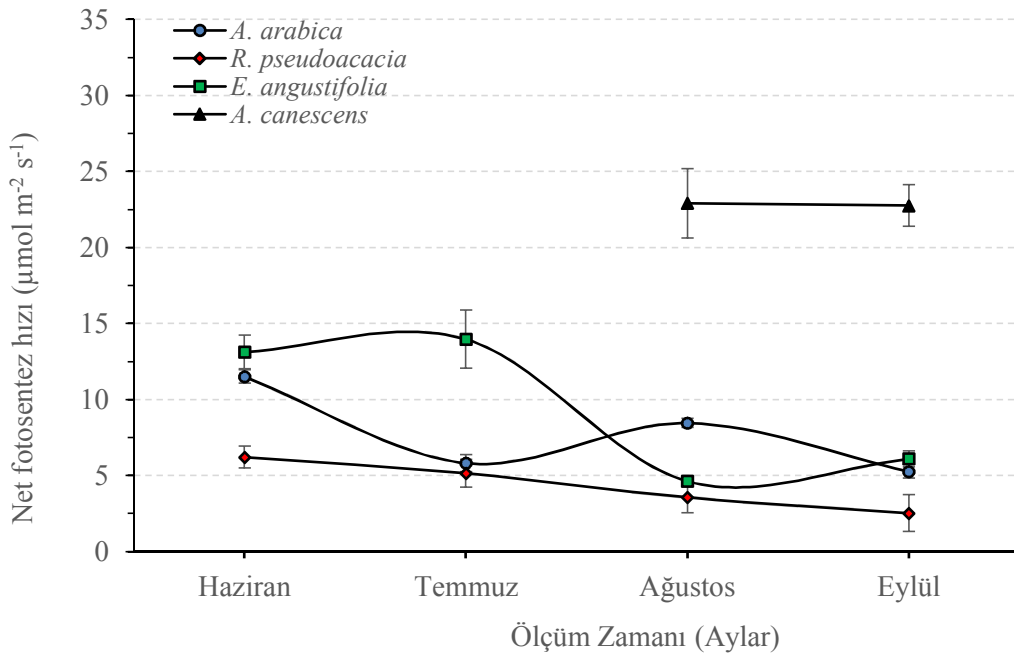
Şekil 4.1. Türkiye çölleşme risk haritası (Çölleşme ve Erozyonla Mücadele (ÇEM) Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK-BİLGEM ortak projesi kapsamında oluşturulmuştur).

4.2. 2014 Yılında Yapılan Fizyolojik Ölçümlere Ait Bulgular

Çalışma alanında 2014 yılı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında çalışılan türlerde yapılan ölçümlerde elde edilen verilerin ortalama değerleri, standart sapmaları ve standart hataları hesaplanmıştır. 2014 yılında Haziran ayında başlanan çalışmaya çalışma alanındaki koşullarda yaşadığı görülen *A. canescens* ve *T. parviflora* türleri sonradan eklenmiştir. Türlelere ait ortalama gaz değişimi ölçümleri grafikler halinde gösterilmiştir. Net fotosentez hızı Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de, transpirasyon hızı Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da, stoma iletkenliği Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de, su kullanım etkinliği Şekil 4.9 ve

Şekil 4.10’da, şafak öncesi su potansiyelleri Şekil 4.11 ve Şekil 4.13’de, gün ortası su potansiyelleri Şekil 4.12 ve Şekil 4.14’de gösterilmiştir. Karışıklığı engellemek için 8 tür iki ayrı grupta gösterilmiştir. Bu iki ayrı tür grubu rastgele belirlenmiştir.

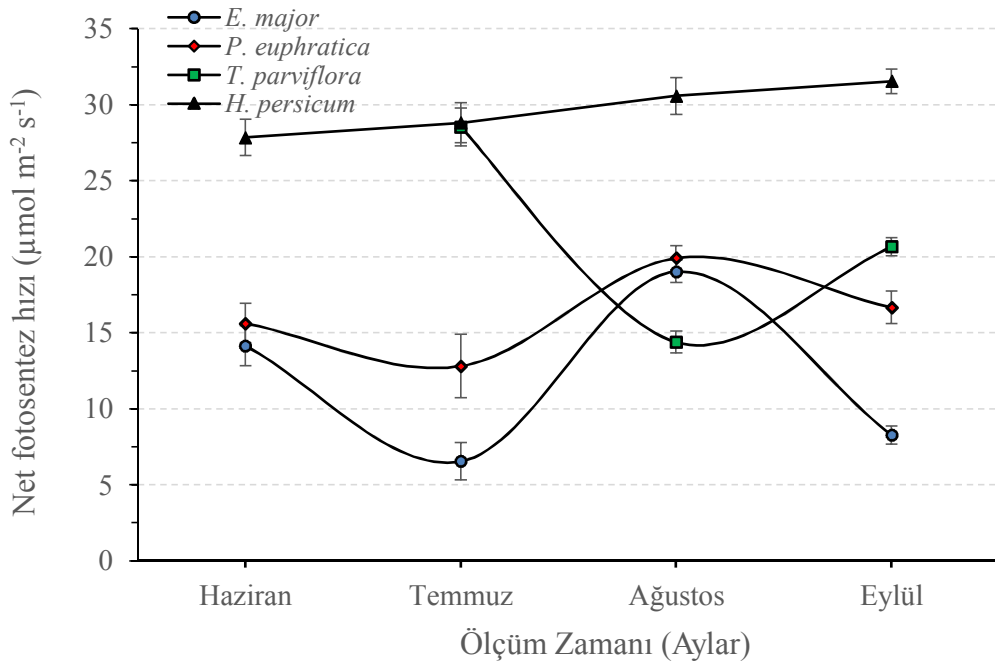
Doğal koşullar altında arazide yetişen bitkilerde yapılan net fotosentez hızı ölçümleri sonucunda, C₃ türlerinden *R. pseudoacacia*’da net fotosentez hızı vejetasyon dönemi başında yani Haziran ayında en yüksek değerden başlayarak tedrici bir şekilde büyüme mevsimi sonuna kadar azalarak devam etmiş ve Eylül ayında minimum seviyeye kadar gerilemiştir (Şekil 4.2). C₄ türlerinden *A. canescens* sonradan çalışmaya eklenmesine karar verildiği için Haziran ve Temmuz ölçümleri alınamamıştır. Bu türde fotosentez hızı diğer C₃ bitkilerine nazaran daha yüksek bulunmuştur. Her ne kadar Haziran ve Temmuz aylarında ölçümler alınamamış olsada C₄ bitkisi olan *A. canescens*’de en yüksek fotosentez hızı en sıcak aylar olan Ağustos ve Eylül aylarında ölçülmüştür (Şekil 4.2). Diğer iki C₃ türü *E. angustifolia* ve *A. arabica*’da diğer C₃ türleri gibi vejetasyon dönemi başında nispeten daha yüksek bir fotosentez hızı gösterirken vejetasyon dönemi sonuna doğru daha düşük değerler göstermiştir.



Şekil 4.2. Dört farklı türe ait 2014 yılı net fotosentez hızları (*A. canescens* türünde Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

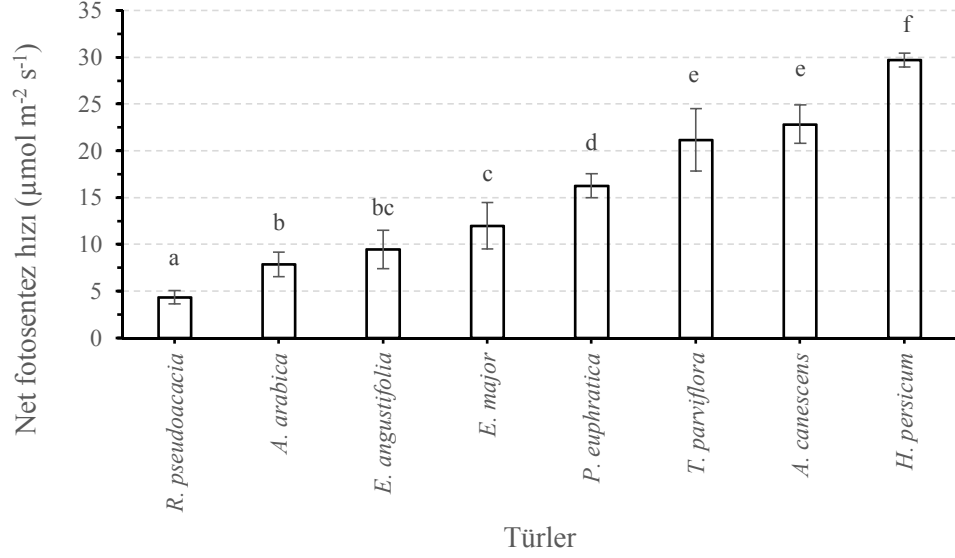
Diğer dört türde yapılan fotosentez hızı ölçümlerinde, *T. parviflora* çalışmaya sonradan eklendiği için Temmuz ayında diğer aylara göre oldukça yüksek fotosentez hızına sahip olmuştur (Şekil 4.3). C₄ türü olan *H. persicum*’da fotosentez hızı Haziran ayından itibaren

giderek artmış ve Eylül ayına kadar bu artış devam etmiştir. C₃ türlerine göre yaklaşık iki kat fazla olmak üzere, yıl boyunca kaydedilen en yüksek fotosentez hızı gerçekleşmiştir. Bu türde fotosentez hızı vejetasyon dönemi içinde artan sıcaklığa paralel olarak artmış ve Eylül ayında maksimuma ulaşmıştır (Şekil 4.3). Çalışmada kullanılan diğer iki C₃ türleri olan *E. major* ve *P. euphratica*'da fotosentez hızı yıl boyunca benzer bir seyir göstermiştir. Başlarda yüksek olan fotosentez hızı Temmuz ayında düşmüş, Ağustosta yükselmiş ve Eylül ayında tekrar bir düşüş yaşamıştır.



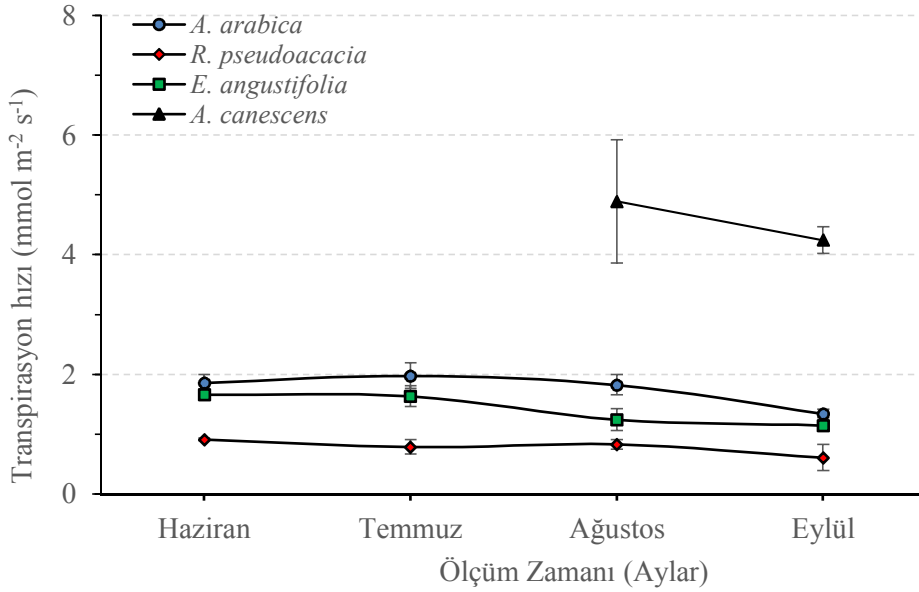
Şekil 4.3. Dört farklı türde 2014 yılı net fotosentez hızları, (*T. parviflora* çalışmaya sonradan eklenerek Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

Bu çalışmada kullanılan bütün türlerde, 2014 yılı vejetasyon dönemi boyunca, yapılan net fotosentez hızı ölçümlerinde, en düşük net fotosentez hızı *R. pseudoacacia*'da, en yüksek net fotosentez hızı ise *H. persicum*'da elde edilmiştir (Şekil 4.4). Yapılan tek yönlü varyans analizi ve LSD Fisher karşılaştırma testi sonucunda gruplar oluşturulmuş ve önem derecelerine göre harflendirilmiştir. Bunun sonucunda C₄ *H. persicum*'un diğer türlerden önemli düzeyde farklı ve yüksek fotosentez hızına sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4).



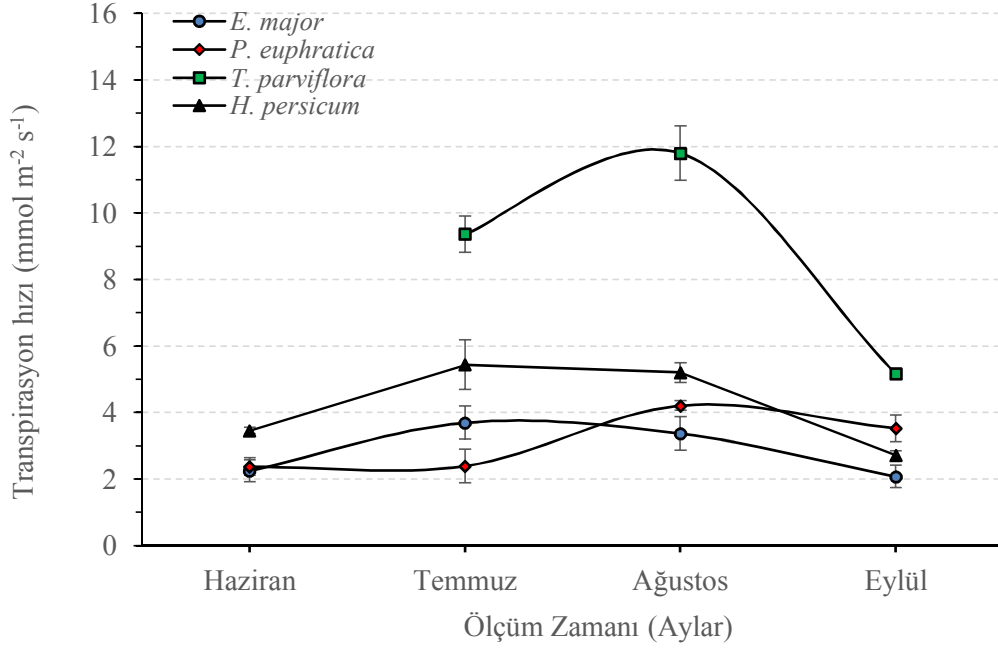
Şekil 4.4. Çalışmada kullanılan türlere ait 2014 yılı vejetasyon döneminde (Haziran-Eylül) ölçülen net fotosentez hızları (Her bir birey üzerinde dört farklı ölçüm yapılmış ve her bitki türü için en az üç farklı birey ölçülmüştür. LSD Fisher karşılaştırma testi sonucunda oluşturulan harfler, gruplar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir ($p=0.05$). Barlar ortalamayı, üzerindeki çizgiler standart hatayı (SH) göstermektedir).

Vejetasyon dönemi boyunca en düşük transpirasyon hızı C_3 türlerinden *R. pseudoacacia*'da ölçülmüştür (Şekil 4.5). Bu tür aynı zamanda net fotosentez hızının en düşük olduğu tür olarak saptanmıştır. C_4 türü olan *A. canescens*'de Ağustos ve Eylül aylarında en yüksek değerler elde edilmiştir (Şekil 4.5).



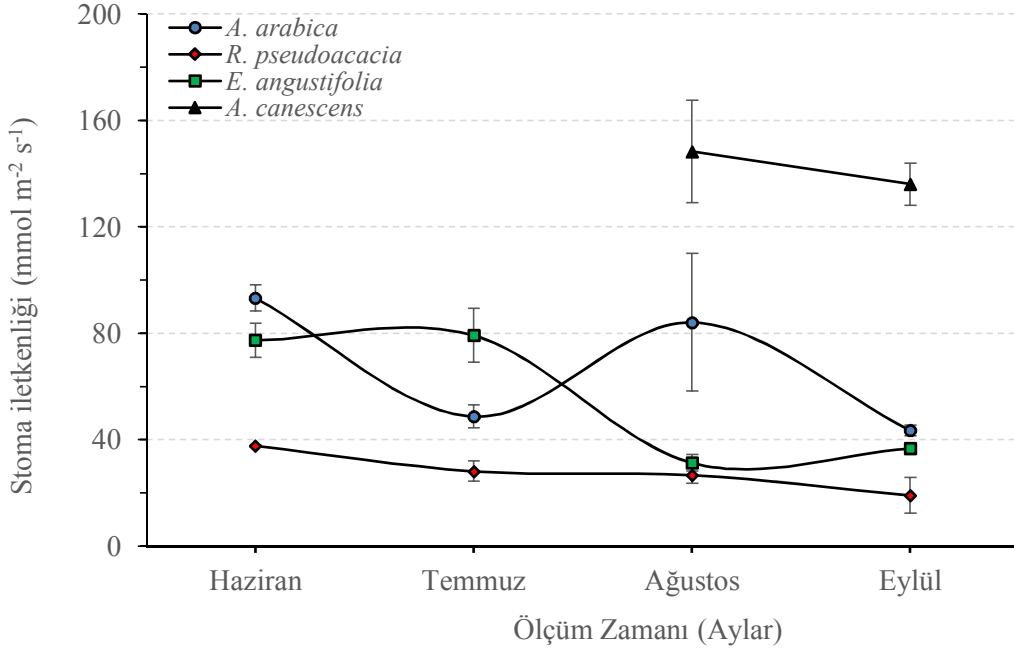
Şekil 4.5. Dört türe ait 2014 yılı transpirasyon hızları, (*A. canescens* çalışmaya sonradan dahil edildiği için sadece Ağustos ve Eylül aylarında ölçümler yapılmıştır).

Diğer dört tür içerisinde *T. parviflora*'da ölçülen transpirasyon hızının, diğer türlerden yaklaşık olarak 2-3 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6). Bu türe ait ölçümler, C₄ türü olan *H. persicum*'dan daha yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bütün türlerde Eylül ayında düşük transpirasyon hızları dikkat çekmektedir (Şekil 4.6).



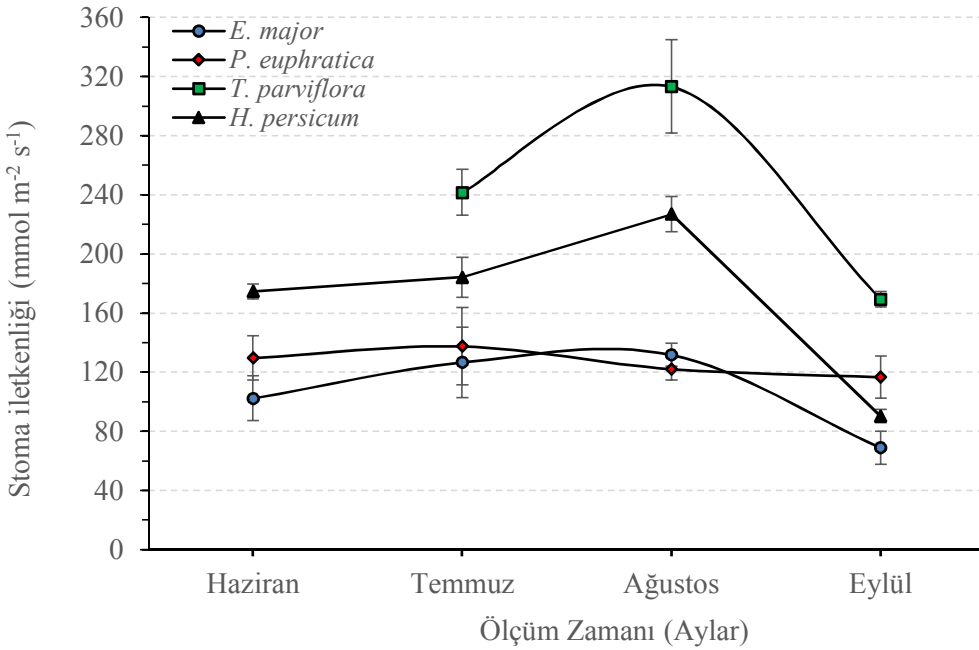
Şekil 4.6. Dört türe ait 2014 yılı transpirasyon hızları, (*T. parviflora* çalışmaya sonradan eklendiği için Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

Yıl boyunca en düşük stoma iletkenliği değerleri C₃ türlerinden yine *R. pseudoacacia*'da ölçülmüştür (Şekil 4.7). En yüksek stoma iletkenliği değerleri ise C₄ *A. canescens*'de elde edilmiştir. Diğer türlerde ise aylara göre küçük farklılıklar dikkat çekmektedir (Şekil 4.7).



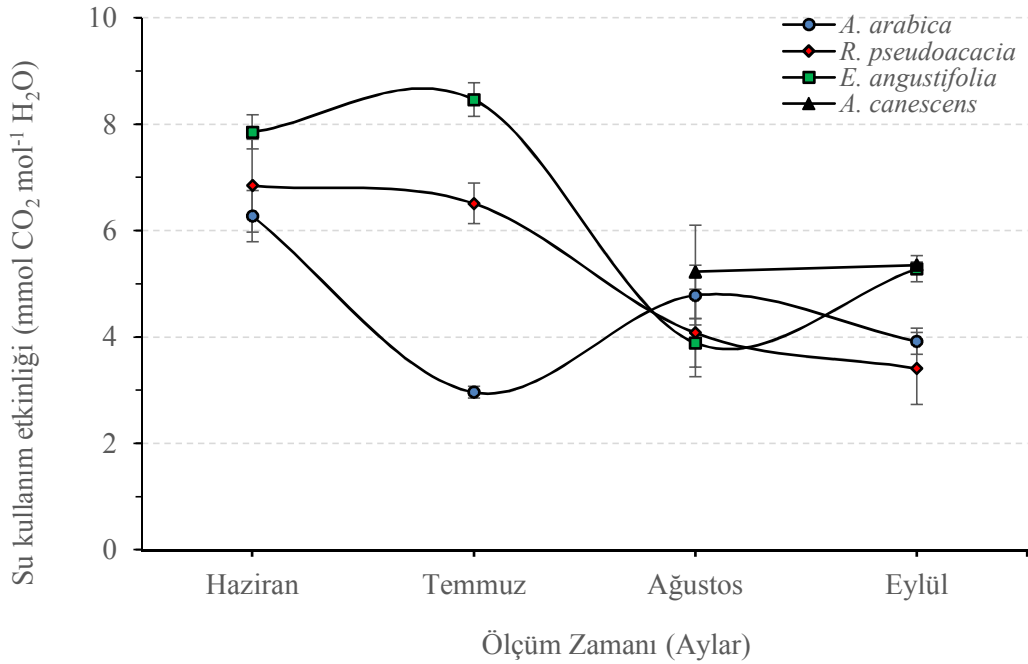
Şekil 4.7. Dört türe ait 2014 yılı stoma iletkenliği, (*A. canescens* türünde Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

Diğer türlerde stoma iletkenliği, C₃ türlerinden *E. major*'da özellikle Haziran, Temmuz ve Eylül aylarında en düşük seviyede ölçülmüşken, *T. parviflora*'da en yüksek değerler elde edilmiştir (Şekil 4.8).



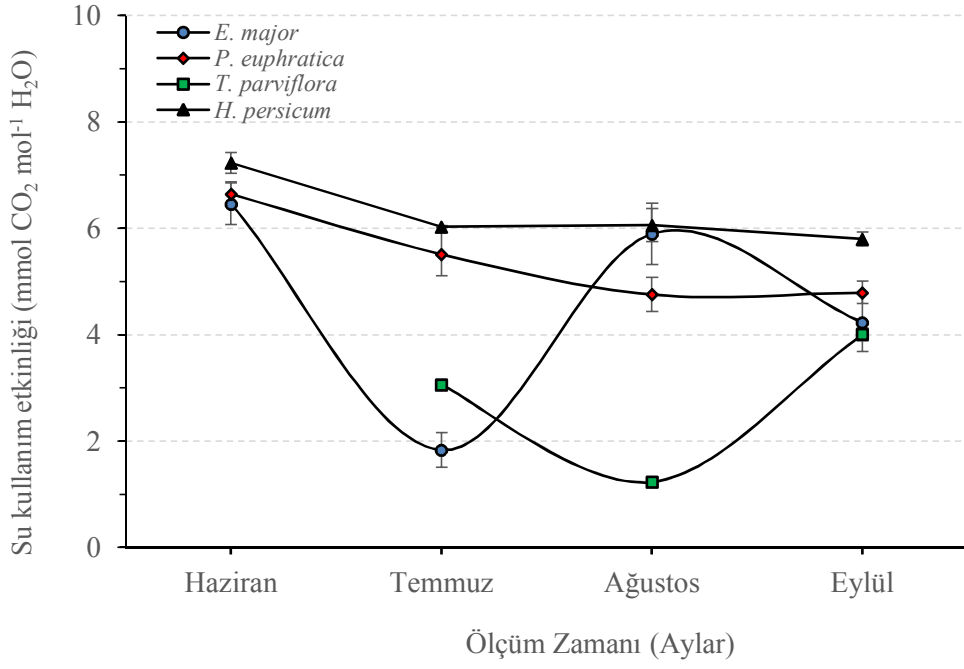
Şekil 4.8. Dört türe ait 2014 yılı stoma iletkenliği, (*T. parviflora*'da Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

Su kullanım etkinliği, net fotosentez hızının transpirasyon hızına oranı olarak hesaplanmıştır. Buna göre 2014 yılında C₃ türlerinden Haziran ve Temmuz aylarında *E. angustifolia*'da su kullanım etkinliği diğer türlere göre yüksek bulunmuştur. *A. canescens*'de su kullanım etkinliği Haziran ve Temmuz aylarında ölçüm yapılmamış olmasına rağmen yüksek çıkacağı tahmin edilmekle birlikte Ağustos ve Eylül aylarında *E. angustifolia*'nın Eylül ayındaki ölçümü hariç diğer C₃ türlerinden fazla çıkmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Türlerle ait 2014 yılı su kullanım etkinliği (SKE), (*A. canescens*'de Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

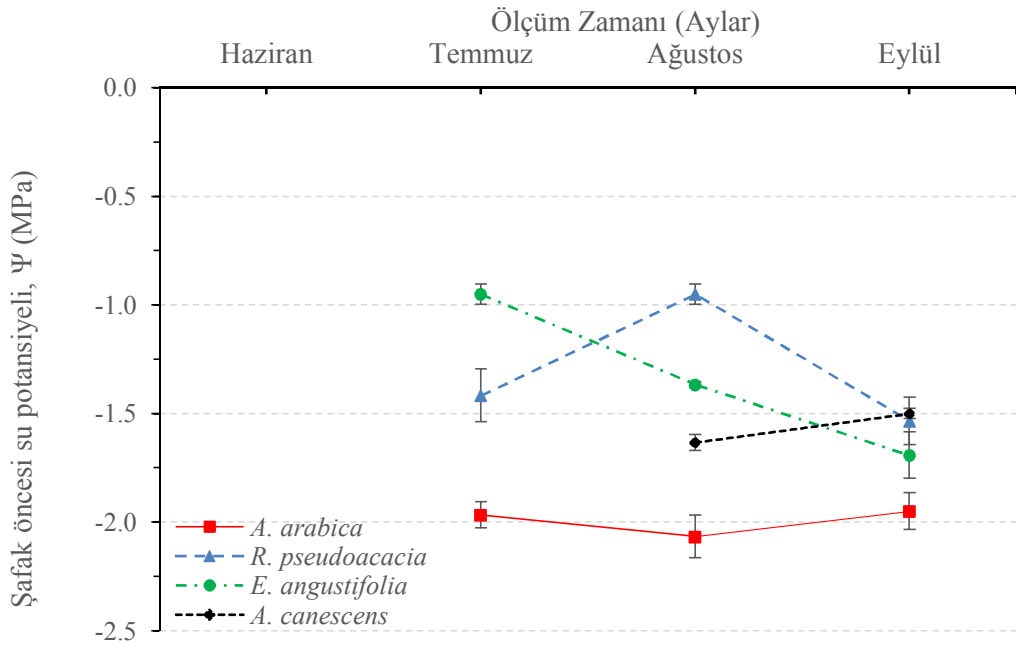
Çalışmada yer alan diğer dört farklı türde, vejetasyon dönemi boyunca su kullanım etkinliği en yüksek tür C₄ türü olan *H. persicum*'dur (Şekil 4.10). En düşük değerler ise *E. major* türünde Temmuz ayında, *T. parviflora* türünde ise Ağustos ayında elde edilmiştir. Çalışmadaki diğer C₃ türü *P. euphratica*'da SKE vejetasyon dönemi sonuna doğru azalan bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.10).



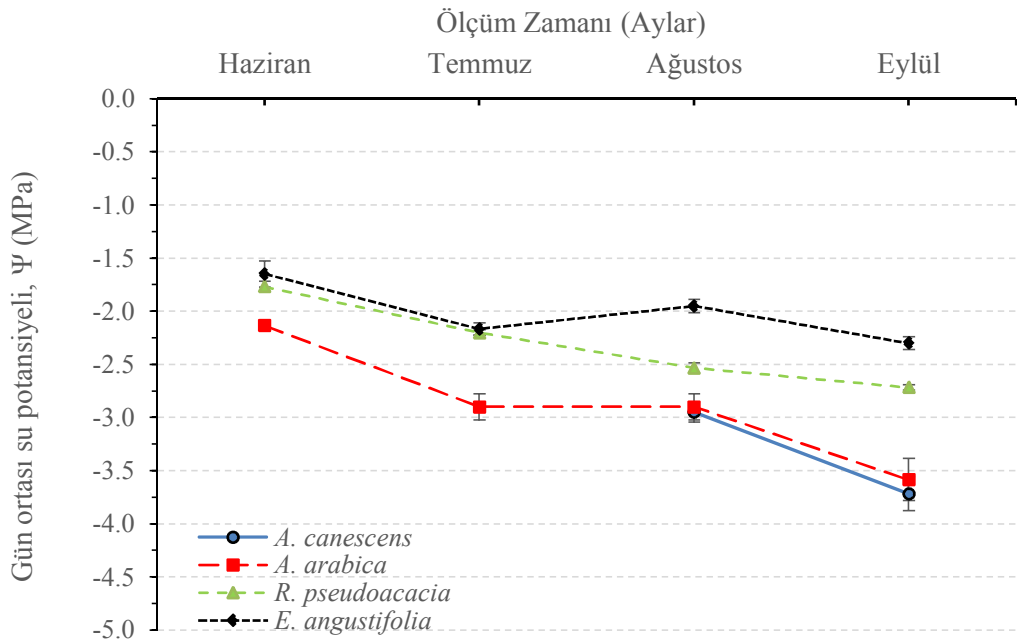
Şekil 4.10. Türlerle ait 2014 yılı su kullanım etkinliği (SKE), (*T. parviflora*'da Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

Haziran ayında hiçbir türden şafak öncesi su potansiyeli ölçümü alınamamıştır. Diğer aylarda alınan ölçümlerde en düşük şafak öncesi su potansiyeline sahip tür *A. arabica*'dır (Şekil 4.11). *E. angustifolia*'nın şafak öncesi su potansiyeli Temmuz ayında başlayarak Eylül ayına kadar azalış göstermiş, *R. pseudoacacia* ise değişken bir trend izlemiştir (Şekil 4.11). *A. canescens* Ağustos ayında nispeten düşük bir su potansiyeline sahipken Eylül ayında biraz artış göstermiştir.

Gün ortası su potansiyeli birçok türde vejetasyon döneminden başlayarak dönemin sonuna doğru azalan bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.12). En düşük gün ortası su potansiyeli değerleri Eylül ayında *A. canescens* ve *A. arabica* türlerinde bulunmuştur. Gün ortası su potansiyeli bu türlerde yaklaşık olarak -3.5 MPa'ın altına düşmüştür (Şekil 4.12).



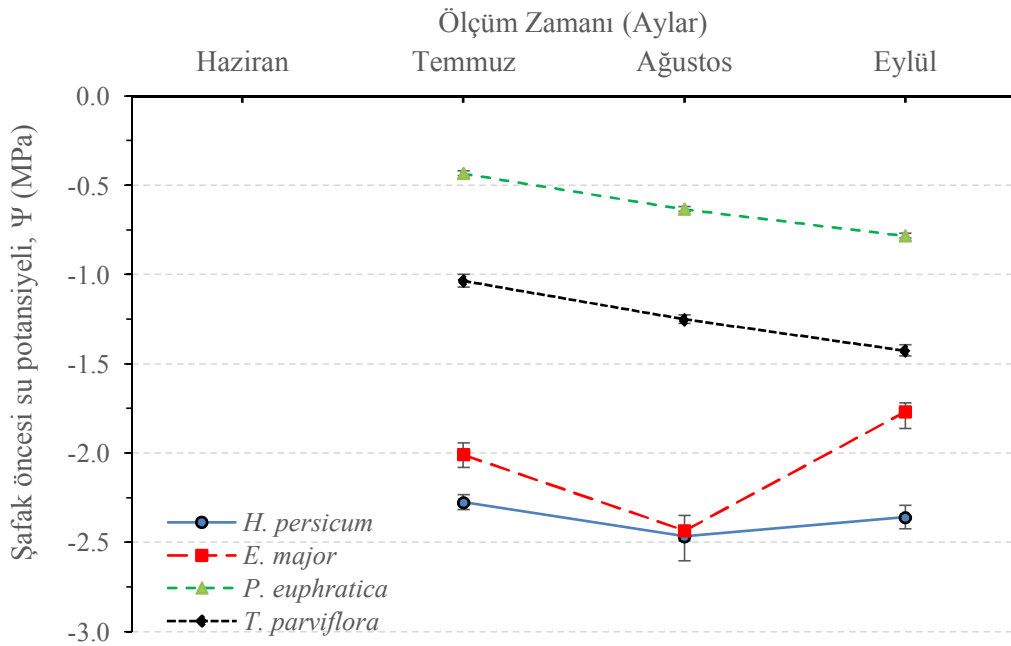
Şekil 4.11. Türlerle ait 2014 yılı Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında şafak öncesi su potansiyeli. *A. canescens*'de Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır. Her bir nokta 6 ölçümün ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.



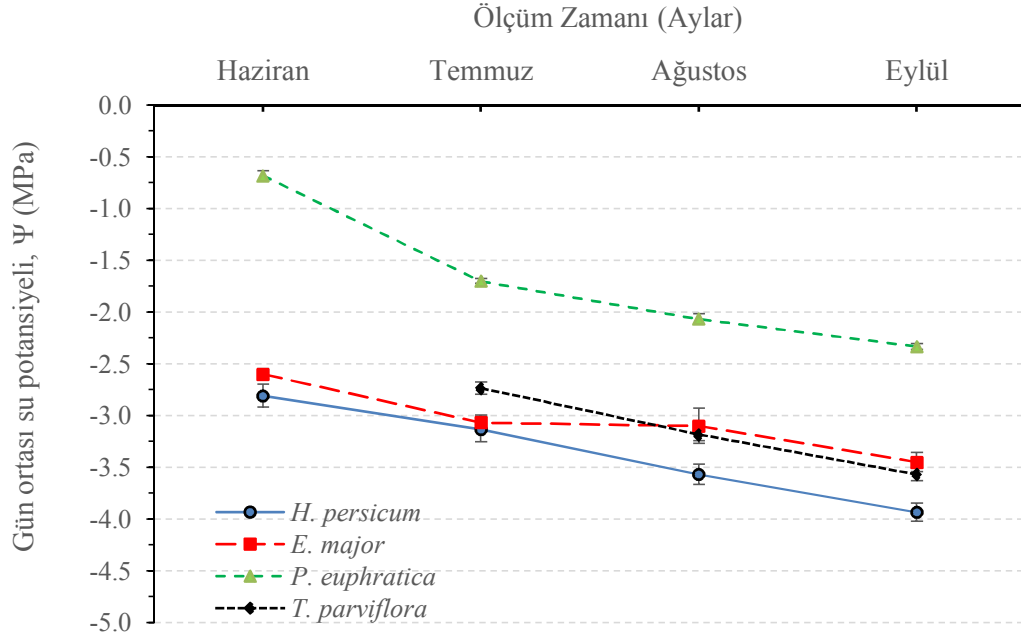
Şekil 4.12. Türlerle ait 2014 yılı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gün ortası su potansiyeli, *A. canescens*'de Ağustos ve Eylül ölçümleri. Her bir nokta 6 ölçümün ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.

Diğer grupta yer alan türlerde de Haziran ayında şafak öncesi su potansiyeli ölçümleri yapılmamıştır. *C₃ P. euphratica*'da şafak öncesi su potansiyeli, diğer türlere oranla daha yüksek çıkmıştır (Şekil 4.13). Bunun yanında *C₄ H. persicum*, bu türler içerisinde en düşük şafak öncesi su potansiyeline sahiptir (Şekil 4.13).

Gün ortası su potansiyeli 2014 vejetasyon döneminde, en yüksek olan tür *P. euphratica*'dır (Şekil 4.14). *C₄* türü olan *H. persicum*'da gün ortası su potansiyeli en düşük değerler elde edilmiş, sıcaklık arttıkça bu değerlerin düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.14, Tablo 4.1).



Şekil 4.13. Türlerle ait 2014 yılı Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında şafak öncesi su potansiyeli, *T. parviflora*'da Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri. Her bir nokta 6 ölçümün ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.

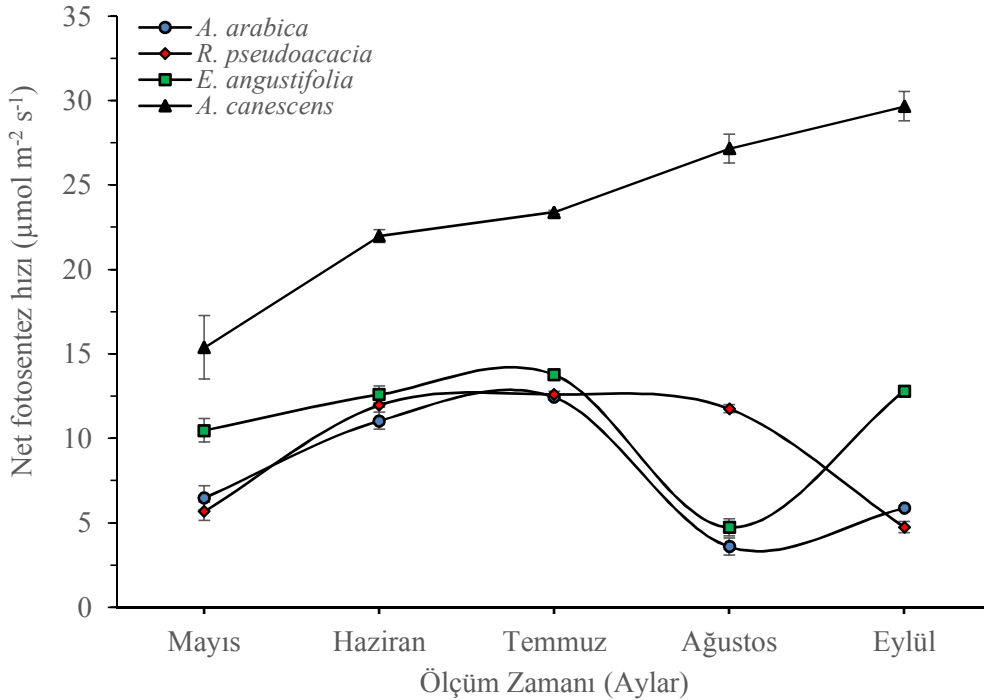


Şekil 4.14. Türlerle ait 2014 yılı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gün ortası su potansiyeli, *T. parviflora*'da Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri alınmıştır. Her bir nokta 6 ölçümün ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.

4.3. 2015 Yılında Yapılan Fizyolojik Ölçümlere Ait Bulgular

Çalışma alanına 2015 yılının Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gidilerek, alan üzerindeki türlerde fizyolojik ölçümler yapılmıştır. Sağlanan verilerin ortalama değerleri, standart sapmaları ve standart hataları hesaplanmıştır. Türlerle ait ortalama fizyolojik ölçümler grafikler halinde gösterilmiştir. Net fotosentez hızı (Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17), transpirasyon hızı (Şekil 4.18, Şekil 4.19), stoma iletkenliği (Şekil 4.20, Şekil 4.21), su kullanım etkinliği (Şekil 4.22, Şekil 4.23), şafak öncesi su potansiyelleri (Şekil 4.24, Şekil 4.26) ve gün ortası su potansiyelleri (Şekil 4.25 ve Şekil 4.27) grafikleri oluşturulmuş ve değerlendirilmiştir.

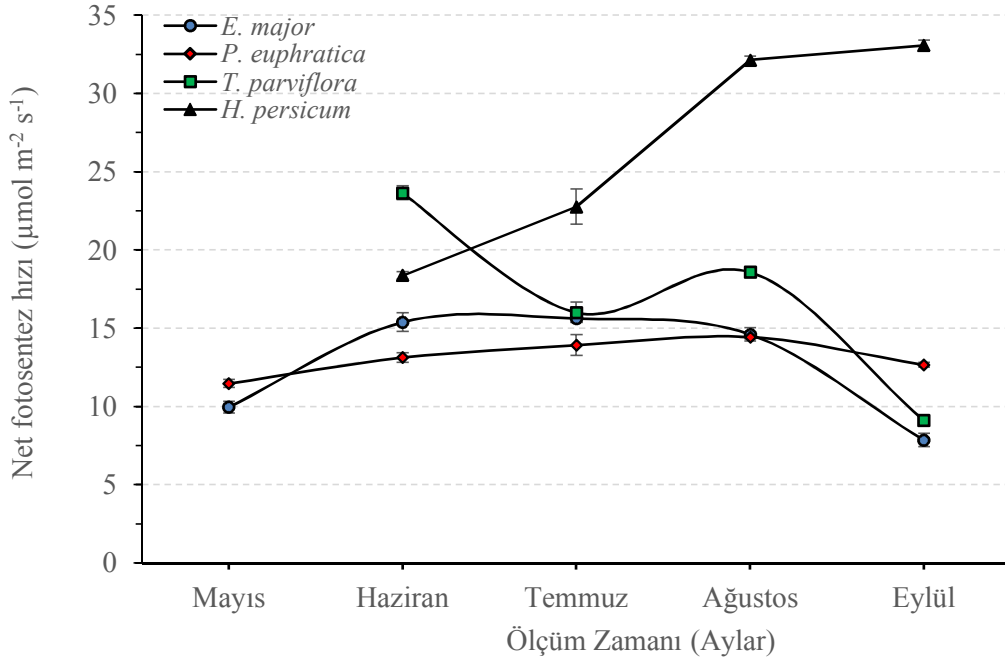
Öncelikle ilk grupta yer alan C₃ türlerinden *R. pseudoacacia*'da, Mayıs ve Eylül aylarında net fotosentez hızı ölçümleri, diğer 3 türe göre daha düşük çıkmıştır (Şekil 4.15). Net fotosentez hızı, bütün aylarda en yüksek C₄ *A. canescens*'de elde edilmiştir (Şekil 4.15). Aylara göre C₃ bitkilerinde yavaş artan fotosentez hızı belli bir seviyede maksimuma ulaşmış, bu artış sıcaklığa dayanıklı C₄ bitkilerinde ise yaklaşık 2-3 kat fazla olmuştur (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Dört farklı türe ait 2015 yılı net fotosentez hızları

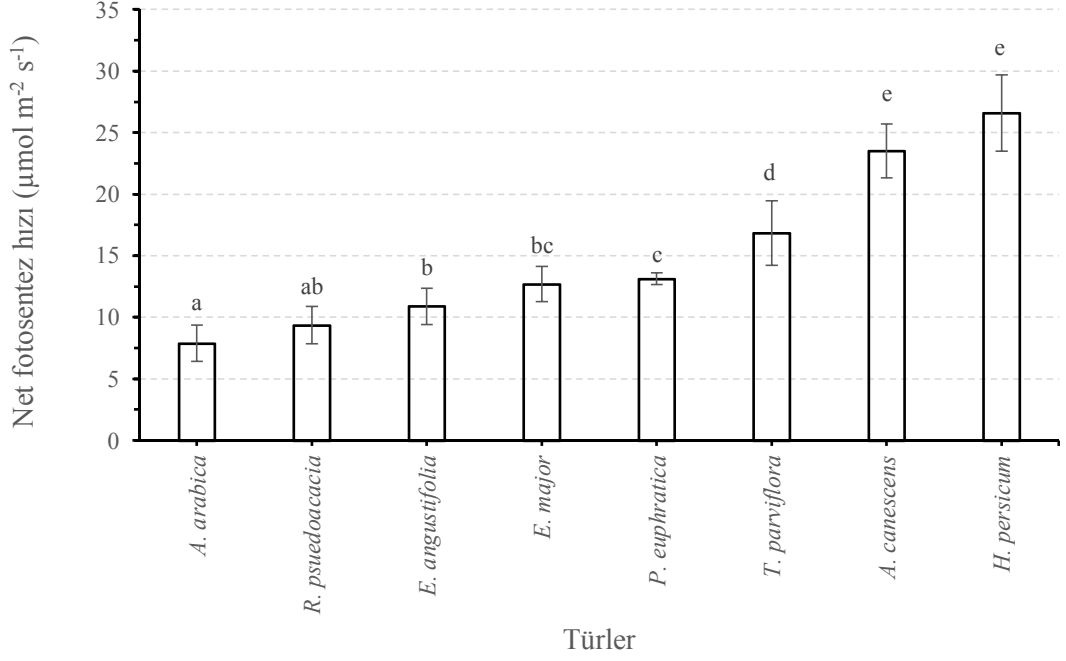
Diğer dört tür arasında, *T. parviflora*'da ve *H. persicum*'da yaprak olmadığı için Mayıs ayında ölçüm alınamamıştır (Şekil 4.16). Mayıs ayında net fotosentez hızı *E. major*'da düşük çıkarken *P. euphratica*'da daha yüksek ölçülmüştür. Haziran ayında net fotosentez

hızı en yüksek *T. parviflora*'da ölçülmüş, diğer aylarda ise C_4 *H. persicum* yüksek fotosentez hızına ulaşmıştır (Şekil 4.16). Bazı C_3 türleri net fotosentez hızı bakımından vejetasyon dönemi ilerledikçe azalan bir eğilim gösterirken, C_4 türleri artan bir eğilim göstermiştir. Net fotosentez hızı C_4 *H. persicum*'da Ağustos ve Eylül aylarında $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ seviyesini geçmiştir.



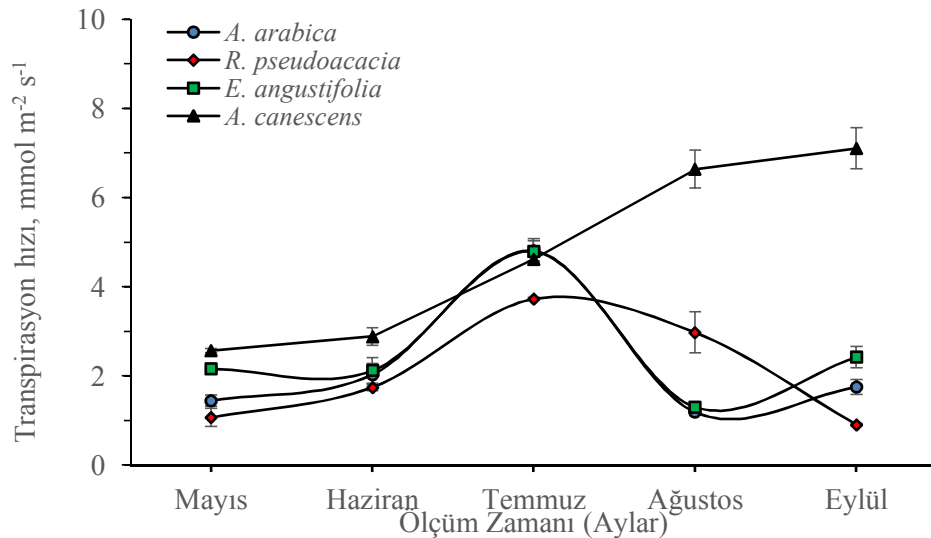
Şekil 4.16. Dört türe ait 2015 yılı net fotosentez hızları (*H. persicum* ve *T. parviflora*'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

Çalışmada, 2015 yılı vejetasyon dönemi içerisinde kullanılan türlerde yapılan fotosentez ölçümlerinde, en düşük net fotosentez hızı *A. arabica*'da, en yüksek net fotosentez hızı ise *H. persicum*'da elde edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi ve LSD Fisher karşılaştırma testi neticesinde türler arasında önemli derecede farklar bulunmuştur (Şekil 4.17). Net fotosentez hızında, C_4 türlerinden *A. canescens* ve *H. persicum*'un istatistiki olarak diğer C_3 türlerinden önemli düzeyde farklı ve yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.17).



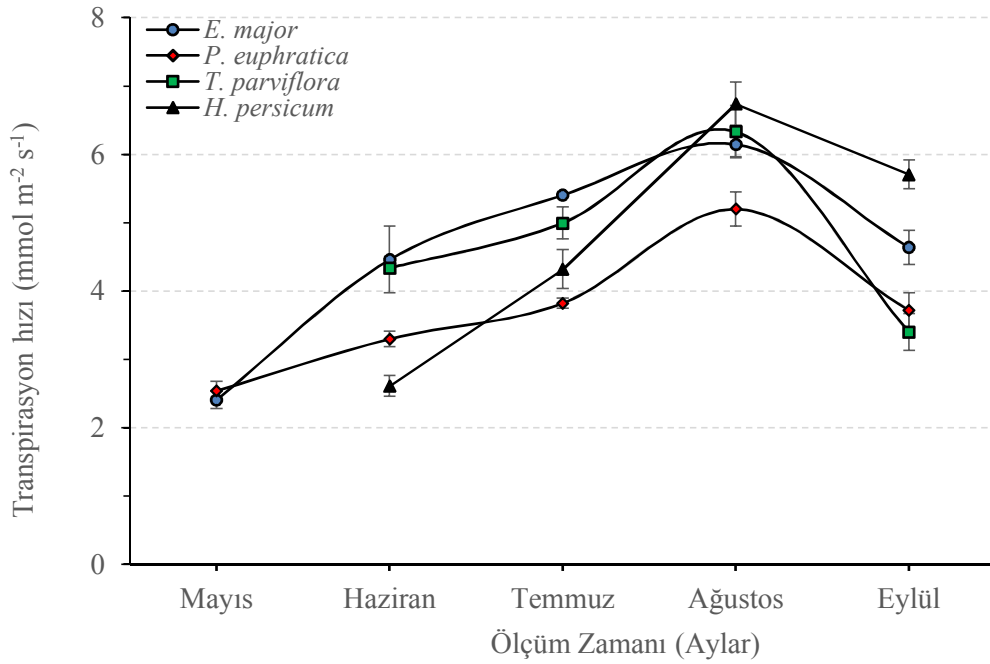
Şekil 4.17. Çalışmada kullanılan türlere ait 2015 yılı vejetasyon döneminde (Mayıs-Eylül) ölçülen net fotosentez hızları (Her bir birey üzerinde dört farklı ölçüm yapılmış ve her bitki türü için en az üç farklı birey ölçülmüştür. Harfler gruplar arasındaki istatistiki farkı göstermektedir (p=0.05). Barlar ortalamayı, üzerindeki çizgiler standart hatayı (SH) göstermektedir).

Transpirasyon hızında Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında bütün türlerde birbirine yakın değerler bulunmuştur (Şekil 4.18). Temmuz ayından sonra C₃ türlerinde transpirasyon hızı düşerken C₄ türünde artış göstermiştir. Vejetasyon döneminin sonunda C₄ *A. canescens* türü, önceki aylardaki artış trendini devam ettirmiş ve Eylül ayında maximuma ulaşmıştır (Şekil 4.18).



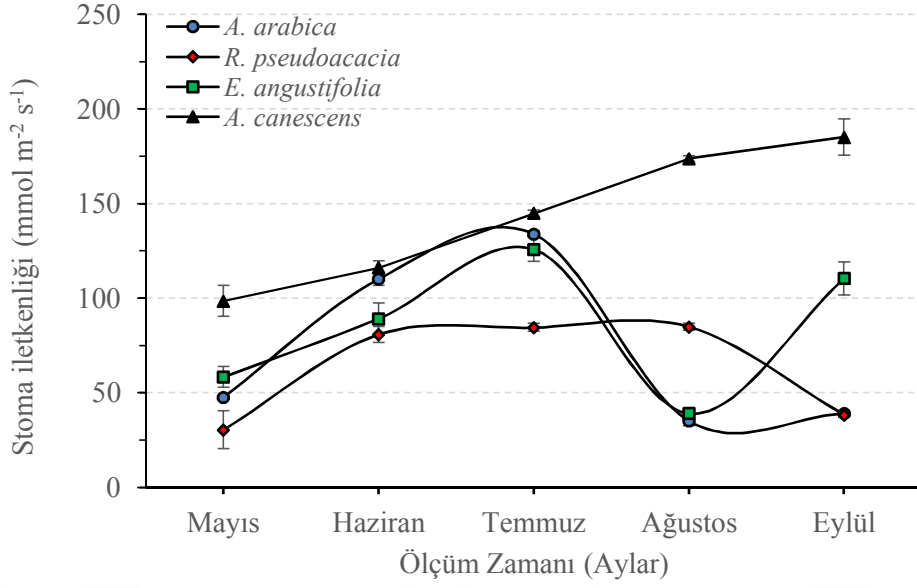
Şekil 4.18. Dört farklı türe ait 2015 yılı transpirasyon hızları.

Doğal koşullarda ölçülen diğer dört farklı türdeki transpirasyon hızlarına bakıldığında, bütün türlerde Ağustos ayına kadar doğrusal bir artış görülmekte olup, Eylül ayında ise azalış gözlemlenmiştir (Şekil 4.19). C₃ türlerinden *E. major*'da Haziran ayında en yüksek transpirasyon hızı ölçülmüşken ($4.46 \pm 0.49 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), C₄ türü olan *H. persicum*'da en düşük değer tespit edilmiş ($2.61 \pm 0.15 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), aralarında yaklaşık olarak %60 oranında fark oluşmuştur (Şekil 4.19).



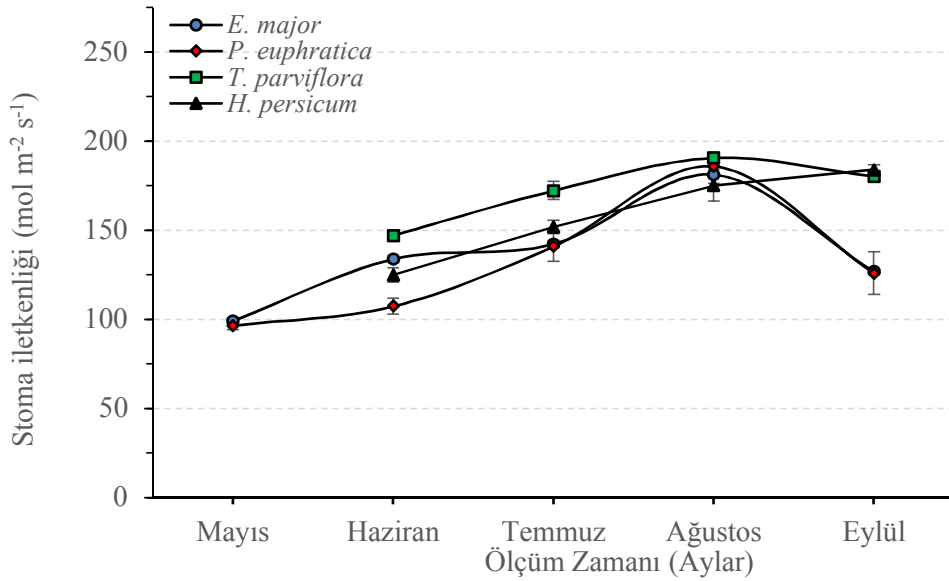
Şekil 4.19. Dört türe ait 2015 yılı transpirasyon hızları, (*H. persicum* ve *T. parviflora*'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

Büyüme mevsimi başlangıcı olan Mayıs ayında *A. canescens*, diğer türlere oranla yüksek stoma iletkenliği göstermiş, buna karşılık en düşük değer *R. pseudoacacia*'da ölçülmüştür (Şekil 4.20). Ancak Haziran ve Temmuz aylarında birbirine yakın değerler ölçülmüş, diğer aylarda C₄ *A. canescens*, C₃ türlerinden önemli ölçüde fazla stoma iletkenliği göstermişlerdir. Eylül ayında yapılan ölçümlerde *A. arabica* ve *R. pseudoacacia* türlerine ait veriler, *A. canescens*'den 1/3 oranında düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.20).



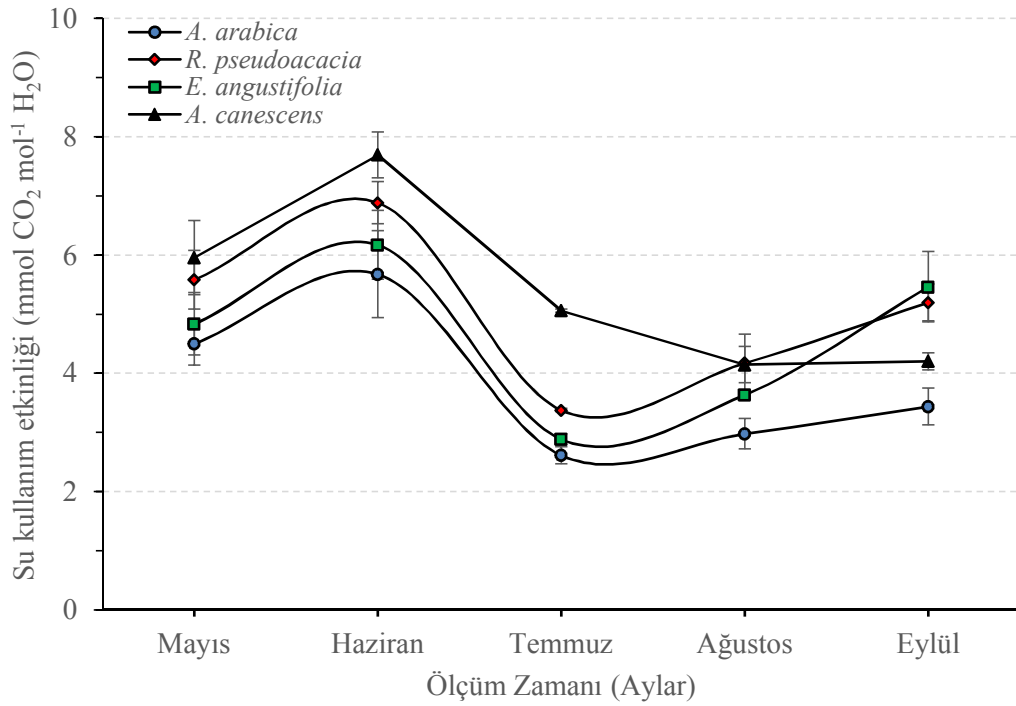
Şekil 4.20. Türlerle ait 2015 yılı stoma iletkenliği (GH₂O)

Farklı dört türde yapılan stoma iletkenliği ölçümlerinde Mayıs ayında C₃ türleri olan *E. major* ve *P. euphratica*'da değerler birbirine oldukça yakın çıkmıştır (Şekil 4.21). Haziran ayında çalışmaya eklenen *T. parviflora*'da yapılan ölçümlerde belirgin bir fark olmamakla beraber diğer türlere göre yüksek çıkmıştır. C₄ *H. persicum*'da Ağustos ayı ölçümlerinde en düşük değere ulaşılmıştır. Eylül ayında ise *E. major* ve *P. euphratica* türlerinde ölçülen değerler ile *T. parviflora* ile *H. persicum*'da ölçülen değerler önemli ölçüde benzerlik göstermiştir (Şekil 4.21).



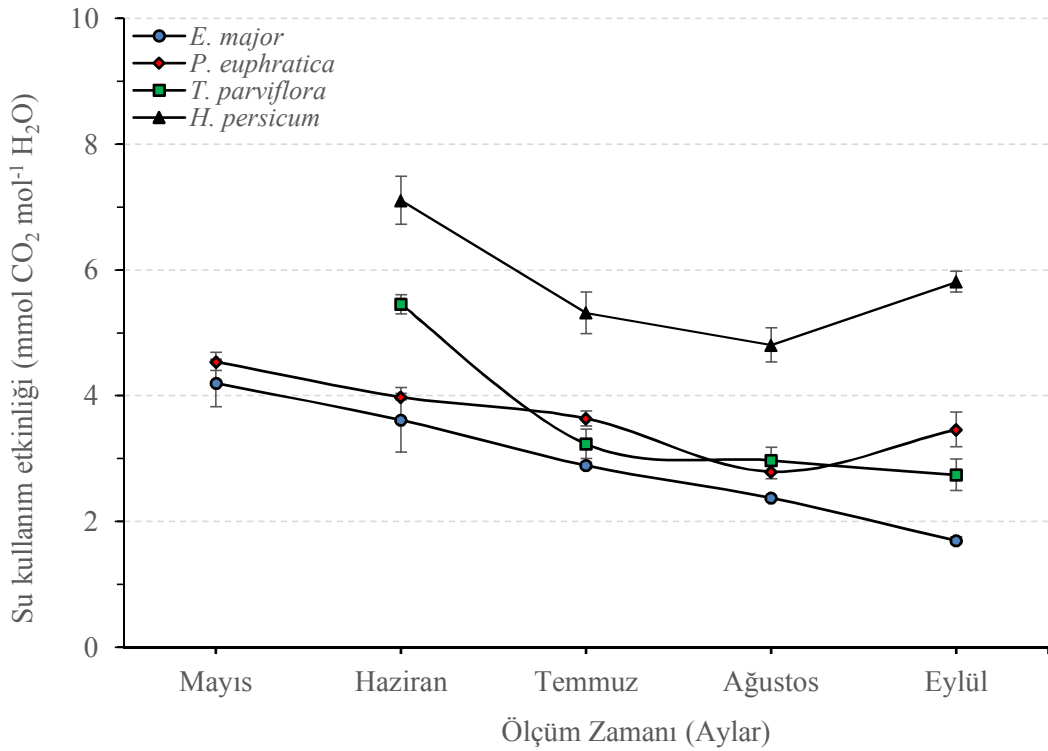
Şekil 4.21. Türlerle ait 2015 yılı stoma iletkenliği, GH₂O (*H. persicum* ve *T. parviflora*'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

Su kullanım etkinliği (SKE), net fotosentez hızının transpirasyon hızına oranı olarak hesaplanmıştır. Buna göre dört bitki türünden C_4 *A. canescens*'de Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında SKE yüksek, Ağustos ayında *R. pseudoacacia* ile çok yakın çıkmıştır. Eylül ayında ise diğer türlerle arasında çok belirgin bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Dört türe ait 2015 yılı su kullanım etkinliği.

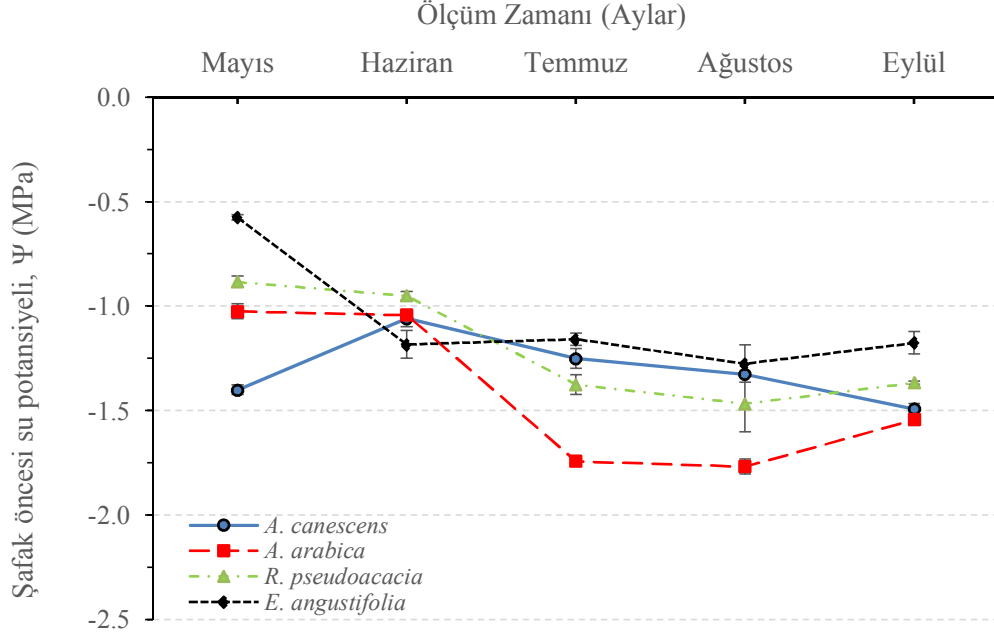
Vejetasyon dönemi içerisinde diğer grupta yer alan türler içerisinde SKE en düşük *E. major*'da elde edilmiştir ve 2015 yılında bu tür su kullanımını diğer türlere nazaran daha az etkin kullanmıştır (Şekil 4.23). Buna karşılık C_4 türü olan *H. persicum*'un, her ne kadar sıcak aylarda azalan bir trend gösterse de diğer türlere oranla yaklaşık 1.5 kat daha fazla su kullanım etkinliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu türde SKE, en yüksek Haziran ayında (7.10 ± 0.38 mmol CO_2 mol⁻¹H₂O), en düşük Ağustos ayında (4.80 ± 0.27 mmol CO_2 mol⁻¹H₂O) ölçülmüştür (Şekil 4.23).



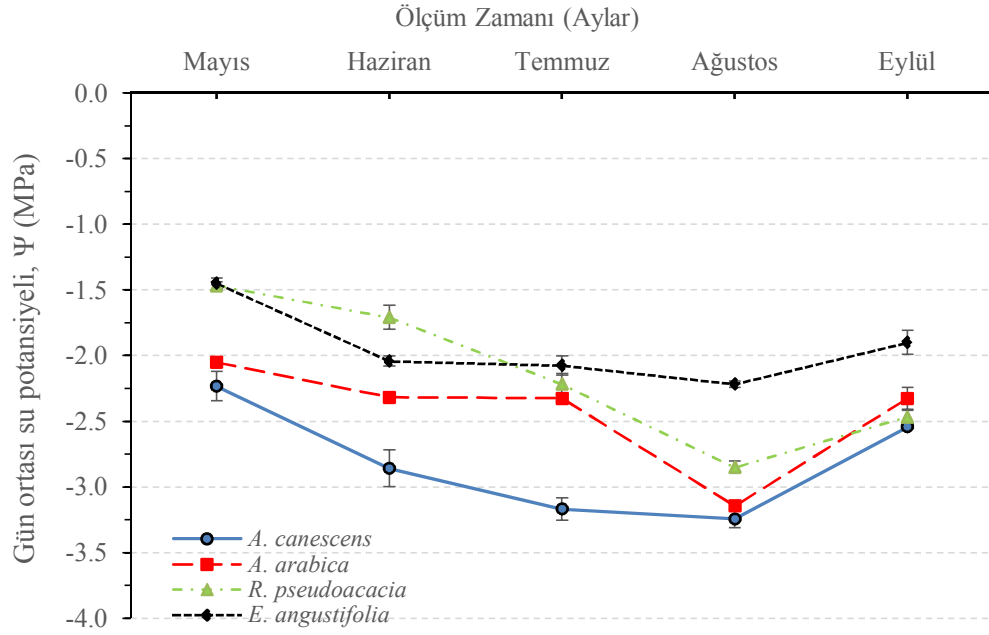
Şekil 4.23. Dört türe ait 2015 yılı su kullanım etkinliği (*H. persicum* ve *T. parviflora*'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır).

Genel olarak bakıldığında vejetasyon dönemi ilerledikçe şafak öncesi su potansiyeli azalan bir trend göstermiştir. Dört farklı türde yapılan şafak öncesi su potansiyeli ölçümlerinde, Mayıs ayında *A. canescens*'de en düşük değer ölçülürken (-1.40 ± 0.02 MPa), *E. angustifolia*'da en yüksek değer elde edilmiştir (-0.57 ± 0.02 MPa). Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında en düşük şafak öncesi su potansiyeli *A. arabica*'da ölçülmüşken, bu aylarda en yüksek değerler *E. angustifolia*'da kaydedilmiştir (Şekil 4.24, Tablo 4.1).

Bu türlerde şafak öncesi su potansiyelinde olduğu gibi gün ortası su potansiyelinde de vejetasyon dönemi ilerleyip sıcaklıklar arttıkça önemli derecede azalmalar meydana gelmiştir (Şekil 4.25, Tablo 4.1). *A. canescens*'de bütün aylarda periyodik azalışla yıl içinde en düşük değerler göstermiştir (Şekil 4.25). Bu türe en yakın ölçümler Ağustos ve Eylül aylarında *A. arabica*'da elde edilmiştir. Diğer C_3 türleri arasında en yüksek gün ortası su potansiyeli *E. angustifolia*'da ölçülmüştür (Şekil 4.25).



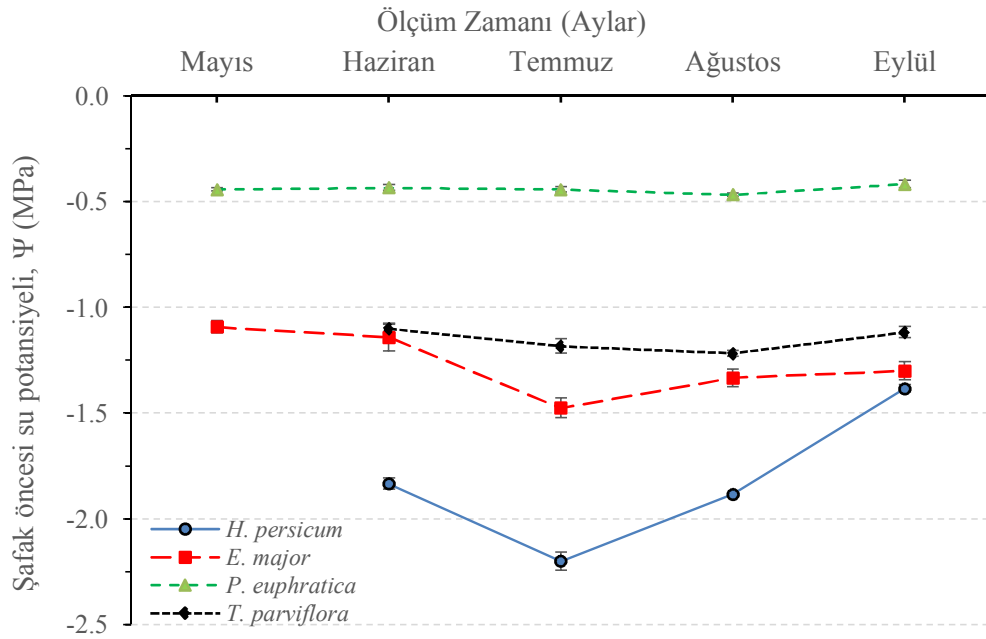
Şekil 4.24. Dört türe ait 2015 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında şafak öncesi su potansiyeli. Her bir nokta 6 farklı bitkinin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.



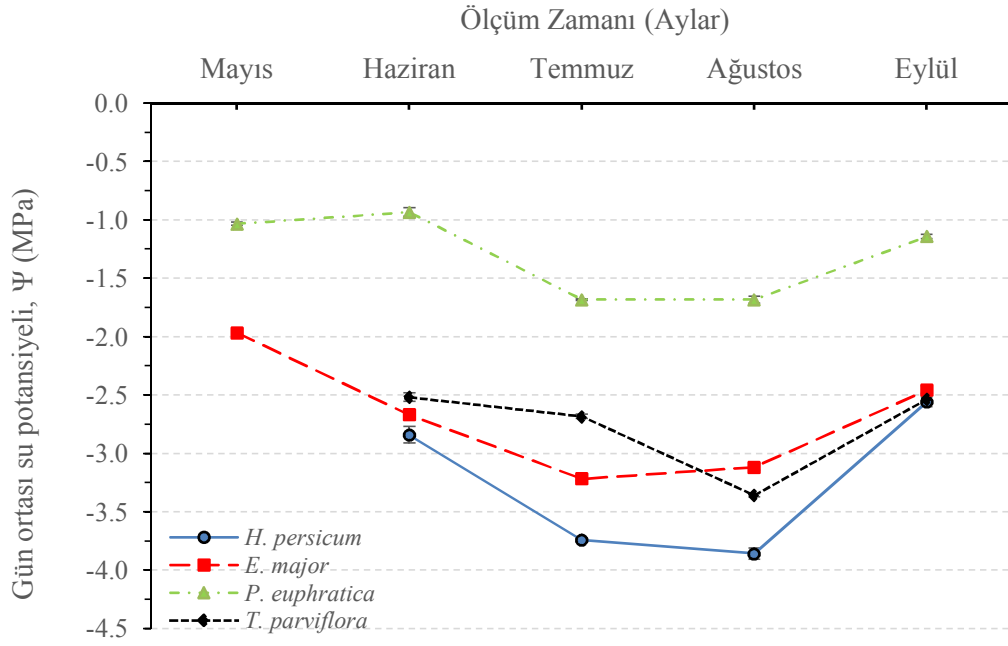
Şekil 4.25. Türler için 2015 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gün ortası su potansiyeli. Her bir nokta 6 farklı bitkinin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.

Diğer gruptaki türlere ait şafak öncesi su potansiyeli ölçümlerinde, ölçüm yapılan bütün aylar boyunca elde edilen verilere göre en yüksek şafak öncesi su potansiyeli C₃ türlerinden *P. euphratica*'da ölçülmüştür (Şekil.4.26). Çok ilginçtir ki bu türde şafak öncesi su potansiyeli vejetasyon dönemi sonuna kadar hiç düşmemiş ve bütün aylarda yüksek bulunmuştur. Bunun aksine C₄ türü olan *H. persicum*'da şafak öncesi su potansiyeli diğer türlere nazaran 2 ile 4 kat daha düşük çıkmıştır (Şekil 4.26).

Şafak öncesi su potansiyeli ölçümlerinde olduğu gibi gün ortası su potansiyeli ölçümlerinde de en yüksek değerler *P. euphratica*'da ölçülmüştür (Şekil 4.27). Yine *H. persicum*'da diğer türlere göre en düşük gün ortası su potansiyeli elde edilmiş, sıcak aylarda kendi içerisinde düşük değerlere ulaşmıştır (Şekil 4.27, Tablo 4.2). En düşük gün ortası su potansiyeli *H. persicum* türünde Ağustos ayında yaklaşık -4.0 Mpa olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.26. Dört türe ait 2015 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında şafak öncesi su potansiyeli (*H. persicum* ve *T. parviflora*'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır). Her bir nokta 6 farklı bitkinin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.



Şekil 4.27. Dört farklı türe ait 2015 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gün ortası su potansiyeli (*H. persicum* ve *T. parviflora*'da Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ölçümleri yapılmıştır). Her bir nokta 6 farklı bitkinin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) göstermektedir.

Tablo 4.1. Türlerle ait şafak ve gün ortası su potansiyeli ölçüm sonuçları. Haziran ayında sadece gün ortası ölçümleri alınmıştır. Her bir türde 6 farklı bireyde basınç çemberi kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Her grup içindeki farklı harfler o grup içindeki farkın istatistikî olarak önem düzeyini göstermektedir (p=0.05)

Yıl	Aylar	Türler							
		<i>Atriplex canescens</i>		<i>Amygdalus arabica</i>		<i>Robinia pseudoacacia</i>		<i>Elaeagnus angustifolia</i>	
		Şafak Öncesi	Gün Ortası	Şafak Öncesi	Gün Ortası	Şafak Öncesi	Gün Ortası	Şafak Öncesi	Gün Ortası
2014	Haziran	-	-	-	-2.13±0.05 ^a	-	-1.76±0.05 ^a	-	-1.65±0.12 ^a
	Temmuz	-	-	-1.97±0.06 ^a	-2.90±0.12 ^c	-1.42±0.12 ^a	-2.20±0.02 ^b	-0.95±0.05 ^a	-2.16±0.06 ^d
	Ağustos	-1.63±0.04 ^a	-2.95±0.09 ^a	-2.06±0.10 ^b	-2.92±0.13 ^c	-0.95±0.05 ^b	-2.53±0.04 ^c	-1.37±0.02 ^a	-1.95±0.07 ^c
	Eylül	-1.50±0.02 ^a	-3.71±0.16 ^b	-1.95±0.08 ^a	-3.58±0.20 ^b	-1.53±0.11 ^a	-2.71±0.03 ^c	-1.69±0.11 ^b	-2.30±0.06 ^b
2015	Mayıs	-1.40±0.02 ^b	-2.23±0.11 ^a	-1.02±0.04 ^a	-2.05±0.02 ^a	-0.88±0.03 ^a	-1.46±0.02 ^a	-0.57±0.02 ^a	-1.45±0.04 ^a
	Haziran	-1.05±0.04 ^a	-2.85±0.14 ^b	-1.04±0.02 ^a	-2.31±0.01 ^b	-0.95±0.02 ^a	-1.70±0.09 ^b	-1.18±0.07 ^b	-2.04±0.03 ^d
	Temmuz	-1.25±0.04 ^c	-3.16±0.08 ^c	-1.74±0.01 ^b	-2.32±0.04 ^b	-1.37±0.05 ^b	-2.21±0.07 ^c	-1.15±0.03 ^b	-2.07±0.07 ^d
	Ağustos	-1.32±0.01 ^c	-3.24±0.06 ^c	-1.76±0.04 ^b	-3.14±0.03 ^c	-1.46±0.14 ^b	-2.85±0.04 ^d	-1.27±0.09 ^c	-2.21±0.02 ^b
	Eylül	-1.49±0.02 ^b	-2.54±0.01 ^a	-1.54±0.03 ^{ab}	-2.32±0.08 ^b	-1.36±0.02 ^b	-2.46±0.04 ^c	-1.17±0.05 ^b	-1.90±0.09 ^c

Tablo 4.2. Türlerle ait şafak ve gün ortası su potansiyeli ölçüm sonuçları, Haziran ayında sadece gün ortası ölçümleri alınmıştır. Her bir türde 6 farklı bireyde basınç çemberi kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Her grup içindeki farklı harfler o grup içindeki farkın istatistikî olarak önem düzeyini göstermektedir (p=0.05)

Yıl	Aylar	Türler							
		<i>Haloxylon persicum</i>		<i>Ephedra major</i>		<i>Populus euphratica</i>		<i>Tamarix parviflora</i>	
		Şafak Öncesi	Gün Ortası	Şafak Öncesi	Gün Ortası	Şafak Öncesi	Gün Ortası	Şafak Öncesi	Gün Ortası
2014	Haziran	-	-2.81 ± 0.11 ^a	-	-2.60±0.05 ^a	-	-0.68±0.03 ^a	-	-
	Temmuz	-2.28 ± 0.04 ^a	-3.13 ± 0.12 ^c	-2.01±0.07 ^c	-3.07±0.07 ^b	-0.43±0.01 ^a	-1.71±0.09 ^b	-1.03±0.04 ^a	-2.73±0.03 ^a
	Ağustos	-2.46 ± 0.03 ^b	-3.57 ± 0.08 ^d	-2.43±0.08 ^b	-3.10±0.17 ^b	-0.63±0.02 ^b	-2.01±0.10 ^c	-1.25±0.02 ^a	-3.18±0.04 ^a
	Eylül	-2.36 ± 0.07 ^a	-3.93 ± 0.10 ^b	-1.77±0.05 ^a	-3.45±0.09 ^c	-0.78±0.01 ^b	-2.33±0.06 ^c	-1.43±0.03 ^b	-3.56±0.05 ^b
2015	Mayıs	-	-	-1.09±0.03 ^a	-1.96±0.01 ^a	-0.44±0.01 ^d	-1.03±0.02 ^a	-	-
	Haziran	-1.83±0.03 ^c	-2.84±0.07 ^d	-1.14±0.07 ^c	-2.66±0.04 ^b	-0.43±0.02 ^c	-0.93±0.04 ^a	-1.10±0.02 ^a	-2.51±0.04 ^a
	Temmuz	-2.20±0.04 ^b	-3.74±0.02 ^c	-1.47±0.05 ^b	-3.21±0.02 ^c	-0.45±0.03 ^e	-1.66±0.02 ^b	-1.18±0.03 ^b	-2.68±0.02 ^a
	Ağustos	-1.88±0.01 ^d	-3.85±0.05 ^b	-1.33±0.05 ^d	-3.11±0.03 ^c	-0.46±0.02 ^b	-1.68±0.03 ^b	-1.21±0.02 ^b	-3.35±0.01 ^b
	Eylül	-1.38±0.02 ^a	-2.55±0.04 ^a	-1.30±0.04 ^d	-2.45±0.04 ^b	-0.41±0.01 ^a	-1.14±0.01 ^a	-1.11±0.03 ^a	-2.53±0.05 ^a

4.4. Serada Yapılan Fizyolojik Ölçümlere Ait Bulgular

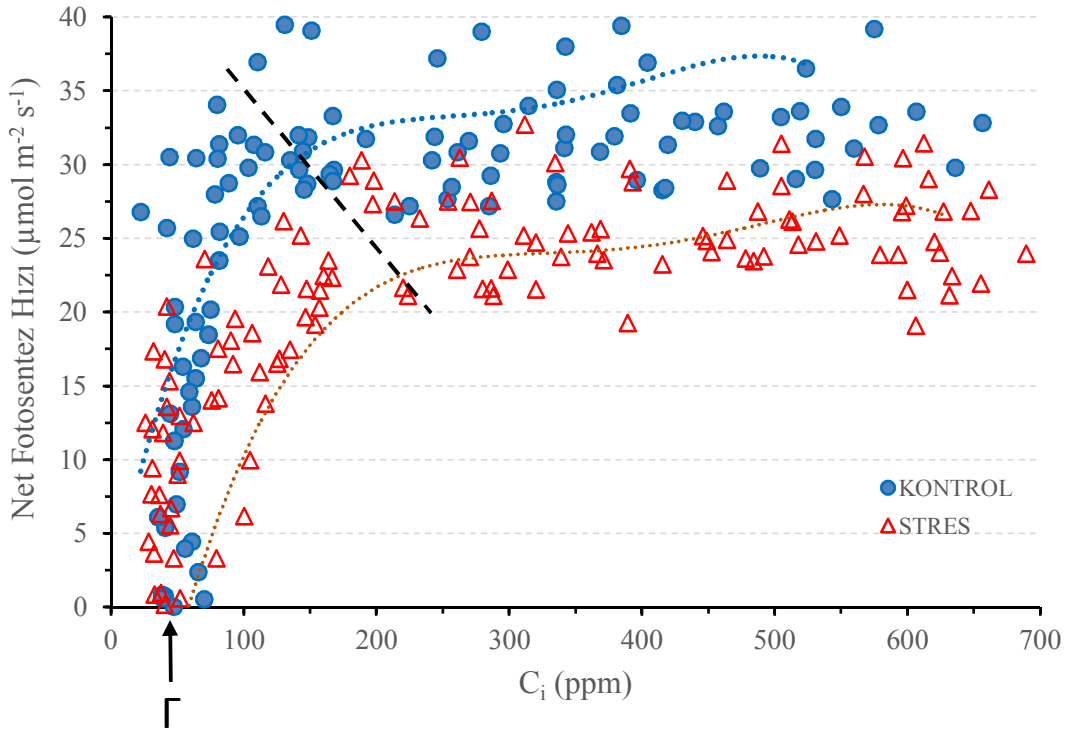
Serada yetiştirilen 4 türe ait 24 bitkiden 6'şar adet kontrol ve stres gruplarında net fotosentez hızı-hücreler arası CO₂ miktarı (A-C_i), net fotosentez hızı-yaprak sıcaklığı (A-T) ve gün ortası yaprak su potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen verilerin ortalama değerleri, standart sapmaları ve standart hataları hesaplanmıştır. A-C_i ölçümlerinde değişen CO₂ miktarlarına bitkilerin göstermiş olduğu net fotosentez hızındaki farklılıklar tespit edilmiştir. Ayrıca kompensasyon noktaları ve A₄₀₀ değerleri belirlenmiştir (Tablo 4.3). A-T ölçümlerinde bitkilerin 20-45 °C arasındaki 5 °C sıcaklık değişimlerinin net fotosentez üzerine etkileri ölçülmüştür. Ölçümler kontrol grubu ve su stresi grubu olarak ayrılan bireylerde yapılmıştır. Türler için ortalama fizyolojik ölçümler grafikler halinde gösterilmiştir.

Tablo 4.3 A-C_i eğrilerinde elde edilen kompensasyon noktası ve A₄₀₀ değerleri

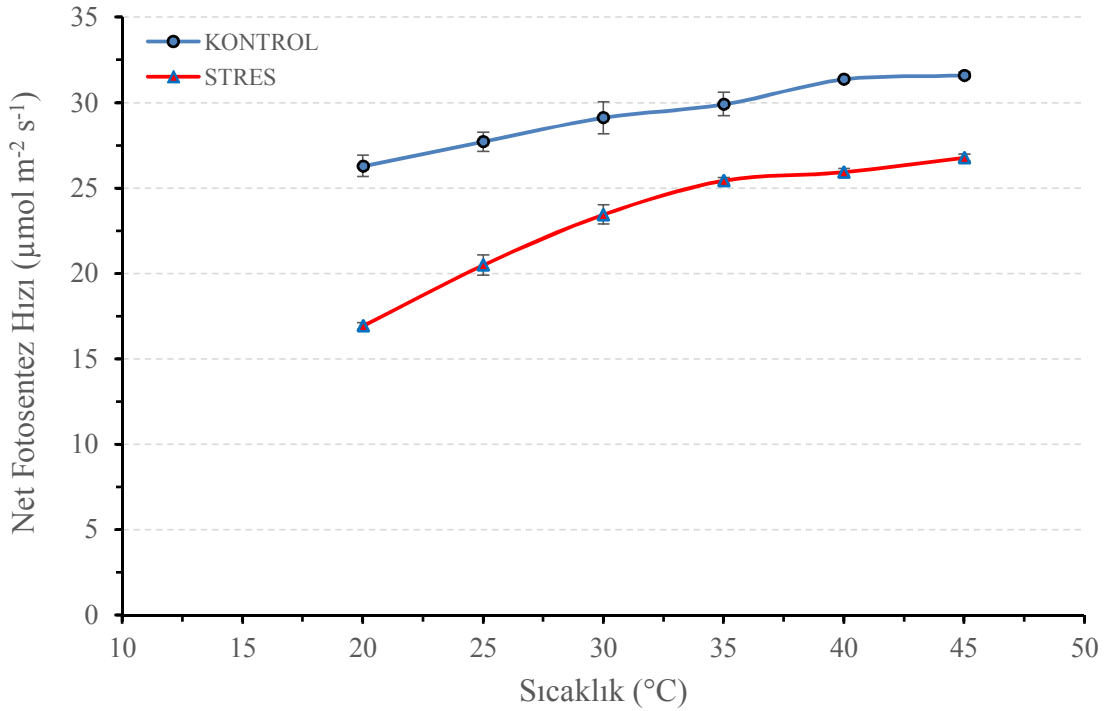
Tür	Fotosentetik İzyolu	Γ (ppm)	A ₄₀₀ (μmol m ⁻² s ⁻¹)
R. <i>pseudoacacia</i> (K)	C ₃	106.95±5.47	11.22±0.54
R. <i>pseudoacacia</i> (S)		94.36±9.86	8.95±0.29
E. <i>angustifolia</i> (K)	C ₃	86.48±6.06	12.67±0.44
E. <i>angustifolia</i> (S)		87.33±4.75	9.49±0.62
A. <i>arabica</i> (K)	C ₃	96.43±6.12	15.01±0.73
A. <i>arabica</i> (S)		88.85±2.5	12.15±0.5
A. <i>canescens</i> (K)	C ₄	45.65±4.66	30.85±0.86
A. <i>canescens</i> (S)		40.51±2.95	23.13±1.42

K: Kontrol, S: Stres, Değerler n=6 bireyin ortalaması, ± Standart Hatayı (SH) ifade etmektedir.

Sera koşullarında yetiştirilen *Atriplex canescens* türüne ait kontrol grubu ve stres grubu A-C_i ölçümleri sonucunda her iki gruptaki bitkilerin kompensasyon noktaları, diğer türlere göre düşük çıkmıştır. CO₂ miktarının artışına karşın, net fotosentez hızları, 400 ppm'de ölçülen net fotosentez hızına yakın seviyelerde ölçülmüştür (Şekil 4.28; Tablo 4.3). *Atriplex canescens* türüne ait kontrol grubu ve stres grubu A-T ölçümlerinde oluşturulan eğri doğrultusunda sıcaklığın artmasıyla net fotosentez hızının arttığı, bu C₄ türünün artan sıcaklıklardan negatif yönde etkilenmediği tespit edilmiştir (Şekil 4.29).

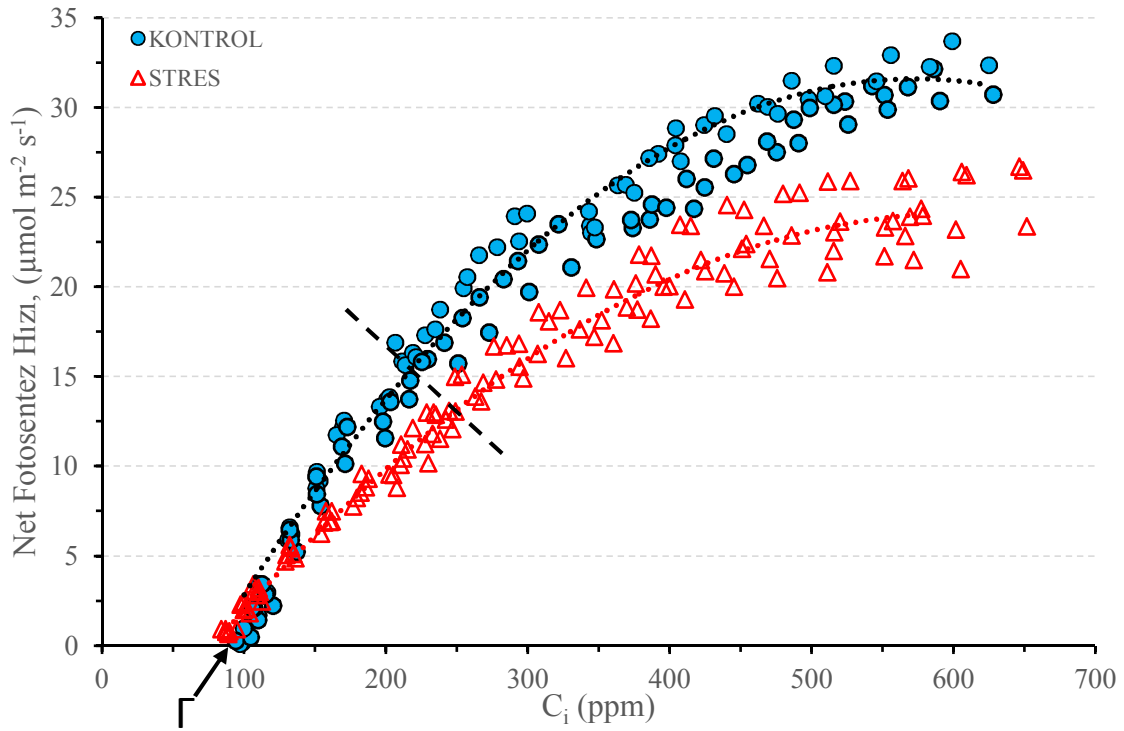


Şekil 4.28. *A. canescens* türüne ait net fotosentez hızı- hücrelerarası CO₂ miktarı eğrisi (A-C_i), Her nokta ayrı bir ölçümü, bütün noktalar 6 ayrı bitkiyi (n=6), parabol genel ortalamamın trendini, Γ =kompensasyon noktasını ifade etmektedir.

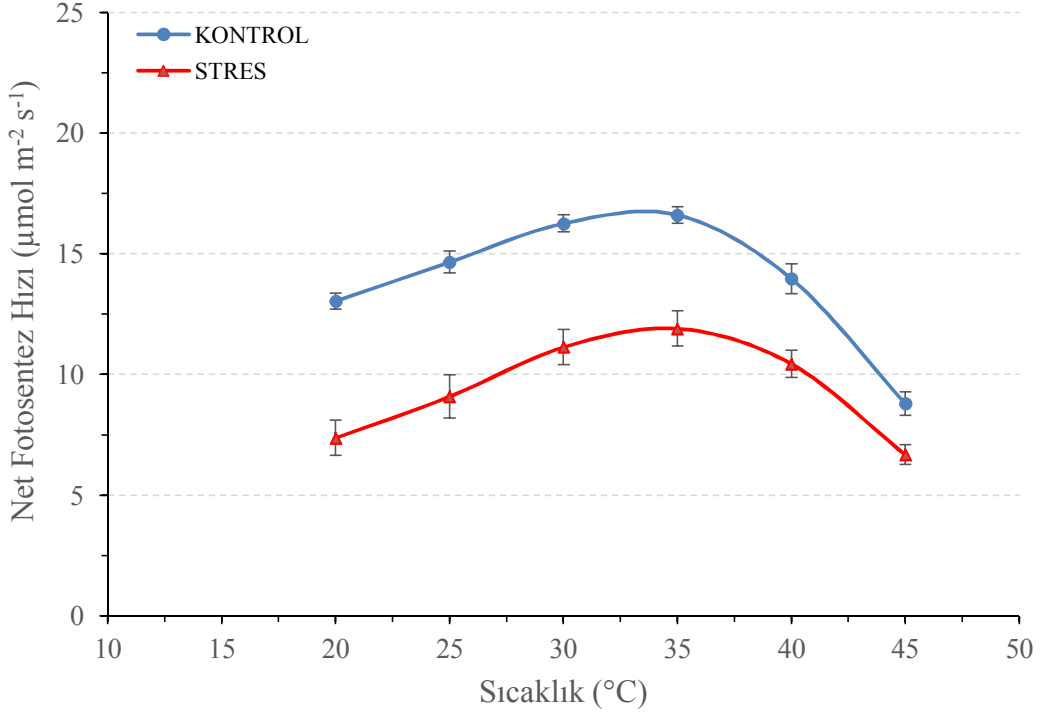


Şekil 4.29. *A. canescens* türüne ait net fotosentez hızı- sıcaklık eğrisi (A-T), Değerler n=6 bireyin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) ifade etmektedir.

A. arabica'da kontrol ve stres altında $A-C_i$ ölçümleri sonucunda, her iki gruptaki bitkilerin kompensasyon noktaları belirlenmiştir. CO_2 miktarının artışı ile net fotosentez hızları artış göstermiştir (Şekil 4.30; Tablo 4.3). Bu türe ait kontrol ve stres grubu A-T ölçümlerinde oluşturulan eğri doğrultusunda sıcaklığın artmasıyla net fotosentez hızı $35\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar artış göstermiş, ancak devam eden sıcaklık artışından negatif yönde etkilenmiş ve $45\text{ }^\circ\text{C}$ 'de en düşük seviyeye indiği belirlenmiştir (Şekil 4.31).

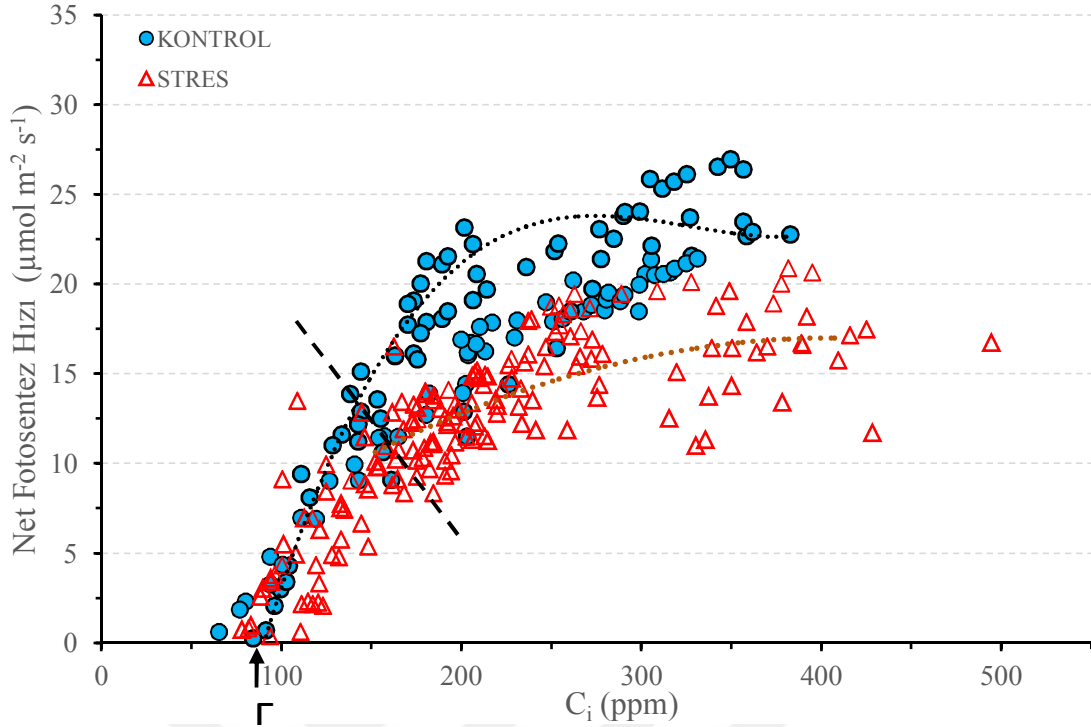


Şekil 4.30. *A. arabica* türüne ait net fotosentez hızı- hücrelerarası CO_2 miktarı eğrisi ($A-C_i$), Her nokta ayrı bir ölçümü, bütün noktalar 6 ayrı bitkiyi ($n=6$), parabol genel ortalamanın trendini, kesik çizgi yaklaşık A_{400} noktasını, Γ =kompensasyon noktasını ifade etmektedir.

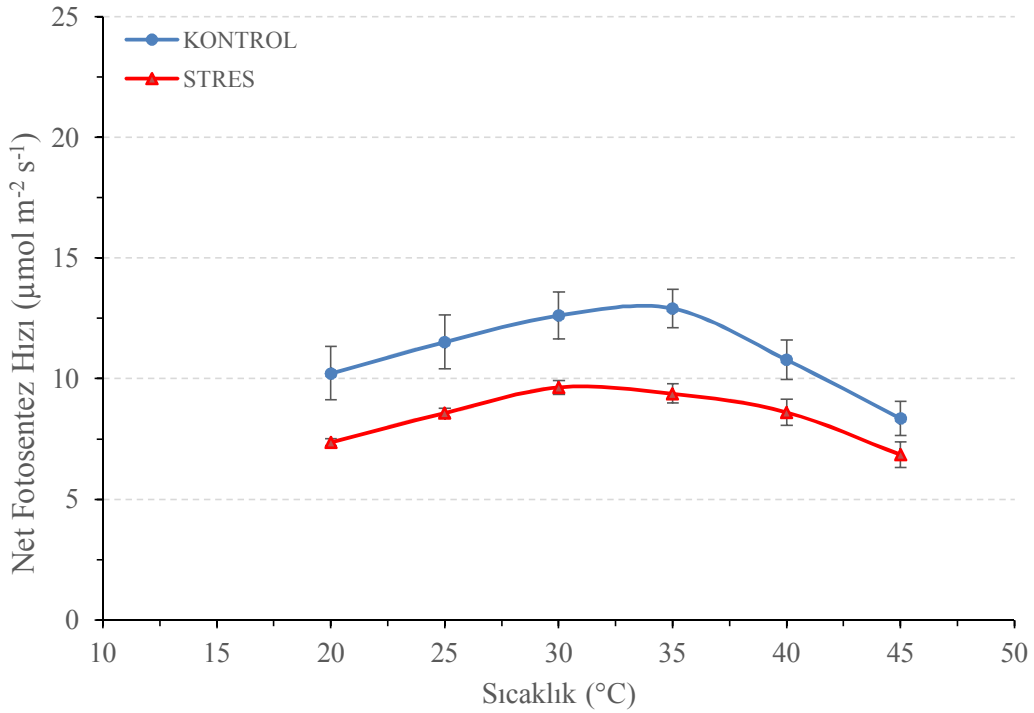


Şekil 4.31. *A. arabica* türüne ait net fotosentez hızı- sıcaklık eğrisi (A-T), Değerler n=6 bireyin ortalamasını, ± Standart Hatayı (SH) ifade etmektedir.

E. angustifolia'da kontrol ve stres grubunda A- C_i ölçümleri yapılmış ve eğri oluşturulmuştur. Kontrol ve stres gruplarındaki bitkilerin kompensasyon noktaları tespit edilmiştir. CO₂ miktarının artışı ile net fotosentez hızları artış göstermiştir (Şekil 4.32; Tablo 4.3). Bu türe ait kontrol grubu ve stres grubu A-T ölçümlerinde oluşturulan eğri doğrultusunda sıcaklığın artmasıyla net fotosentez hızı yaklaşık 30-35 °C'ye kadar artış göstermiş, ancak devam eden sıcaklık artışında net fotosentez hızında düşüş görülmüş ve 45 °C'de en düşük seviyeye indiği belirlenmiştir (Şekil 4.33).

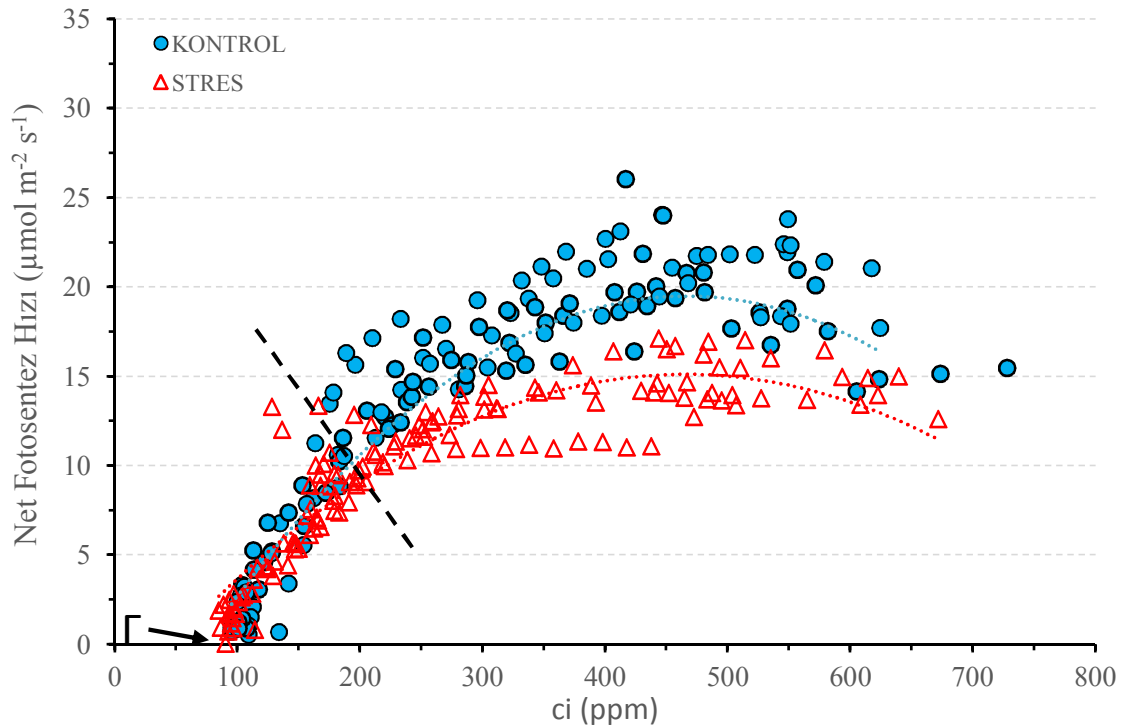


Şekil 4.32. *E.angustifolia* türüne ait net fotosentez hızı- hücrelerarası CO₂ miktarı eğrisi (A-C_i), Her nokta ayrı bir ölçümü, bütün noktalar 6 ayrı bitkiyi (n=6), parabol genel ortalamanın trendini, Kesik çizgi yaklaşık A₄₀₀ noktasını, Γ=kompensasyon noktasını ifade etmektedir.

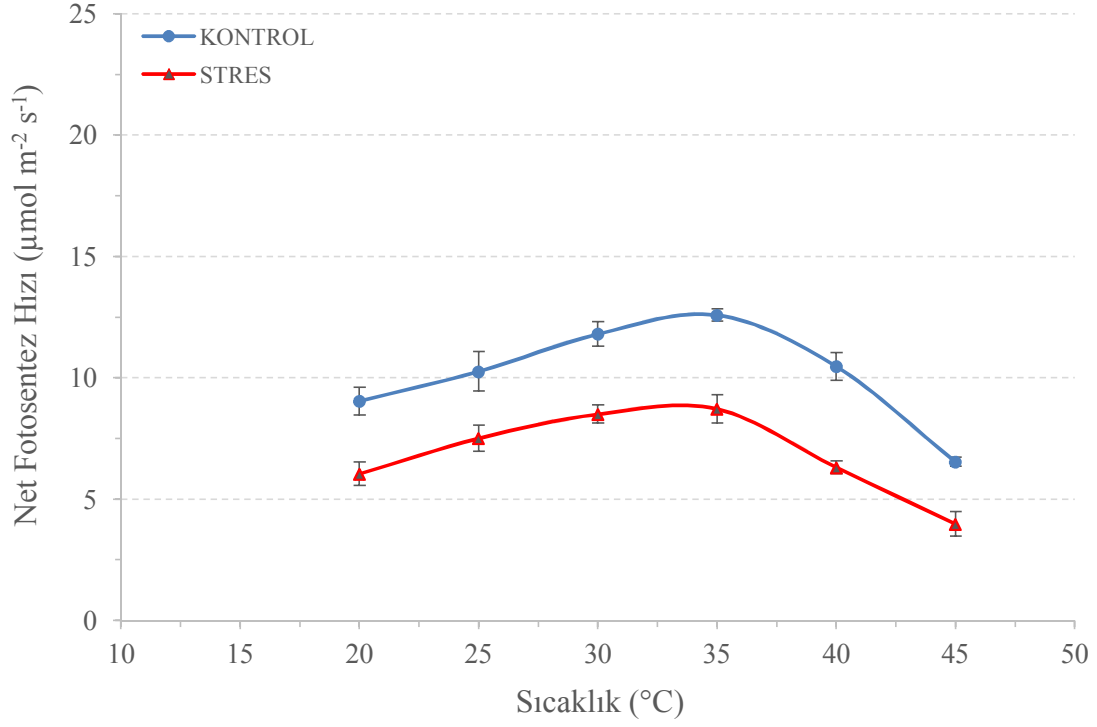


Şekil 4.33. *E. angustifolia* türüne ait net fotosentez hızı- sıcaklık eğrisi (A-T), Değerler n=6 bireyin ortalamasını, ± Standart Hatayı (SH) ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında C_3 türlerinden *R. pseudoacacia*'da her iki grupta A- C_i ölçümleri yapılmıştır. Kompensasyon noktaları kontrol ve stres gruplarındaki bitkilerde tespit edilmiş olup, net fotosentez hızlarının CO_2 miktarının artışıyla orantılı olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.34; Tablo 4.3). Bu türe ait kontrol ve stres grubu A-T ölçümlerinde oluşturulan eğri doğrultusunda sıcaklığın artmasıyla net fotosentez hızı yaklaşık 30-35 °C ye kadar artış göstermiş, ancak devam eden sıcaklık artışında net fotosentez hızında düşüş görülmüş ve 45 °C'de minimum değer tespit edilmiştir (Şekil 4.35).



Şekil 4.34. *R. pseudoacacia* türüne ait net fotosentez hızı- hücrelerarası CO_2 miktarı eğrisi (A- C_i), Her nokta ayrı bir ölçümü, bütün noktalar 6 ayrı bitkiyi (n=6), parabol genel ortalamasının trendini, Kesik çizgi yaklaşık A_{400} noktasını, Γ =kompensasyon noktasını ifade etmektedir.



Şekil 4.35. *R. pseudoacacia* türüne ait net fotosentez hızı- sıcaklık eğrisi (A-T), Değerler n=6 bireyin ortalamasını, \pm Standart Hatayı (SH) ifade etmektedir.

Yapılan A-Ci ve A-T ölçümleri öncesinde, yetiştirilen bitkilerin stres koşulları sağlayıp sağlamadığını belirlemek için, kontrol ve stres gruplarındaki bireylerde su potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. Yapılan gün ortası su potansiyeli ölçümlerinde C₄ türü olan *A. canescens*'de kontrol ve stres gruplarının her ikisinde de su potansiyeli düşük çıkmıştır (Tablo 4.4). *A. canescens*'de kontrol grubu ortalaması -2.95 ± 0.04 MPa, stres grubu ortalaması -3.61 ± 0.04 MPa olarak ölçülmüştür. C₃ türlerinden *A. arabica*'da, kontrol grubu ortalaması -1.71 ± 0.04 MPa, stres grubu ortalaması -2.66 ± 0.03 MPa olarak ölçülmüştür. *R. pseudoacacia*'da, kontrol ve stres gruplarına ait su potansiyeli ölçümlerinde diğer türlere göre en yüksek değer elde edilmiş olup (Tablo 4.4), kontrol grubu ortalaması -0.79 ± 0.03 MPa, stres grubu ortalaması -2.28 ± 0.06 MPa olarak ölçülmüştür. *E. angustifolia*'da, kontrol grubu ortalaması -1.57 ± 0.02 MPa, stres grubu ortalaması -2.43 ± 0.06 MPa olarak ölçülmüştür (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Serada yetiştirilen bitkilerin kontrol ve stres gruplarına ait gün ortası su potansiyeli ortalama değerleri (MPa)

Türler	Gün Ortası Su Potansiyeli (MPa)	
	Kontrol Grubu	Stres Grubu
<i>A.canescens</i>	-2.95 ±0.04	-3.61±0.04
<i>A.arabica</i>	-1.71±0.04	-2.66±0.03
<i>R. pseudoacacia</i>	-0.79±0.03	-2.28±0.06
<i>E. angustifolia</i>	-1.57±0.02	-2.43±0.06

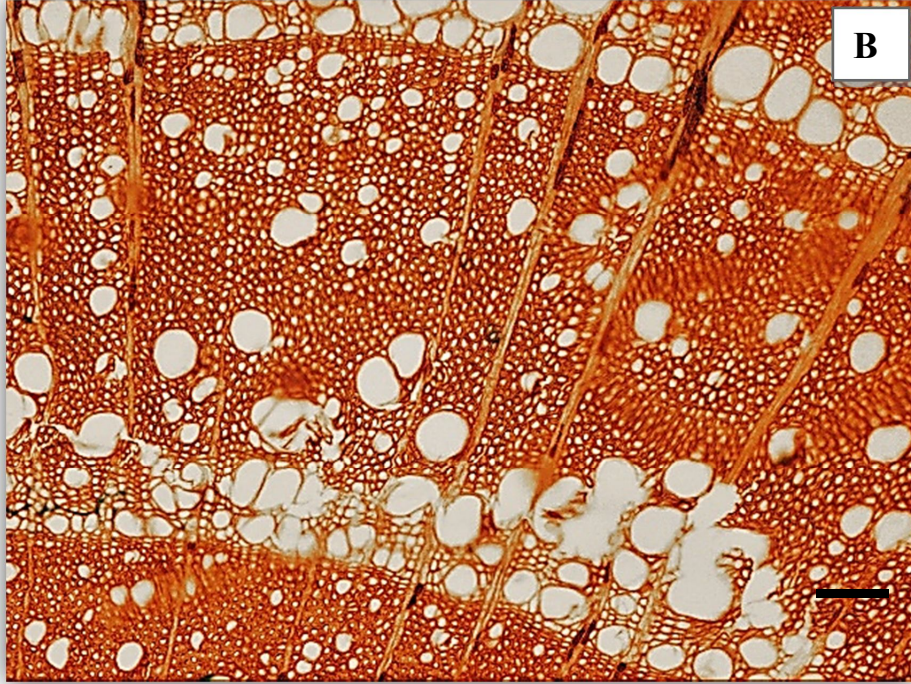
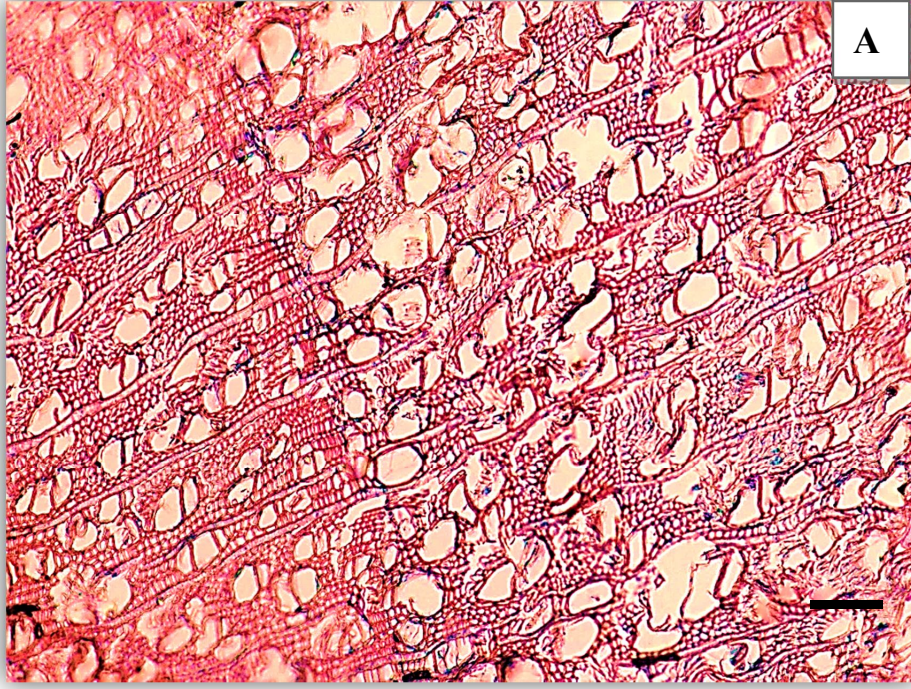
Değerler n=6 bireyin ortalamasını, ± Standart Hatayı (SH) ifade etmektedir.

4.5. Ksilem Anatomilerine Ait Bulgular

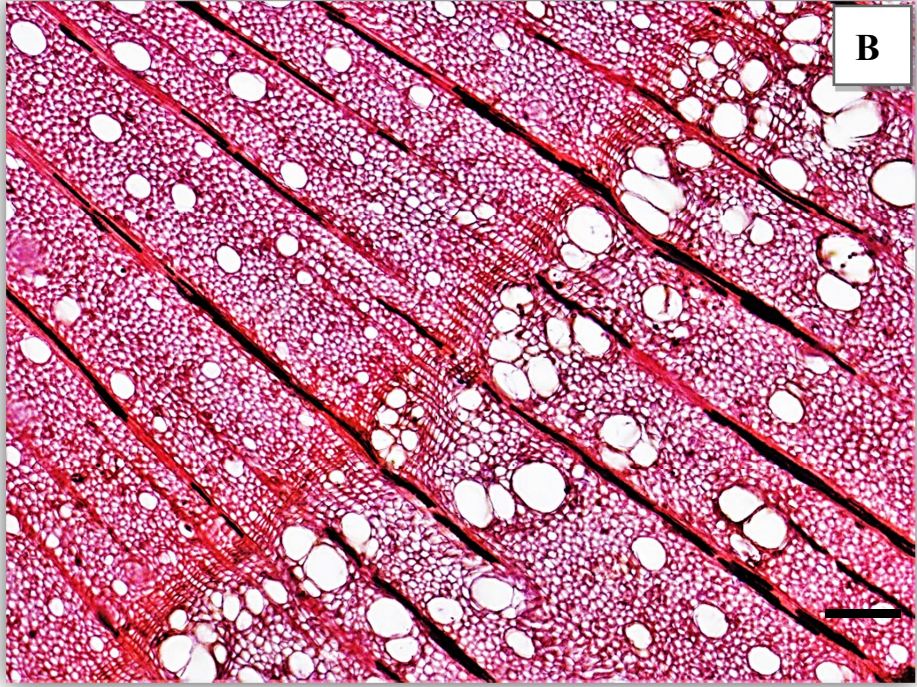
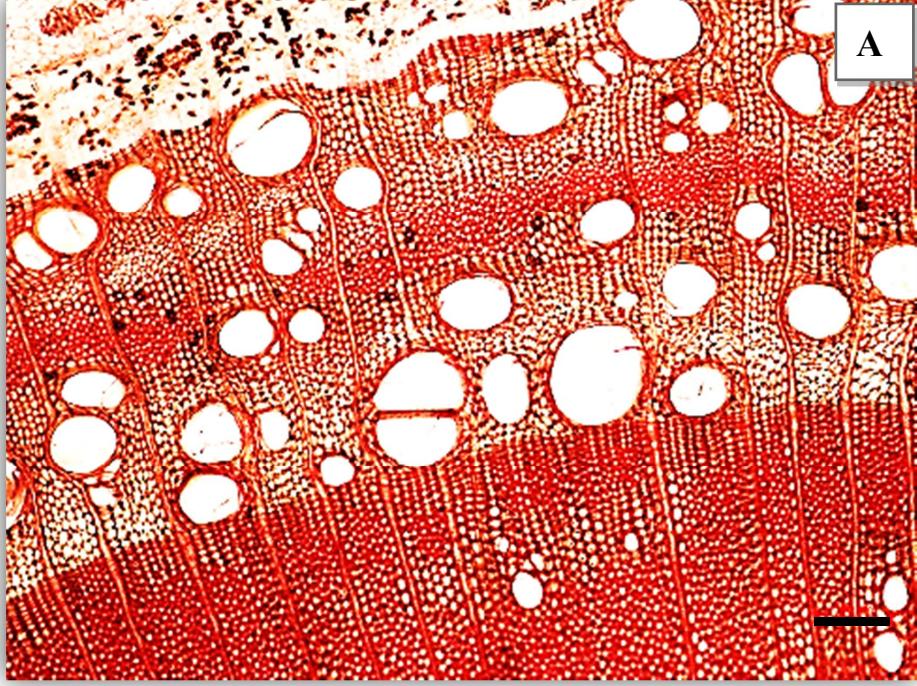
Çalışma alanından alınarak FAA içerisinde muhafaza edilen, 6 C₃ ve 2 C₄ olmak üzere toplam sekiz türe ait dal örneklerinin enine kesitlerinden hazırlanan kalıcı preparatlar üzerinde, fotomikroskop yardımıyla ksilem anatomilerine ait 30 adet ölçüm yapılmış, elde edilen verilerin ortalamaları, standart sapmaları ve standart hataları hesaplanmıştır (Tablo 4.5). Anatomik özellikler görüntülenmiştir (*P. euphratica* Şekil 4.36A; *A. arabica* Şekil 4.36B; *R. pseudoacacia* Şekil 4.37A; *E. angustifolia* Şekil 4.37B; *E. major* Şekil 4.38A; *T. parviflora* Şekil 4.38B; *A. canescens* Şekil 4.39A ve *H. persicum* Şekil 4.39B).

Yapılan incelemelere göre *P. euphratica*, dağınık traheli, traheler teğetsel elips şeklinde, *A. arabica*, halkalı traheli, ilkbahar odunu trahelerinde lümen geniş, yaz odunu trahelerinde lümen dardır. *R. pseudoacacia* halkalı traheli, ilkbahar odunu trahelerinde lümen çok geniş, yaz odunu trahelerinde çeper kalındır. *E. angustifolia* halkalı traheli, ilkbahar odunu trahelerinde lümen geniş, yaz odunu trahelerinde lümen dardır. *E. major* halkalı traheli ilkbahar odunu trahelerinde lümen geniş, yaz odunu trahelerinde lümen dardır. *T. parviflora* dağınık trahelidir. *A. canescens* dağınık traheli, yıllık halka sınırında traheler grup yapmıştır. *H. persicum* dağınık traheli, yıllık halka sınırında traheler grup yapmıştır.

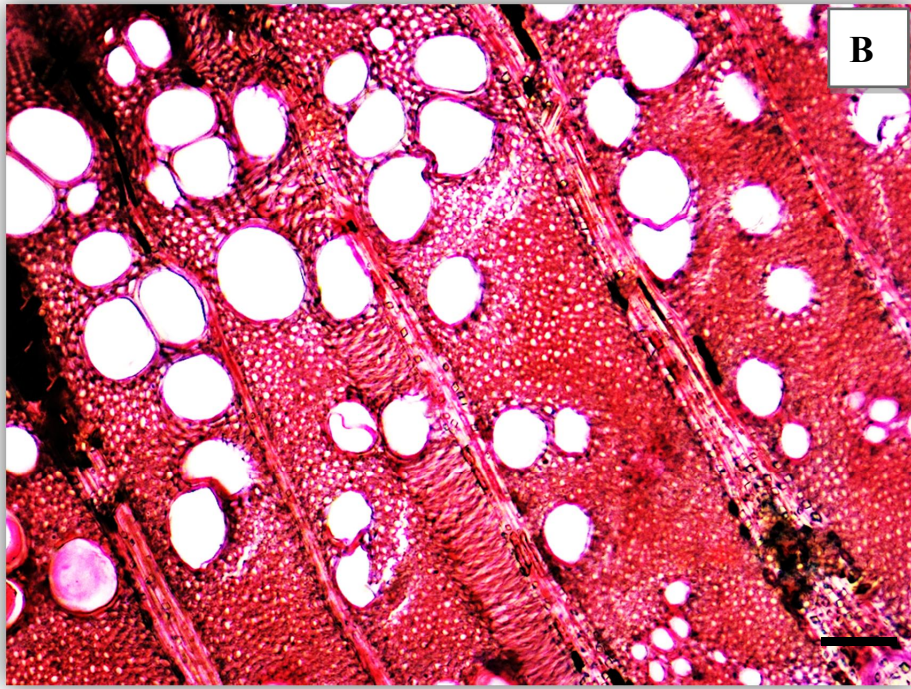
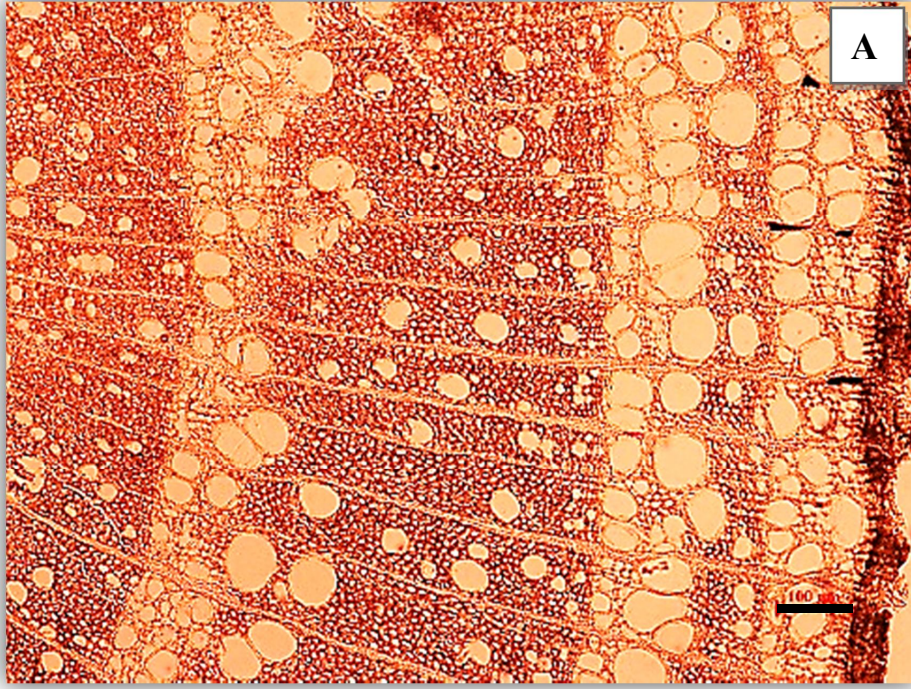
Bu türlere ait anatomik ölçümler neticesinde C₃ türleri ile C₄ türleri arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Örneğin C₄ *A. canescens* ve *H. persicum* türlerinin trahe lümen genişliği, diğer türlere göre daha dar, ancak trahe çeper kalınlığı daha fazladır (Şekil 4.39A ve Şekil 4.39B; Tablo 4.5). C₄ türlerinde trahe çeper kalınlığı, ortalama trahe çapının yaklaşık olarak %20'sini oluştururken, bu oranın C₃ türlerinde yaklaşık %6 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.5). En ince çeper *E. angustifolia*'da ($3.0 \pm 0.47 \mu\text{m}$), en kalın trahe çeperi halkalı traheli geniş çapa sahip *R. pseudoacacia*'da ($3.27 \pm 1.39 \mu\text{m}$) ve dağınık traheli *A. canescens*'de ($4.71 \pm 0.31 \mu\text{m}$) ölçülmüştür. Bunun yanında en dar trahe lümeni *H. persicum*'da ($16.15 \pm 3.14 \mu\text{m}$), en geniş lümen *R. pseudoacacia* ($126.88 \pm 10.03 \mu\text{m}$) türünde elde edilmiştir. Dolayısıyla maksimum trahe çapı en düşük *H. persicum*, en yüksek *R. pseudoacacia*'dır (Şekil 4.37A). Bu fark yaklaşık on kat kadardır. Bununla birlikte mm² de bulunan trahe sayısında en fazla C₄ türlerinden *H. persicum*'da (138 ± 13) tespit edilmiş olup, C₄ türlerine en yakın *P. euphratica* türünde elde edilmiştir (Şekil 4.36A) En az sayıda trahe bulunan tür (36 ± 4) C₃ *R. pseudoacacia*'dır (Tablo 4.5). *H. persicum* ve *R. pseudoacacia* arasındaki trahe sayısı farkı yaklaşık 4 kat kadardır. Çalışmada kullanılan C₄ türlerinin trahe sayılarının ortalaması, C₃ türlerinin trahe sayıları ortalamasından yaklaşık 1.5 kat daha fazladır.



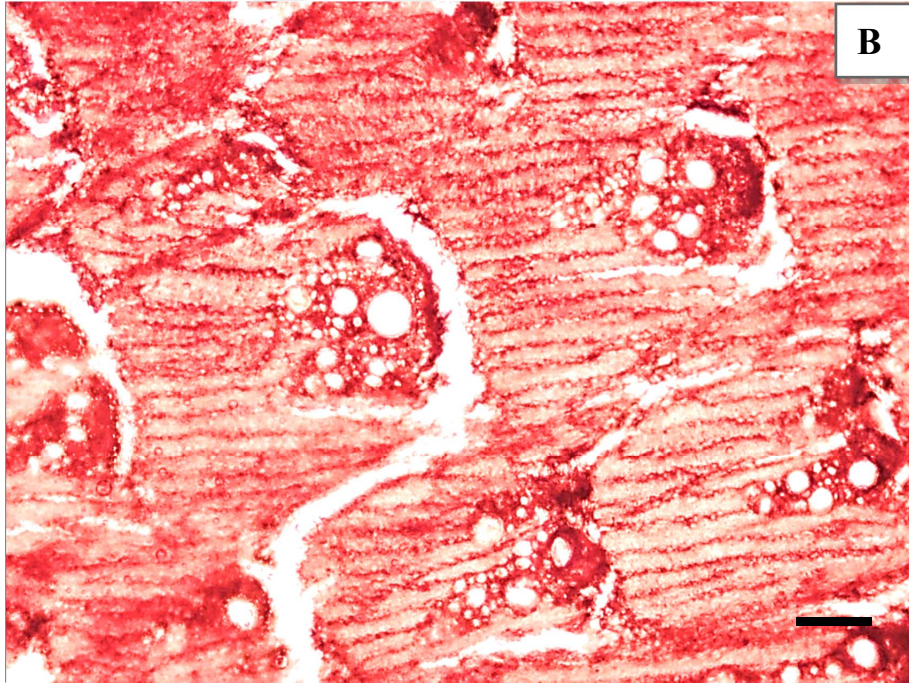
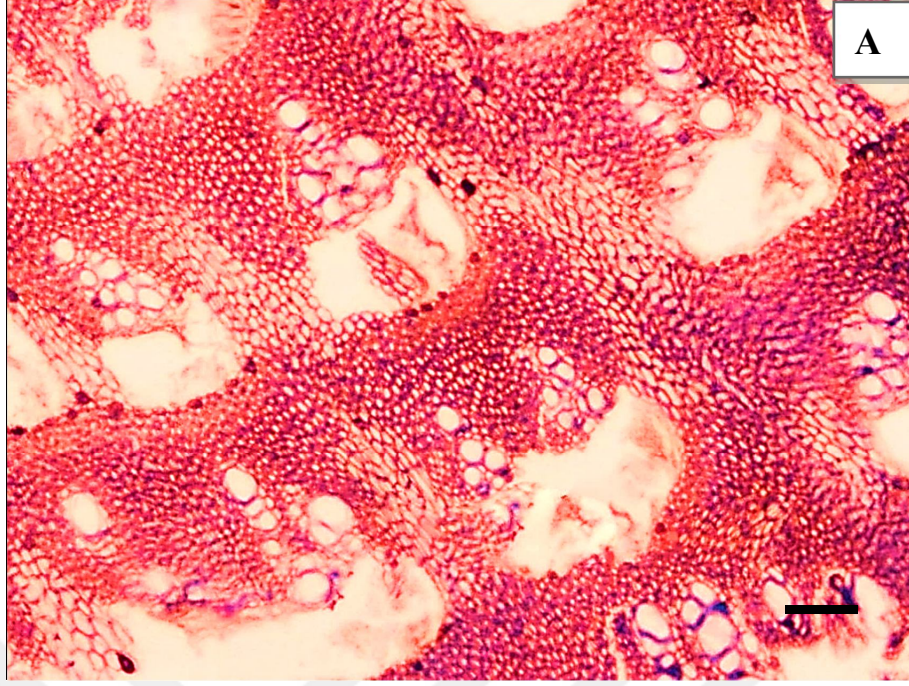
Şekil 4.36. Türlerle ait gövde enine kesitleri, (A) *P. euphratica*, (B) *A. arabica*, ışık mikroskobu, skala: 100 μ m.



Şekil 4.37. Türlerine ait gövde enine kesitleri, (A) *R. pseudoacacia*, (B) *E. angustifolia*, Işık mikroskobu, skala: 100 μm .



Şekil 4.38. Türlerine ait gövde enine kesitleri, (A) *E. major*, (B) *T. parviflora*, Işık mikroskobu, skala: 100 µm.



Şekil 4.39. Türlerle ait gövde enine kesitleri, (A) *A. canescens*, (B) *H. persicum*, ışık mikroskobu, skala: 100 μm .

Tablo 4.5. Gövde Enine Kesitlerine Ait Ölçümler, (ışık mikroskobu x40, n=30, LSD Fisher karşılaştırma testi sonucunda oluşturulan harfler gruplar arasındaki istatistiksel farkı, \pm Standart Hatayı göstermektedir).

Türler	Ortalama Trahe Lümen Genişliği (μm)	Ortalama Trahe Çeper Kalınlığı (μm)	Ortalama Trahe Çapı (μm)	Maximum Trahe Çapı (μm)	Ort. mm^2 deki trahe sayısı
<i>P. euphratica</i>	34.22 \pm 4.21 ^c	3.10 \pm 0.13 ^a	37.32	44.52	110 \pm 12
<i>A. arabica</i>	72.45 \pm 6.12 ^d	4.40 \pm 0.60 ^d	76.82	80.68	104 \pm 9
<i>R. pseudoacacia</i>	126.88 \pm 10.03 ^b	3.27 \pm 1.39 ^b	130.15	155.16	36 \pm 4
<i>E. angustifolia</i>	33.52 \pm 6.00 ^c	3.00 \pm 0.47 ^a	36.52	45.20	88 \pm 8
<i>E. major</i>	60.13 \pm 5.27 ^e	3.89 \pm 0.92 ^c	64.02	67.98	82 \pm 7
<i>T. parviflora</i>	55.84 \pm 3.52 ^e	3.94 \pm 0.81 ^c	59.78	66.19	67 \pm 6
<i>A. canescens</i>	20.14 \pm 3.49 ^a	4.71 \pm 0.31 ^e	24.85	27.39	121 \pm 14
<i>H. persicum</i>	16.15 \pm 3.14 ^a	4.19 \pm 0.47 ^e	20.34	24.16	138 \pm 13

4.6. Lif Morfolojilerine Ait Bulgular

Odun örneklerinden maserasyon yöntemi (klorit yöntemi) ile elde edilen odun lifleri üzerinde, fotomikroskop yardımıyla anatomik ölçümler yapılmış, elde edilen verilerin ortalamaları, standart sapmaları ve standart hataları hesaplanmıştır. Liflere ait özellikler fotomikroskop kullanılarak görüntülenmiştir (*P. euphratica* Şekil 4.40A, *A. arabica* Şekil 4.40B, *R. pseudoacacia* Şekil 4.41A, *E. angustifolia* Şekil 4.41B, *E. major* Şekil 4.42A, *T. parviflora* Şekil 4.42B, *A. canescens* Şekil 4.43A ve *H. persicum* Şekil 4.43B).

Lif ölçümleri ortalama lif lümen genişliği, ortalama lif çeper kalınlığı ve lif uzunluğu ölçümlerini içermektedir. Lif uzunluğu C₃ türlerinde daha fazladır. En fazla olan tür *E. angustifolia*'dır (Şekil 4.41B). En düşük lif uzunluğu da C₄ *A. canescens*'de ölçülmüştür (Şekil 4.43A). C₃ türlerinin lif uzunluğu ortalaması (0.584 mm), C₄ türlerinininkinden (0.260 mm) yaklaşık 2 kattan daha fazladır (Tablo 4.6). Lif lümen genişliği en fazla C₃ *A. arabica*'da, en düşük C₄ *H. persicum*'da elde edilmiştir. Lif çeper kalınlığı ölçümlerinde ise en düşük C₃ *R. pseudoacacia*'da, en yüksek C₄ *H. persicum*'da tespit edilmiştir. Lif çeper kalınlığı en fazla C₄ *H. persicum*'da, en düşük C₃ *R. pseudoacacia*'da ölçülmüştür (Tablo 4.6).

Lif özellikleri değerlendirildiğinde, altı adet C₃ türünde ortalama lif uzunluğu ve ortalama lif lümen genişliği, iki adet C₄ türüne göre daha fazladır. Ortalama lif çeper kalınlığında tersi bir durum geçerli olup, C₄ türlerinin C₃ türlerine kıyasla daha kalın lif çeper kalınlığına sahip olduğu görülmektedir. Bu özellikleri bakımından C₄ türlerinin daha sert ve daha dayanıklı odun liflerine sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 4.6).



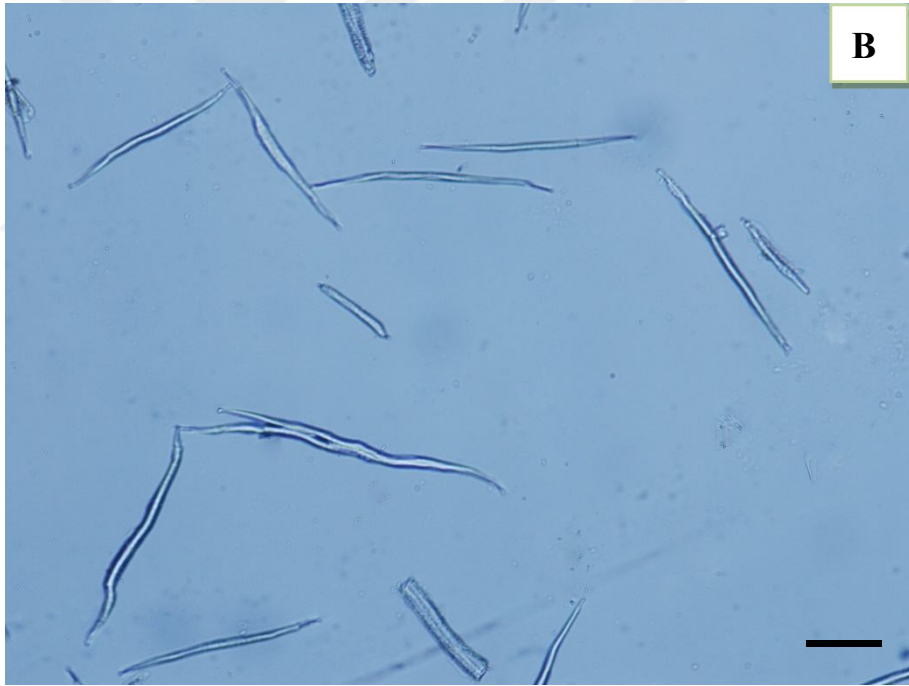
Şekil 4.40. Türlerle ait odun lifleri, (A) *P. euphratica*, (B) *A. arabica*, Skala: 100 µm.



Şekil 4.41. Türlerle ait odun lifleri, (A) *R. pseudoacacia*, (B) *E. angustifolia*, Skala: 100µm.



Şekil 4.42. Türlerle ait odun lifleri, (A) *E. major*, (B) *T. parviflora*, Skala: 100 μm .



Şekil 4.43. Türlerle ait odun lifleri, (A) *A. canescens*, (B) *H. persicum*, Skala: 100 μm .

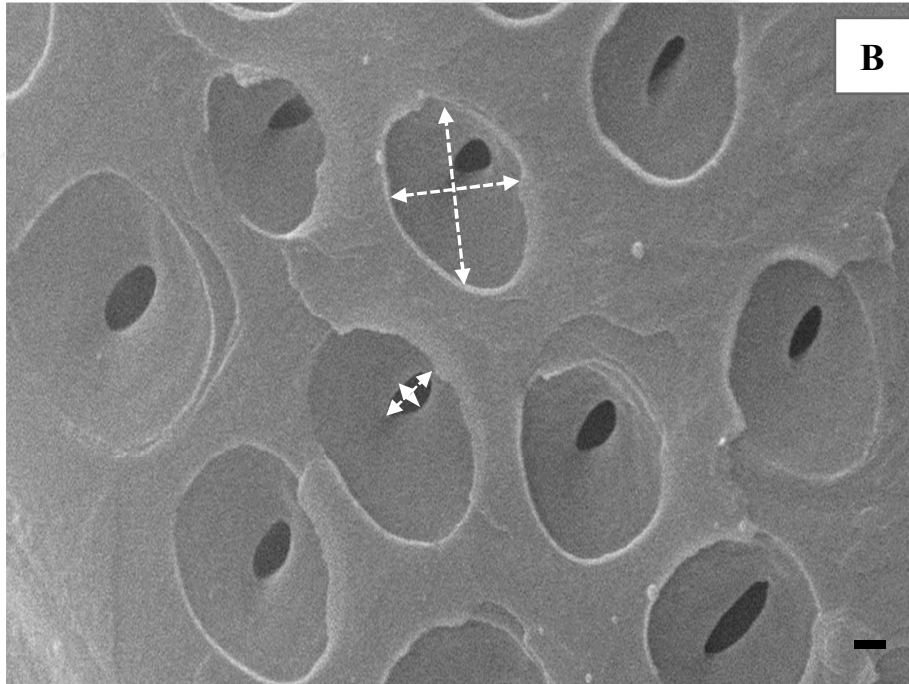
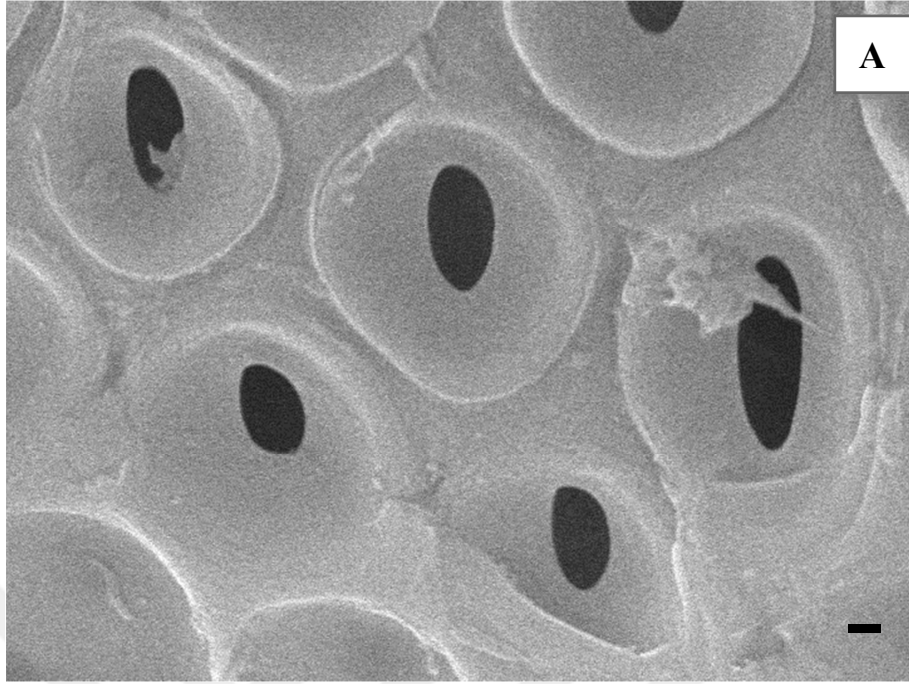
Tablo 4. 6. Odun Liflerine Ait Ölçümler (Işık Mikroskobu x40, n=30, LSD Fisher karşılaştırma testi sonucunda oluşturulan harfler gruplar arasındaki istatistiksel farkı, ± Standart Hatayı göstermektedir).

Türler	Ortalama Lif Uzunluğu mm	Ortalama Lif Lümen Genişliği µm	Ortalama Lif çift Çeper Kalınlığı µm
<i>P. euphratica</i>	0.514 ± 0.04 ^d	7.05 ± 1.08 ^e	5.28 ± 0.41 ^e
<i>A. arabica</i>	0.571 ± 0.05 ^c	8.33 ± 1.16 ^b	4.00 ± 0.18 ^c
<i>R. pseudoacacia</i>	0.742 ± 0.06 ^b	7.75 ± 1.51 ^f	3.83 ± 0.20 ^a
<i>E. angustifolia</i>	0.788 ± 0.12 ^b	6.46 ± 1.21 ^d	4.09 ± 0.24 ^c
<i>E. majör</i>	0.475 ± 0.11 ^d	8.08 ± 1.53 ^b	4.38 ± 0.40 ^d
<i>T. parviflora</i>	0.418 ± 0.09 ^e	6.27 ± 0.91 ^d	5.53 ± 0.43 ^f
<i>A. canescens</i>	0.220 ± 0.03 ^a	5.82 ± 0.62 ^c	8.50 ± 0.38 ^b
<i>H. persicum</i>	0.300 ± 0.02 ^f	4.15 ± 0.80 ^a	8.93 ± 1.10 ^b

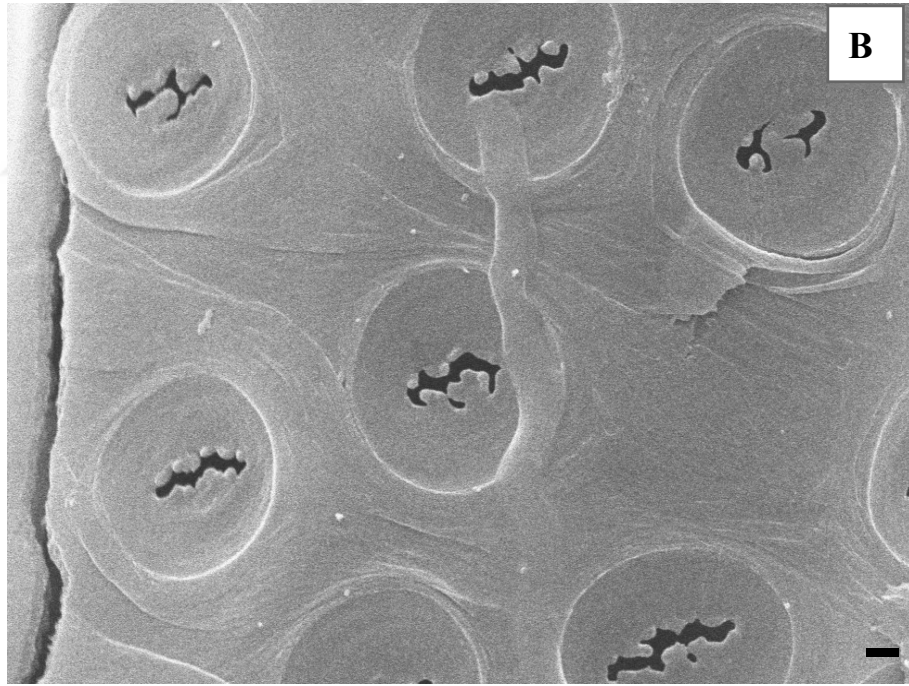
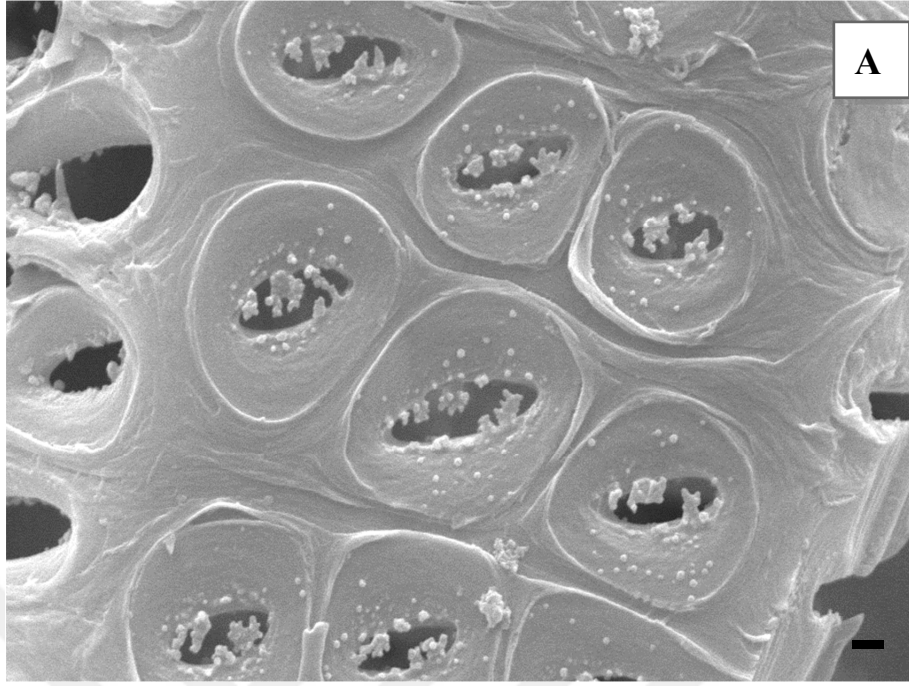
4.7. Trahelerde Bulunan Kenarlı Geçitlere Ait Anatomik Bulgular

Türlere ait odun örneklerinin radyal çeperleri, altın kaplama yapılarak taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmiş (x10000), beraberinde her türden 6 adet olmak üzere trahe çeperlerindeki geçitler üzerinde ölçümler yapılmıştır (*P. euphratica* Şekil 4.44A; *A. arabica* Şekil 4.44B; *R. pseudoacacia* Şekil 4.45A; *E. angustifolia* Şekil 4.45B; *E. major* Şekil 4.46A; *T. parviflora* Şekil 4.46B; *A. canescens* Şekil 4.47A ve *H. persicum* Şekil 4.47B). Bu ölçümler ile geçit açıklığı, geçit yüzey genişliği ve birim alandaki geçit adetlerinin ortalamaları, standart sapmaları ve standart hataları hesaplanmıştır (Tablo 4.7).

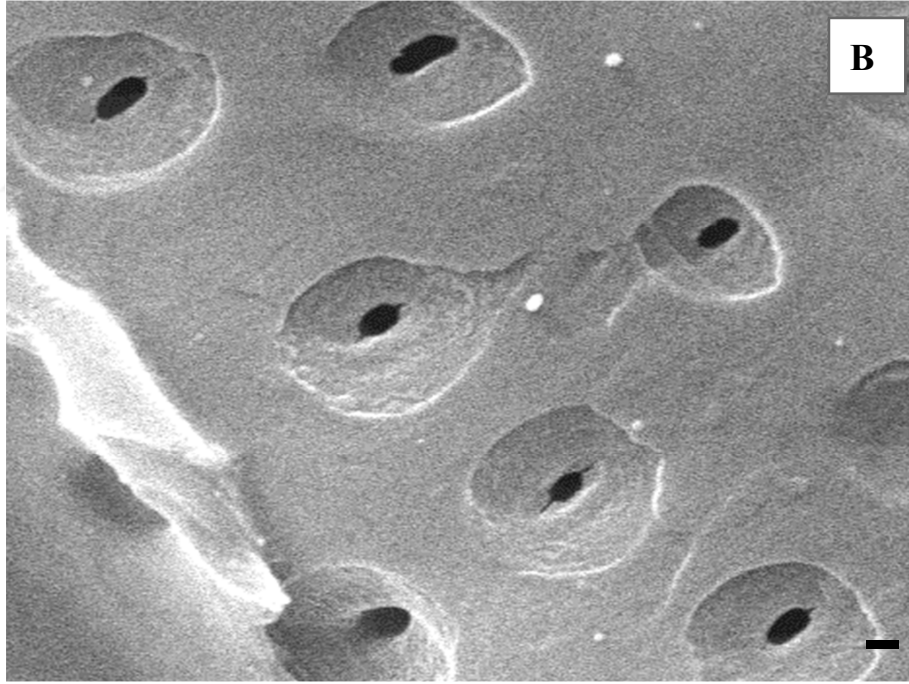
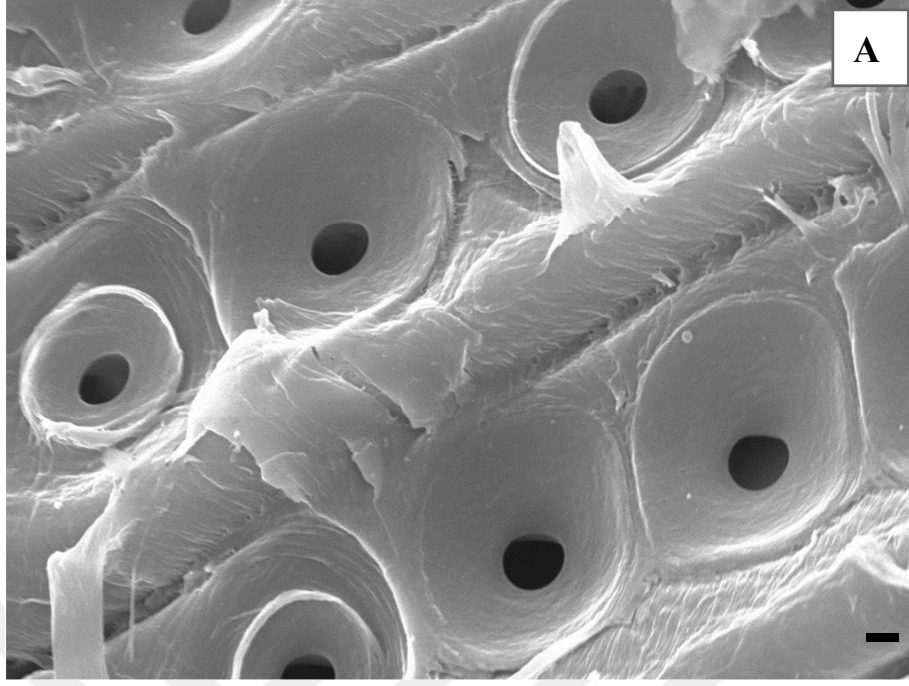
Bu ölçümler neticesinde türlere ait trahelerin çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerde, C₄ türleri olan *A. canescens* ve *H. persicum*'da birim alandaki geçit sayısı diğer türlere göre fazladır (Şekil 4.47A ve Şekil 4.47B). Böylelikle su miktarı düşük olan kurak alanlarda C₄ türlerinde traheler arası su iletimi C₃ türlerine nazaran fazla sayıda kenarlı geçitlerle sağlanmaktadır. Buna karşılık her bir geçit yüzey alanı C₃ *R. pseudoacacia*'da bütün türlerden daha geniştir (Şekil 4.45A). Geçit açıklığı açısından değerlendirildiğinde C₃ türü olan *E major*, diğer türlere kıyasla daha geniş açıklığa sahiptir (Şekil 4.46A).



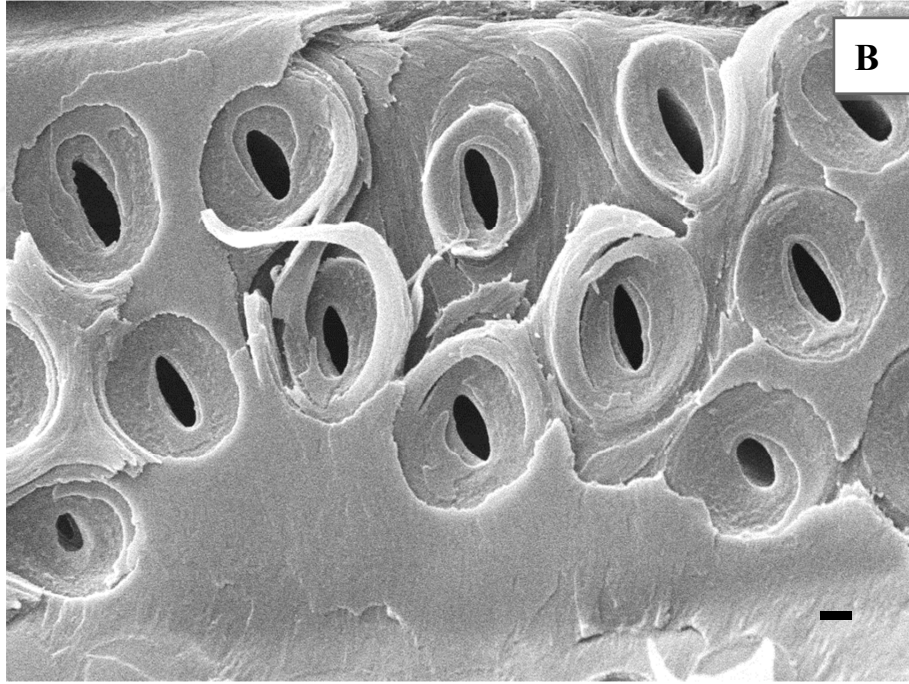
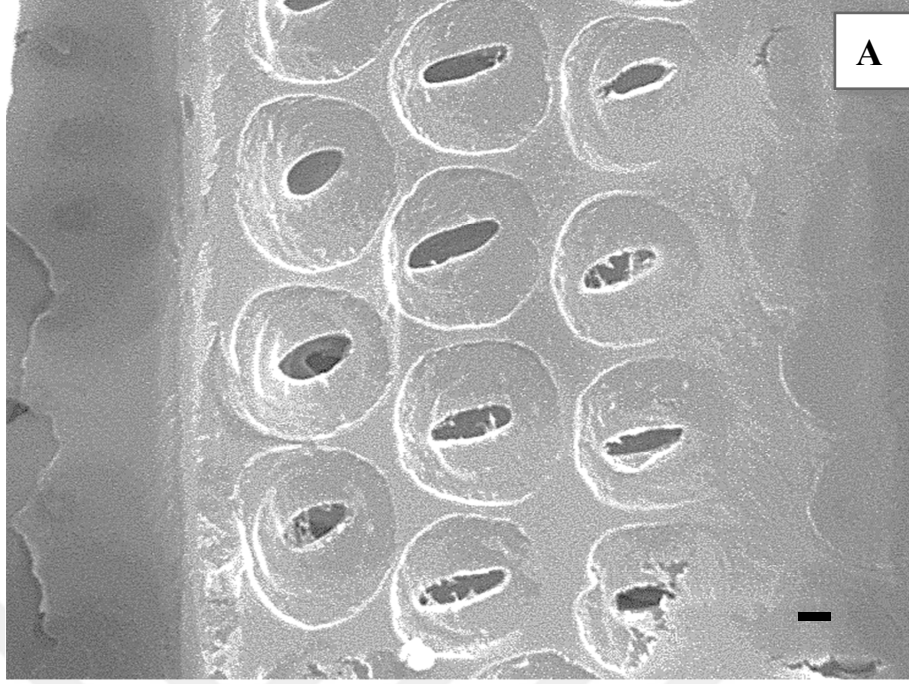
Şekil 4.44. Trahelerin çeperlerindeki kenarlı geçitler. (A) *P. euphratica*, (B) *A. arabica*, (taramalı elektron mikroskobu, x10000), skala: 1µm.



Şekil 4.45. Trahelerin çeperlerindeki kenarlı geçitler, (A) *R. pseudoacacia*, (B) *E. angustifolia*, (taramalı elekton mikroskobu, x10000), skala: 1µm.



Şekil 4.46. Trahelerin çeperlerindeki kenarlı geçitler. (A) *E. major*, (B) *T. parviflora*, (taramalı elektron mikroskobu, x10000), skala: 1µm.



Şekil 4.47. Trahelerin çeperlerindeki kenarlı geçitler, (A) *A. canescens*, (B) *H. persicum* (taramalı elektron mikroskobu, x10000), skala: 1µm.

Tablo 4.7. Trahelerde bulunan kenarlı geçitlere ait ölçümler (taramalı elektron mikroskobu x10000, n=6, LSD Fisher karşılaştırma testi sonucunda oluşturulan harfler, gruplar arasındaki istatistiki farkı, ± Standart Hatayı göstermektedir)

Türler	mm ² 'deki Ortalama Kenarlı Geçit Sayısı (adet)	Ortalama Geçit Yüzey Alanı (µm ²)	Ortalama Geçit Açıklığı (µm ²)
<i>P. euphratica</i>	26 ± 4 ^a	21.26 ± 1.49 ^e	3.41 ± 0.43 ^b
<i>A. arabica</i>	38 ± 6 ^c	15.62 ± 1.27 ^d	1.26 ± 0.10 ^d
<i>R. pseudoacacia</i>	36 ± 5 ^c	28.07 ± 2.14 ^b	2.95 ± 0.24 ^f
<i>E. angustifolia</i>	34 ± 4 ^c	26.55 ± 2.38 ^b	1.76 ± 0.29 ^e
<i>E. major</i>	41 ± 7 ^d	24.15 ± 1.03 ^f	4.05 ± 0.82 ^b
<i>T. parviflora</i>	44 ± 3 ^d	13.84 ± 2.22 ^d	1.92 ± 0.35 ^e
<i>A. canescens</i>	48 ± 4 ^b	11.33 ± 0.43 ^c	0.86 ± 0.04 ^c
<i>H. persicum</i>	51 ± 6 ^b	7.85 ± 0.16 ^a	0.42 ± 0.02 ^a

5. TARTIŞMA

İçinde bulunan yüzyılın en önemli sorunlarından biri küresel su krizidir. Su ve sıcaklık, bitki büyüme ve gelişmesinde en önemli çevresel faktörlerdendir. Her iki faktör de bitkilerin doğal yayılışlarına doğrudan etki etmektedir. Sıcaklığın yüksek ve su kaynaklarının sınırlı seviyede olması nedeniyle, yeryüzünde kurak, yarı kurak ve çöl alanları giderek artmakta ve bitki yayılışını sınırlamaktadır. Ekolojik etmenler, bu alandaki restorasyon ve rehabilitasyon çalışmalarını doğrudan etkilemektedir. Aynı zamanda otsu ve odunsu bitki örtüsünü sınırlandırmaktadır. Hatta bazı çalışmalarda bu bölgenin güncel iklim koşullarında orman oluşturmaya elverişli olmadığı belirtilmiştir (Kaya ve Aladağ, 2009). Su kaynaklarının giderek azalması ve var olanların özelliklerinin bozulması sonucu, yapılacak plantasyonlarda bu şartlara adapte olabilen türlerin kullanımı ön plana çıkmaktadır (Gül vd., 2012). Bu çalışmanın yapıldığı Karapınar yöresi benzer özellikler göstermektedir.

Kurak ve yarı kurak alanlarda birçok faktörün (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) olumsuz etkileriyle meydana gelen çölleşme, dünyada her geçen gün şiddetini arttırmaktadır. Türkiye, içinde bulunduğu coğrafi konum, toprak şartları ve iklim özellikleri açısından çölleşme riski yüksek ülkelerden biridir. Özellikle Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri, arazi bozunumunun, zayıf bitki örtüsünün, insan baskısının görüldüğü ve çölleşme riskinin en yüksek olduğu bölgeleridir. Bu nedenle uzun vadede hazırlanan çölleşme ile mücadele ulusal eylem planları gündeme gelmekte ve hızla artmaktadır (ÇEM, 2016). Bu çalışmanın yapıldığı alan, çölleşme riskinin yüksek olduğu olan alanlardan biridir (ÇEM, 2015). Çalışma alanında yayılış gösteren ve bölgeye adaptasyon sağlayan odunsu türlerin 2014 ve 2015 yıllarına ait vejetasyon dönemlerindeki fizyolojik performansları (fotosentez, transpirasyon, stoma iletkenliği, su kullanım etkinliği, sabah ve gün ortası su potansiyelleri ve anatomik özellikler) incelenmiştir. Bu bölgede vejetasyon döneminde (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) sıcaklıklar giderek artmakta ve yağış miktarı giderek azalmaktadır (MGM, 2016). Dolayısıyla çalışma alanına ait iklim verileri, bu alanda kuraklık koşullarının görüldüğünü ve geçmiş yıllara oranla bu koşulların giderek arttığını göstermektedir. Bu noktada çalışma alanının da yer aldığı İç Anadolu Bölgesi'nde, kurak koşullarda hayatta kalabilen özellikle odunsu türlerin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Fizyolojik özelliklerin tespiti, bölgede fonksiyonel ağaçlandırma ve restorasyon çalışmalarının verimli yapılmasında büyük rol oynamaktadır.

5.1. Gaz Değişimi

Kuraklık stresi genelde bitkiler üzerinde su eksikliği ve kuruma olarak belirtilmektedir (Smirnoff, 1993). Su eksikliği gaz değişimini sınırlandırmaya ve stomaların kapanmasına neden olmaktadır. Kuraklık stresi, fotosentetik izyolundan bağımsız olarak, fotosentez hızı, transpirasyon hızı, stoma iletkenliği ve su kullanım etkinliğini olumsuz olarak etkilemektedir (Örs ve Ekinci, 2015).

Kuraklık koşulları altında C₄ bitkileri C₃ bitkilerine göre ekofizyolojik açıdan daha dayanıklıdır. Bunun sebebi C₄ bitkilerinde yüksek su kullanım etkinliklerinin, yüksek net asimilasyon hızlarının, düşük transpirasyon ve stoma iletkenliklerinin olmasıdır. Buna karşılık, kurak ve yarı kurak alanlarda her iki fotosentetik izyoluna sahip bitkiler yaşamlarını sürdürmektedir. Bu bitkiler, bu alanlara fizyolojik, morfolojik ve anatomik açıdan adaptasyon göstermişlerdir (Xu ve Li, 2006). Her iki fotosentetik izyoluna sahip bitkilerin bu adaptasyonu nasıl sağladığı ile ilgili literatürde birçok çalışma mevcuttur. Örneğin, bu bağlamda daha önce yapılan bir çalışmada (C₄) *Atriplex rosea*, 30 °C sıcaklıkta yaklaşık olarak 31 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ net fotosentez hızı göstermiştir (Oakley, vd., 2014). Bunun yanında kuraklık ve tuzluluk stresi altındaki *H. persicum* türünde benzer sonuçlara rastlanmaktadır (Abacı, 2009, Kocaçınar vd., 2010). C₃ türlerinde ise, yüksek sıcaklık ve kuraklığın aynı anda yaşandığı bölgelerde düşük fotosentez değerleri ölçülmüştür (Sage, 2004). C₄ bitkilerinden olan *Atriplex serenana*, *Atriplex rosea* ve *Atriplex expansa* türlerine ait fotosentez hızlarının filogenetik akrabaları olan C₃ türlerinden *Atriplex hortensis*, *Atriplex triangularis* ve *Atriplex heterosperma* türlerine ait fotosentez hızlarından yaklaşık olarak 2-3 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Osmond vd., 1980). Bu çalışmada giderek artan sıcaklıklarda, kullanılan *P. euphratica*, *A. arabica*, *E. major*, *T. parviflora*, *R. pseudoacacia* ve *E. angustifolia* türlerinde fotosentez hızlarının düşme eğilimi gösterdiği, buna karşın kullanılan *H. persicum* ve *A. canescens* türlerinde fotosentez hızlarının önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Odunsu türlerden *Haloxylon persicum* (Beyaz saksaul-C₄-) üzerinde doğal ortamında (çöl koşullarında), kuraklık stresine verdiği ekofizyolojik cevaplar incelenmiş, gaz değişim parametreleri kuraklık döneminde ve yağış döneminde ölçülmüş, bitkinin su içeriği değiştikçe önemli ekofizyolojik farklılıklar tespit edilmiştir (Xiao vd., 2006). Bununla beraber diğer odunsu bir tür olan *R. pseudoacacia* yüksek sıcaklık ve kuraklık stresine toleransıyla bilinmektedir. Dünyanın çeşitli yerlerinde bu gibi alanların ağaçlandırılmasında kullanılmaktadır. Hızlı büyüme ve gelişme gösterdiği belirtilmiştir

(Moshki ve Lamersdorf, 2011). Benzer sonuçlar doğal koşullarda yapılan bu çalışmada da görülmektedir.

Çalı ve ot formundaki bitkilerin, kuraklık ve yıllık yağışa karşı ekofizyolojik uyumları incelenmiştir. Yağmur oranı arttığında bitkiler arasında büyüme hızı açısından önemli bir fark oluşmamıştır. Fakat kurak mevsimde bazı bitkilere ait (C₄) fotosentez, transpirasyon ve su kullanım etkinliğinin, diğer bitkilere (C₃) göre daha iyi performans gösterdikleri tespit edilmiştir (Martin vd., 1991). Bu çalışmada kullanılan bitkilerde de yüksek fotosentez hızı, düşük transpirasyon hızı ve su kullanım etkinliği açısından yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu arazi çalışmasında 2014 ve 2015 gaz değişimi ölçümleri yapılmış, *A. canescens* ve *H. persicum* türlerinde, yüksek sıcaklık görülen aylarda net fotosentez hızları yüksek ölçülmüştür. Diğer türlerde ise bazı aylarda belirgin şekilde düşük fotosentez hızı ölçülmüştür (Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17). Ancak 2015 yılının Eylül ayındaki ölçümler öncesinde bölgede lokal yağışlar kaydedilmiş olup, bu yağışların elde edilen fizyolojik ölçüm sonuçlarını etkilediği görülmüştür.

Transpirasyon hızı ile stoma iletkenliği arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Genellikle gaz değişimi ölçümlerinde stoma iletkenliği ve transpirasyon hızı aynı trendi izlemekte olup, C₄ bitkilerinde C₃ bitkilerine göre daha düşüktür (Osborne ve Sack, 2012, Yazar vd., 2015). Aradaki farkın yaklaşık olarak 1.5 kat olduğu görülmektedir (Kocaçınar, 2015). Bunun nedeni birim fotosentez başına ihtiyaç duyulan su miktarının C₄ türlerinde C₃ türlerine oranla daha düşük olması ve bundan dolayı C₃ bitkilerine nazaran daha dar stoma açıklıklarına sahip olmasıdır (Sage ve Pearcy, 1987). Transpirasyon miktarı stoma değişikliğine bağlı olmakta ve bu nedenle transpirasyonun stoma iletkenliği ile paralel bir şekilde değişimi vurgulanmıştır (Wang vd., 2005). Marjinal alanlardan biri olan Karapınar'da ve doğal koşullarda yapılan bu çalışmada, kullanılan *H. persicum* ve *A. canescens* türlerinin, bazı aylarda diğer bitkilere göre daha yüksek transpirasyon hızına sahip oldukları tespit edilmiştir (Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19). Bu farklılık kurak koşullarda C₄ bitkilerinin yüksek fotosentez hızına ulaşmasından kaynaklanmaktadır. Ancak bu durum su kullanım etkinliğinde önemli bir etki göstermemektedir.

Stoma iletkenliği, net fotosentez hızı ve transpirasyon hızı ile doğrudan bağlantılıdır. Yüksek fotosentez ve düşük transpirasyon hızında bitkilerde su kullanım etkinliğinin arttığı görülmektedir (Sage ve Pearcy, 1987, Kocaçınar ve Sage, 2003, Kocaçınar ve Sage, 2004, Kocaçınar vd., 2008). Teorik olarak ise bir gram karbondioksit

molekölünün fixe edebilmesi için C₃ bitkileri için 400-500 gram su kaybı gerçekleşirken, bu oran C₄ bitkileri için 250-300 gram su kaybı gerçekleşmektedir (Taiz ve Zeiger, 2002). Stoma iletkenliği, transpirasyon hızına benzer bir durum göstermiştir. Bu çalışmada yapılan 2014 ve 2015 yılı ölçümleri sonucunda, stoma iletkenliği *A. canescens* ve *H. persicum* türlerinde diğer bitkilerine göre daha düşüktür (Şekil 4.7, Şekil 4.7, Şekil 4.20 ve Şekil, 4.21). Benzer sonuçlar önceki çalışmalarda da görülmektedir (Kocaçınar, 2015 ve Yazar, vd., 2015). C₄ bitkileri kendileri ile aynı ortamı paylaşan C₃ bitkilerine göre karbon assimilasyonu açısından daha yüksek değerler göstermektedir. Bunun sebebi olarak C₄ bitkilerinin verimlerinin (WUE, NUE ve RUE) daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Kocaçınar, 2015). Kuraklık ve yüksek sıcaklık stres koşullarında bu fark daha çok öne çıkmaktadır (Sage, 2004). Yüksek fotosentez ve düşük transpirasyon hızında bitkilerde su kullanım etkinliğinin arttığı görülmektedir (Kocaçınar ve Sage, 2003). Sıcaklığın ve beraberinde kuraklık etkisinin yüksek olduğu alanda yapılan bu çalışmada, benzer sonuçlar elde edilmiş, C₄ bitkilerinde su kullanım etkinliği yüksek düzeyde çıkarken, C₃ türlerinde su kullanım etkinliği düşük düzeyde bulunmuştur (Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23).

Yeryüzünde mevcut CO₂ miktarının ve sıcaklığın giderek artması nedeniyle, oluşacak gaz değişim parametlerinin tespitinin yapılması için bitkilerde A-C_i ölçümleri yapılmakta ve eğriler oluşturulmaktadır. Oakley vd., (2014), farklı fotosentetik izyoluna sahip *Atriplex* türlerinde yaptıkları çalışmada (A-C_i ölçümlerinde), C₄ *Atriplex* bitkisinin kompensasyon noktasının akraba C₃ *Atriplex* bitkisine göre çok düşük olduğunu ve A₄₀₀'den sonra C₄ bitkisinin net fotosentez hızında bir değişme görülmemesine rağmen C₃ bitkisinde doyum noktasına kadar artmaya devam ettiğini gözlemlemişlerdir. Bununla beraber artan CO₂ konsantrasyonlarında ve kuraklık stresi altında C₃ bitkileri C₄ bitkilerinden çok daha iyi performans göstermektedir. Fakat mevcut atmosferik CO₂ konsantrasyonlarında (400 ppm), C₄ bitkilerinin kuraklık stresi altında C₃ bitkilerinden daha iyi performans gösterdiği vurgulanmaktadır (Ward vd., 1999). Sonuçları itibariyle benzer olan bu çalışmada serada yetiştirilen, kontrol ve stres gruplarına ayrılan türlerde A-C_i ölçümleri yapılmış, *Atriplex canescens* türünde, A₄₀₀'den sonra karbon konsantrasyonu mekanizmasından dolayı sabit bir trend elde edilmiştir. Diğer üç türde ise A₄₀₀'den sonrası için net fotosentez oranında artış tespit edilmiştir. Kuraklık stresi bütün türlerde net fotosentez hızında azaltıcı bir etki oluşturmuştur. Bununla beraber artan CO₂ konsantrasyonu *A. arabica*, *R. pseudoacacia* ve *E. angustifolia* türlerinin lehine gibi görünmekteyse de artan kuraklık stresi bu bitkilerde net fotosentez hızlarında düşüşe neden

olmaktadır. Yirmibirinci yüzyılın sonlarına doğru her iki faktörün artacağı göz önüne alınırsa, artacak olan CO₂ miktarı ve kuraklıkta C₃ bitkilerinin, aynı koşullarda yaşayacak C₄ bitkileri karşısında bir avantaj oluşturmayacağı görülmektedir (Tablo 4.3, Şekil 4.28, Şekil 4.30, Şekil 32 ve Şekil 34).

Karbondiyoksit konsantrasyonu ve kuraklığın dışında, giderek artması beklenen bir diğer faktör ise sıcaklıktır. Bazı bitkiler (C₃) düşük sıcaklıklarda yüksek net fotosentez hızına sahipken, diğer bitkiler (C₄) yüksek sıcaklıklarda daha iyi net fotosentez hızına sahiptir (Sage vd., 2011). Benzerlik gösteren bu çalışmada yöreye ait iklim verileri kullanılarak hazırlanan Walter diyagramı dikkate alınarak, net fotosentez hızının sıcaklığa karşı cevap eğrileri (A-T) oluşturulmuştur. Serada yetiştirilen *A. canescens*'de, sıcaklık arttıkça fotosentez hızında artış görülmektedir. *A. arabica*, *R. pseudoacacia* ve *E. angustifolia* türlerinde ise sıcaklık artışı 30-35 °C arasına kadar doyumluğa ulaşmakta, sonraki sıcaklık artışlarında net fotosentez hızla düşmektedir (Şekil 4.29, Şekil 4.31, Şekil 4.33 ve Şekil 4.35).

5.2. Yaprak Su Potansiyeli

Yaprak su potansiyeli bitkinin kuraklığa ne derece maruz kaldığını gösteren önemli bir faktördür. Genellikle -1.5 MPa'nın altındaki değerler kuraklık stresi kabul edilirken, -2 MPa ve daha aşağı değerler şiddetli kuraklık veya çöl koşulları olarak kabul edilmektedir (Taiz ve Zeiger, 2002, Kocaçınar ve Sage, 2003, Kocaçınar ve Sage 2004). Gün ortası yaprak su potansiyeli öğlen (solar noon), şafak öncesi yaprak su potansiyeli gün doğmadan 20 dakika önce ölçülmektedir (Xu vd., 2007). Bu çalışmada doğal koşullarda 2014 (Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14) ve 2015 (Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27) gün ortası yaprak su potansiyelleri öğlen (saat 11:00-13:00 arasında), şafak öncesi yaprak su potansiyelleri ise gün doğmadan hemen önce ölçülmüştür (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2). Elde edilen sonuçlardan açıkça görüleceği üzere, çalışma alanındaki bitkiler şiddetli kuraklık stresi altındadırlar. C₄ bitkileri C₃ bitkilerine göre, ekofizyolojik açıdan kuraklık stresine daha dayanıklıdırlar (Yazar vd., 2015). Çalışma yapılan türlerde benzer bir durum ortaya çıkmakta ve bütün türlerin kuraklık stresine dirençli olduğu görülmektedir. Özellikle *P. euphratica*'nın yaprak su potansiyeli yüksek çıkmaktadır. Bunun nedeni olarak Wang vd., (2007), *P. euphratica*'nın ozmotik regülasyonundaki başarısı olduğunu öne sürmektedirler. Şöyle ki, *P. euphratica* şiddetli kuraklıkla karşılaştığında yaprak şeker konsantrasyonunu çok hızlı bir şekilde yükseltmekte, su miktarı arttığında ise çok hızlı bir şekilde düşürmektedir. Bu sayede, bu tür şiddetli

kuraklık ve tuz stresine yüksek adaptasyon göstermektedir (Wang vd., 2007). Bununla beraber gün ortası su potansiyelleri ve şafak öncesi su potansiyelleri beraber değerlendirildiğinde bitkilerin kuraklık stresi ile nasıl mücadele ettiğini anlamak mümkün olmaktadır (Kramer, 1983). Çöl bitkilerinin, kuraklığa dayanıklılığa gösterdikleri adaptasyon bakımından, gün ortası ve şafak öncesi yaprak su potansiyellerinin toparlanma kabiliyetleri oldukça iyidir. Ancak C₄ bitkilerinin bu kabiliyetleri C₃ bitkilerine oranla biraz daha yüksektir (Su vd., 2012). Yapılan bu çalışmada da yaprak su potansiyelleri değerlendirildiğinde kullanılan türler kuraklığa uyum sağlamışlardır. Ancak *H. persicum* ve *A. canescens* (C₄) türlerinin daha iyi uyum sağladığı tespit edilmiştir. Her iki yılın ölçümleri sonucunda, şafak öncesi-gün ortası su potansiyelleri, arazide yetiştirilen kuraklığa dayanıklı bu bitkilerde, fotosentetik izyolu farketmeksizin toparlanma (recovery) kabiliyetlerinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.1 ve Tablo 4.2).

Gün ortası yaprak su potansiyeli düşükçe fotosentez ve stoma iletkenliğinde düşüş gerçekleşmektedir (Lebourgeois vd., 1998). Bu durum kuraklığın göstergesi olmaktadır. Dolayısıyla yaprak su potansiyeli düşük olan bölgelerde, kuraklığa dayanıklı türler tercih edilmektedir. Bu çalışmada da özellikle *P. euphratica*, *A. arabica*, *E. major*, *T. parviflora*, *R. pseudoacacia* ve *E. angustifolia* bitkilerinde sıcaklığın artması, fotosentez ve stoma iletkenliğinin düşmesine, *H. persicum* ve *A. canescens* bitkilerinde ise düşük su potansiyeli göstererek fotosentezin artışa neden olmaktadır. Böylelikle yüksek ışığın kullanımı, bu bitkilerde küçük yapraklarda daha az etkili olmakta ve beraberinde bu yapraklarda su tutma kapasiteleri yüksek çıkmaktadır (Su vd., 2012). Çalışma alanının iklim verileri değerlendirildiğinde yüksek ışığın görülmesi, *H. persicum* ve *A. canescens* türlerinin küçük yapraklı olması ve yaprak su potansiyellerinin düşük çıkması, bu değerlendirmeyi desteklemektedir.

Bu sonuçlar doğrultusunda çok önemli iklim koşullarına sahip olan, kuraklık ve çölleşmenin baş gösterdiği çalışma alanında (Karapınar yöresi) kullanılan tüm bitkilerin, bu alana adaptasyon sağlayarak, şiddetli kuraklık stresi ile mücadele edebildiği ve benzer marjinal alanlarda da rahatlıkla yetiştirilebileceği öngörülmektedir.

5.3. Anatomi

Kurak alanlarda az miktarda bulunan suyun güvenli bir şekilde iletiminin sağlanması için trahe çaplarının azalması ve kevitasyon probleminin giderilmesi gerekmektedir (Cihan ve Akkemik, 2013). Yapılan bu çalışma sonucunda mm²'ye düşen trahe sayısı kuraklık stresi altında artmaktayken, nemli ortamlarda bu sayı azalmaktadır. Bu çalışmadaki türlerde kurak koşullarda trahe özelliklerinin benzer yapıda olduğu tespit

edilmiştir. En geniş trahe çapı *R. pseudoacacia*'da ölçülmüştür (Şekil 4.37A). Ölçümlerde düşük trahe çapı ve geniş trahe çeper kalınlığı *H. persicum* ve *A. canescens* türlerinde tespit edilmiştir (Şekil 4.39A ve (Şekil 4.39B). Her iki tür C₄ fotosentezi yapmakta olup kurak alanlarda geniş çeper kalınlığı, dar lümen genişliği ile su iletiminde etkin rol oynamaktadırlar.

Hagen-Poiseuille denklemine göre bir traheden geçen akışkan (su) miktarı, trahenin yarıçapının 4. kuvveti (r^4) ile orantılıdır (Holbrook and Zwieniecki, 2005). Yarıçapı büyük olan trahelerden daha fazla su iletilmesine rağmen, kevitasyon riski ile her an karşı karşıyadır. Emboli gerçekleştiğinde bu traheden su iletimi durmaktadır. Dar yarıçaplı trahelerde ise su iletimi görevi (r^4) gören çok sayıda trahe olduğu için embolizim gerçekleşse de sadece iletilen su miktarında azalma olmaktadır (Holbrook and Zwieniecki, 2005). Bu çalışmada dar çaplı ve fazla sayıda traheler C₄ türlerinde tespit edilmiştir. Ayrıca mm²'deki trahe sayısı C₄ türlerinde C₃ türlerine nazaran daha fazla sayıda olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.5). Bu çalışmada elde edilen verilere benzer olarak, farklı bir çalışmada C₄ türlerinin C₃ türlerine oranla birim alanda daha fazla traheye sahip oldukları ve trahe ortalama çaplarının daha küçük olduğu belirtilmektedir (Kocaçınar, 2004; Kocaçınar ve Sage, 2004).

Su noksanı olan alanlarda bazı odunsu bitki türlerinin odun liflerinde farklılaşma gözlenmektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000). Bu doğrultuda kurak ve çorak alanlarda bulunan odunsu taksonlarda odun lifleri bakımından, lif uzunluğunun kısa, lif lümen genişliğinin dar ve lif çeper kalınlığının daha geniş olduğu türler daha başarılı olmaktadır. Böylelikle odun liflerinin trahe destek elamanları olarak marjinal alanlarda, bazı türlerde (C₄) daha sert ve dayanıklı gövde yapısına sahip olduklarının bir göstergesidir. Kurak bölgede yetişen bu türlerin diğer türlere (C₃) göre daha kısa odun lifine sahip oldukları, lif lümen genişliklerinin dar, fakat lif çeper kalınlıklarının daha geniş olduğunu görülmektedir. Yapılan ölçümler neticesinde *P. euphratica*, *A. arabica*, *E. major*, *T. parviflora*, *R. pseudoacacia* ve *E. angustifolia* türlerinde uzun trahe lifleri, geniş lif lümen ve dar lif çeper kalınlıkları elde edilmiş, *H. persicum* ve *A. canescens* türlerinde ise kısa trahe lifi, dar lif lümen ve geniş lif çeper kalınlığı elde edilmiştir (Tablo 4.6).

Bitkilerde suyun taşınımı ksilem boyunca negatif basınç altında olmaktadır. Ksilemin içerisine hava veya vasküler patojenler girdiğinde embol, oluşur ve ksilem iletim fonksiyonunu kaybeder (Tyree ve Sperry, 1989). Ksilem iletim fonksiyonunu düzgün gerçekleştirmek için iletim elemanlarını birbirine bağlayan kenarlı geçitlere ihtiyaç duymaktadır ki bu geçitler havanın ve patojenlerin iletim elemanlarının arasındaki geçişini

engellemektedir (Zimmermann ve Brown, 1971). Bu sebepten ötürü kenarlı geçitler bitkilerin hidrolik iletiminde güvenlik vanası işlevi görmektedir. Kenarlı geçitlerin yapısı Angiosperm ve Gymnosperlerde farklılık arz etmektedir. Koniferlerde torus-margo geçitleri ksilem güvenliğinden sorumlu iken Angiospermlerde böyle bir yapı mevcut değildir. Angiospermlerde homojen geçitler koniferlere göre çok dar olduğundan ksilemde oluşan yüksek basınca dayanmaktadırlar (Choat vd., 2008). Ayrıca, bazı Angiospermlerde kenarlı geçitlere destek olan örtü geçitleri (vesture pits) de bulunmaktadır. Bu geçitler geçit membranlarına negatif basınçtan kaynaklanan hareketini engellemek için destek görevi yaparak, geçit kuraklık stresi altında Angiosperm ksileminde emboli nedeniyle fonksiyon kaybına engel olmaktadır. Fakat kuraklık stresine adapte olabilen türlerin hepsi bu yapıya ihtiyaç duymamaktadır (Choat vd., 2008). Örneğin bu çalışmada kullanılan türlere ait SEM görüntülerinden anlaşılacağı üzere *R. pseudoacacia* türünde örtü geçitleri (vesture pits) yoğun bir şekilde görülmektedir (Şekil 4.45 A ve). Bunun yanında *E. angustifolia* ve *A. canescens* türlerinde az miktarda görülmektedir (Şekil 4.45 B ve Şekil 4.47 A). Bu sonucu destekleyen Jansen vd. (2004), örtü geçitlerini (vestured pits) incelemiş, stres altındaki *Eleagnus* türlerinde az miktarda gelişim gösterdiklerini belirtmişlerdir.

Kurak alanlarda bulunan C₃ türlerine ait trahe duvarlarındaki kenarlı geçitlerin (pit membrane) C₄ türlerindekiyle oranla daha geniş ancak az sayıda olduğu belirtilmektedir. Aynı zamanda kenarlı geçitlerin içindeki açıklıklar da daha geniştir (Kocaçınar, 2004). Bu çalışmada, kurak alanların restorasyonunda yoğun bir şekilde kullanılan türler içinde trahe üzerinde birim alanda bulunan kenarlı geçit sayısı, *H. persicum* ve *A. canescens* türlerinde fazla, diğer türlerde daha azdır. Kenarlı geçitlerin çapları ise *P. euphratica*, *A. arabica*, *E. major*, *T. parviflora*, *R. pseudoacacia* ve *E. angustifolia* türlerinde, *H. persicum* ve *A. canescens*'e oranla daha geniştir. C₄ türleri kurak, çorak ve su noksanı bulunan alanlarda çok sayıda trahe kenarlı geçitleri, küçük yüzey alanı ve dar geçit açıklığı yapısı ile su iletimi ve su kullanım etkinliği konusunda etkin bir yapıya sahiptirler (Tablo 4.7). Fakat marjinal alanlarda yetişen bu türlerin anatomik yapıları, birbirlerinden farklılık gösterse de yörenin olumsuz koşullarına karşı direnç gösterdikleri ve hayatta kalabilecek yapıları oluşturdukları belirlenmiştir. Ayrıca az miktardaki suyun güvenli taşınmasını sağlayan iletim demetleri ve dayanıklı gövde yapılarıyla bu alanlarda kullanılabilmesi mümkün olmaktadır.

6. SONUÇLAR

Konya ili Karapınar İlçesinde bulunan ve marjinal bir alan olan Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Merkezi, Karapınar Araştırma İstasyonu'nda C₄ *Haloxylon persicum* Bunge ve *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. ile C₃ *Populus euphratica* Oliv., *Robinia pseudoacacia* L., *Tamarix parviflora* L., *Ephedra major* Host, *Elaeagnus angustifolia* L., *Amygdalus arabica* L., odunsu türlerin ekofizyolojik özelliklerinin incelendiği bu çalışmada, bitki örtüsü tahribatı ve aşırı otlatma sonucu meydana gelen ve sonuçları yöre halkı için ağır olan, şiddetli rüzgar erozyonu sonucu oluşan kumul taşınımının önüne geçmek için yapılan bitkilendirme ve ağaçlandırma çalışmaları sonucunda ilgili alanda bulunan odunsu bitki türlerinin ekofizyolojik özellikleri doğal koşullarda ortaya konmuştur.

Bitkilerin sıcaklık ve kuraklığa karşı sağladıkları adaptasyonlar, gerek bireysel gerekse kitlesel yaşama olanaklarını arttırmaktadır. Bu bölgede görülen yüksek sıcaklık ile beraber düşük yağış miktarı, bitkilerin hayatta kalmasını sağlayacak formlar geliştirmelerine neden olmaktadır. Özellikle vejetasyon dönemine denk gelen su açığı görülen bu yöreye uyum sağlayan türler, bu koşullarda hayatta kalmış, sağlayamayanlar ise bölgeden uzaklaşmıştır. Bu alanda doğal koşullarda yayılışına rastlanmayan türlerle, doğal yayılış gösteren türler arasında, fizyolojik uyumların ortaya çıkartılarak, bu alana iyi adapte olmuş ve burada gelişebilen odunsu taksonların kullanılması, kuru ve sıcak rüzgarların etkisinde bulunan benzer alanlardaki kumul hareketinin durdurulmasına yönelik çalışmalar yapılmalı, farklı fotosentetik izyolu içeren bu türlerde habitatlarında ekofizyolojik çalışmalara önem verilmelidir.

Bu çalışma alanından yola çıkarak, kurak ve yarı kurak bölgelerde ağaçlandırma çalışmalarına başlamadan önce, ekofizyolojik özellikler dikkate alınarak bölgeye uyum sağlamış, yetiştirme koşullarına uygun türlerin seçimi, toprak tekstür ve strüktürünün incelenmesi ve gerekirse ıslah yoluna gidilerek başarımın artırılması önem arz etmektedir. Bu alanlarda C₄ fotosentez izyoluna sahip ve benzer C₃ fotosentez izyoluna sahip bitki türleri ile yapılacak ağaçlandırma çalışmaları, çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda kullanılmalıdır. Özellikle bu çalışmada kullanılan ve ölçüm sonuçlarında pozitif değerlere ulaşılan C₄ *Haloxylon persicum* Bunge ve *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. ile C₃ *Populus euphratica* Oliv., *Robinia pseudoacacia* L., *Tamarix parviflora* L., *Ephedra major* Host, *Elaeagnus angustifolia* L., *Amygdalus arabica* L., türleri tuzluluğa ve kuraklığa dayanıklı türler olmaları nedeniyle benzer marjinal alanlarda kullanılabilirlerdir.

Çalışmada kullanılan türler başta olmak üzere, önceki çalışmalarda belirtilen ve marjinal alanların restorasyonunda kullanılabilen, iğne yapraklı yada geniş yapraklı türler ile çok yıllık çalı formunda odunsu türlerle, karışık yapı oluşturulacak ağaçlandırma teknikleri kullanılmalı, böylelikle ekolojik denge tahrip edilmeden başarı sağlanmalıdır.

Bu gibi alanların restorasyon ve plantasyonlarında yöredeki türlerden toplanan tohumlardan elde edilen fidanların, yöreye yakın fidanlıklarda üretilerek, orijin farklılıklarından doğacak sorunların önüne geçilmelidir.

Çalışma alanında toprak su seviyesinin her geçen gün daha da düştüğü göz önünde bulundurularak, ekilen fidanların en azından iki yıl düzenli olarak sulanması, bölgenin en önemli özelliklerinden biri olan yüksek sıcaklık zararının önüne geçilmesini sağlamaktadır. Bu gibi alanlarda ilk yıllarda damlama sulama sisteminin kullanılmasının, başarıyı arttıracak bir etmen olduğu dikkatten kaçmamalıdır.

Bu odunsu bitki türlerinin doğal koşullardaki ekofizyolojik özellikleri, gelecekte yapılacak doğru tür ve tekniklerin başarısını arttıracaktır. Kurak alanlarda özellikle sıcaklığa ve kuraklığa dayanıklı C₄ türleri kullanılarak yapılan ağaçlandırmalar tercih edilmelidir. Fakat bu türlerin yanında alana adapte olmuş C₃ türlerinin de kullanılması göz ardı edilmemelidir. Bu türlere ait fotosentez hızları, transpirasyon hızları, stoma iletkenlikleri, su kullanım etkinlikleri, su potansiyelleri ve ksilem anatomilerinin tespiti, benzer marjinal alanlarda yapılması planlanacak restorasyon ve rehabilitasyon çalışmalarına da ışık tutacaktır.

Bu çalışmaya konu olan ve alanda uzun yıllar yaşayan odunsu türler, aynı zamanda kumul taşınımını önlemede perde görevi görmektedirler. Bu türlerle yapılan ağaçlandırmalar sonucunda, yerleşim alanlarını tehdit eden rüzgâr erozyonunun önüne geçilebilir. Başta çalışma alanı olmak üzere, benzer kurak ve yarı kurak alanlar titizlikle korunmalı ve bu alanlarda doğal ya da ağaçlandırma çalışmaları ile adapte olmuş bitki türleri üzerinde ekofizyolojik çalışmalar zaman kaybetmeden arttırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abacı, A. A. 2009. Egzotik türlerden C₄ *Haloxylon persicum* ile C₃ *Tamarix parviflora*'nın ekofizyolojik özelliklerinin karşılaştırılması, K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Müh. Anabilim Dalı, Yük. Lis. Tezi, 58 s., Kahramanmaraş.
- Alfonso, S. U., and Brüggemann, W. 2012. Photosynthetic responses of a C₃ and three C₄ species of genus *Panicum* (s.l.) with different metabolic subtypes to drought stress, *Photosynth. Res.* 112: 175-191.
- 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. and 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.
- Ariano, R. P. A. and Silva I. 2016. Leaf Anatomy of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) in three phytophysionomies of the Mato Grosso State, Brasil. *Acta Amazonica*, 46 (2): 119-126.
- Atalay, İ. 2011. Türkiye'de Yarı Kurak Bölgelerin Ekolojik Özellikleri ve Ağaçlandırmada Tür Seçimi, Kurak ve Yarıkurak Alan Yönetimi Çalıştayı, Sonuç Bildirgesi ve Bildiriler Kitabı, s., 202-241, 05-08 Aralık, Nevşehir.
- Avcı, M. 2004. İç Anadolu Bölgesi Ormanlarının Son Sığınakları Karacadağ ve Karadağ Volkanlarının Bitki Örtüsü, Çantay Yayınları, İstanbul, 168s.
- Baas, P. 1973, The Wood Anatomical Range *Ilex* (Aquifoliaceae) and Its Ecological and Phylogenetic Significance, *Blumea*, 21, 193-258.
- Baas, P., Werker, E. and Fahn, A. 1983. Some Ecological Trends in Vessel Characters, *IAWA Bulletin n.s.*, 4 (2): 141-159.
- Bak, F.,E. 1999. Artvin Yöresi Atilla Vadisi Florasındaki Bazı Odunsu Taksonların Odun Anatomilerinin Ekolojik Yönden İncelenmesi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 135s.
- Berry, J. O. and Patel, M. 2008. Kranz anatomy and the C₄ pathway, In: Encyclopedia of life sciences (ELS). John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- Birtürk, T. 2011. Karadeniz Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Akçaağaç (*Acer L.*) Taksonları Odunlarının Anatomik Özellikleri ve Farklı Yetiştirme Koşullarının Bu

- Özellikler Üzerine Etkisi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 157s.
- Boydak, M., Ertaş, A. ve Çalışkan, S. 2010. Kurak ve yarıkurak bölgelerin ağaçlandırılmasında ilkeler ve uygulama esasları. Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu, Tebliğler Kitabı, s., 370-382, 17-18 Haziran, Çorum.
- Boydak, M. ve Çalışkan, S. 2014. Ağaçlandırma Kitabı, ISBN No: 978-975-93943-8-7, Ankara, 714s.
- Bozkurt, A.Y. ve Ergin, N. 2000. Odun Anatomisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Rektörlük no: 4263, Fakülte no: 466, ISBN No: 975-404-592-5, İstanbul, 346s.
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: A Floristic Approach. *American Journal of Botany*, 64, 7, 887-896.
- Carlquist, S. 1988a. Wood Anatomy and Relationships of Duceodendraceae and Goetzeaceae, IAWA Bulletin n.s., 9, (1): 3-12.
- Carlquist, S. 1988b. Comparative Wood Anatomy, Springer-Verlag LTD, London, 436 p.
- Carlquist, S. 1996. Wood, bark, and stem anatomy of Gnetales: A summary. *Int. J. Plant Sci.*, 157 (6 Suppl.): 58-76.
- Choat, B., Brodie, T.W., Cobb, A.R., Zwieniecki, M.A. and Holbrook, M. 2006. Direct measurements of intervessel pit membrane hydraulic resistance in two angiosperm tree species. *American Journal of Botany*, 93 (7): 993-1000.
- Choat, B., Cobb, A.R. and Jansen, S. 2008. Structure and function of bordered pits: new discoveries and impacts on whole-plant hydraulic function. *New Phytologist* 177: 608–626.
- Choudhury, B.J. 2001. Modeling radiation and carbon use efficiencies of maize, sorghum and rice. *Agriculture and Forest Meteorology*, 106: 317-330.
- Cihan, C., and Akkemik, Ü. 2013. Ecological Wood Anatomy of Some Maquis Species Naturally Grow in both Mediterranean and Black Sea Region of Turkey. *Eurasian Journal of Forest Science*, 1(1): 20-37.
- Committee on Nomenclature. 1933. Glossary of Terms Used in Describing Woods, Tropical Woods, IAWA Bulletin n.s., 36, 11-81.
- Committee on Nomenclature. 1989. IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification, IAWA Bull.n.s., 10, 219-332.

- Çalıkoğlu, M. ve Tilki, F. 2004. Orman ağacı tohumlarında çimlenme-su stresi ilişkisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B: 77-87.
- ÇEM. 2015. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, <http://www2.ormansu.gov.tr/osb/haberduyuru/guncelhaber/> 01.12.2015.
- ÇEM. 2016. Türkiye Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Faaliyetleri Kitabı, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, 154 s., Ankara.
- Davis, P.H. 1965. Flora of Turkey. Edinburgh University Press, 567 pp.
- Demir, İ., Kılıç, G., ve Coşkun, M. 2008. Precip Bölgesel İklim Modeli İle Türkiye İçin İklim Öngörürleri: HaDAMP3 SRES A2 Senaryosu, IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s., 365-373, İ.T.Ü. Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 25-28 Mart, İstanbul.
- Dirik, H. 1994. Üç yerli çam türünün (*Pinus brutia*, *Pinus nigra* (Arn.) ssp. *pallasiana* LambHolmboe, *Pinus pinea* L.) kurak peryottaki transpirasyon tutumlarının ekofizyolojik analizi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, A44: 111-121.
- Domec, J.C., Palmroth, S. and Oren, R. 2015. Effects of *Pinus taeda* leaf anatomy on vascular and extravascular leaf hydraulic conductance as influenced by N-fertilization and elevated CO₂. *Journal of Plant Hydraulics*, Vol. 3:e-007.
- Evans, J. R. and Loreto, F. 2000. Acquisition and diffusion of CO₂ in higher plants leaves. In: Leegood, R. C., Sharkey, T. D. and von Caemmerer, S. (Eds.), *Photosynthesis: Physiology and Metabolism*, Kluwer Academic Publishers, p., 321-351.
- Fischer, R. A., and Turner, N. C. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 29: 277-317.
- Gerçek, Z. 1984. Türkiye'de Yetiştirilen *Camellia sinensis* (L.) Kuntze'nin İç Morfolojik Özellikleri ve Farklı Yetiştirme Koşullarının Bu Özellikler Üzerine Etkisi (Doktora Tezi), K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 98s.
- Gerçek, Z., Terzioğlu, S., Serdar, B., Birtürk, T., Akgün, B. ve Karaköse, M. 2011. Trabzon ve Yöresindeki Egzotik Gymnospermae (Açık Tohumlular) Taksonlarının Odun Atlası. K.T.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, Münferit Proje, Proje No: 2009.113.001.1, 2011, Trabzon, 58s.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 2010. Eylem planı (2010-2013), Konya Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Konya, 25s.

- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 2014. Konya Toprak Su ve Çölleşme İle Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, Karapınar Çölleşme ve Erozyon Araştırma Merkezi İklim Verileri, Karapınar.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 2015. Konya Toprak Su ve Çölleşme İle Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, Karapınar Çölleşme ve Erozyon Araştırma Merkezi İklim Verileri, Karapınar.
- Grisafi, F., Oddo, E., Gargano, M. L., Inzerillo, S., Russo, G., and Venturella, G. 2016. *Tamarix arborea* var. *arborea* and *Tamarix parviflora*: Two species valued for their adaptability to stress conditions. *Acta Biologica Hungarica*. 67 (1): 42-52.
- Gül, A., Özcelik, H., ve Uzun, Ö.F. 2012. Isparta Yöresindeki Bazı Doğal Yerörtücü Bitkilerin Adaptasyonu ve Özellikleri. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16 (2): 133-145.
- Güner, Ş.T., Özkan, K., Çömez, A. ve Çelik, N. 2011. İç Anadolu Bölgesi'nde Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra subsp. pallasiana*) Verimli Olabileceği Potansiyel Alanların Odunsu Gösterge Türleri, Ekoloji Dergisi 20, (80): 51-58.
- Hacke, U.G., and Sperry, J.S. 2001. Functional and Ecological Xylem Anatomy, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 4/2: 97-115.
- Hacke, U., and Sauter, J. J. 1995. Vulnerability of xylem to embolism in relation to leaf water potential and stomatal conductance in *Fagus sylvatica* f. *pupurea* and *Populus balsamifera*. *J. Ex. Bot.* 46 (290): 1177-1183.
- Haldimann, P., and Feller, U. 2004. Inhibition of photosynthesis by high temperature in oak (*Quercus pubescens* L.) leaves grown under natural conditions closely correlates with a reversible heat-dependent reduction of activation site of ribulose 1-5 biphosphate carboxylase/oxygenase. *Plant Cell Environ.* 27: 1169-1183.
- Heckmann, D. 2016. C₄ photosynthesis evolution: the conditional Mt. Fuji. *Current Opinion in Plant Biology*. 31: 149-154.
- Holbrook, N.M. and Zwieniecki, M.A. 2005. Vascular Transport in Plants, Elsevier Academic Press, 1st edition, ISBN: 9780120884575, Cambridge, MA, USA, 592p.
- Hura, T., Hura, K., Grzesiak, M., and Rzepka, A. 2007. Effect of long-term drought stress on leaf exchange and fluorescence parameters in C₃ and C₄ plants. *Acta. Physiol. Plant.* 29: 103-113.
- Jansen, S., Baas, P., Gasson, P., Lens, F. and Smets, E. 2004. Variation in Xylem structure from tropics to tundra: evidence from vestured pits. PNAS, 101 (23): 8833-8837.

- Kalapos, T., van den Boogaard, R., and Lambers, H. 1996. Effect of soil drying on growth, biomass allocation and leaf gas exchange of two annual grass species. *Plant and Soil*, 185: 137-149.
- Kalkınma Bakanlığı. 2012. Erozyonla Mücadele ve Ağaçlandırma Master Planı, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Mevlana Kalkınma Ajansı, Proje Tr52-11-Td01/74, Konya, 43s.
- Kantarıcı, M.D. 2011. İç Anadoludaki Otlaklarda Rüzgar Erozyonu Önleme Çalışmalarının Teknik ve İdari Yönden Değerlendirilmesi, Kurak ve Yarıkurak Alan Yönetimi Çalıştayı, Sonuç Bildirgesi ve Bildiriler Kitabı, s., 10-33, 05-08 Aralık, Nevşehir.
- Kantarıcı, M.D., Özel, H.B., Ertekin, M., ve Kırdar, E. 2011. Konya-Karapınar kara kumulu ağaçlandırmalarında kullanılan altı ağaç türünün bozkır yetiştirme ortamına uyumu konusunda bir değerlendirme. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, cilt: 13, sayı: 19, s., 107-127.
- Kaya, B., and Aladağ, C. 2009. Precipitation, temperature and Vegetation Relations in The Conditions of Konya. *S.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22: 265-278.
- Keeley, J. E., and Rundel, P. W. 2003. Evolution of CAM and C₄ carbon-concentrating mechanisms. *Int. J. Plant Sci.* 164 (3): 55-77.
- Kocaçınar, F., Sage, R.F. 2003. Photosynthetic pathway alters xylem structure and hydraulic function in herbaceous plants. *Plant Cell Environ.* 26: 2015–2026.
- Kocaçınar, F. 2004. Photosynthetic pathway and hydraulic architecture in higher plants. PhD thesis, Faculty of Forestry, University of Toronto, Canada, 169p.
- Kocaçınar, F. and Sage, R. F. 2004. Photosynthetic pathway alters xylem structure and hydraulic function in woody plants. *Oecologia*, 139: 214-223.
- Kocaçınar, F., McKown, A. D., Sage, T. L. and Sage, R. F. 2008. Photosynthetic pathway influences xylem structure and function in *Flaveria* (Asteraceae). *Plant, Cell & Environment*, 31: 1363-1376.
- Kocaçınar, F., ve Ok, T. 2009. Orta Anadolu'nun kurak ve çoraklaşmış alanlarında yetiştirme potansiyeline sahip C₄ *Haloxylon persicum* ile *Caligonum turbineum* türlerinin değişik sıcaklıklarda fotosentetik özellikleri. 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Haziran, Konya.
- Kocaçınar, F., Abacı, A. A., ve Kezik, U. 2010. Kurak ve çorak alanların rehabilitasyonunda kullanılabilecek C₃ ve C₄ bitkilerinde ekofizyolojik parametreler, III. Karadeniz Ormancılık Kongresi. 20-22 Mayıs, Artvin.

- Kocaçınar, F., ve Ok, T. 2010. Orta Anadolu'da Çölleşme İle Mücadelede Kullanılabilecek Bazı Odunsu Türlerin Eko-fizyolojik Özellikleri, Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu, Tebliğler Kitabı, s., 137-148, 17-18 Haziran, Çorum.
- Kocaçınar, F., Demirkıran, A.R., ve Ok, T. 2010. Orta Anadolu'nun Tuzlu, Çıplak ve Çoraklaşmış Alanlarını Strese Dayanıklı Odunsu C₄ ve C₃ Bitki Türleri Kullanılarak Verimli Hale Dönüştürülmesi, TÜBİTAK Proje no: 1060384, Kahramanmaraş, 96s.
- Kocaçınar, F. 2015. Photosynthetic, hydraulic and biomass properties in closely related C₃ and C₄ species. *Physiologia Plantarum*, Scandinavian Plant Physiology Society, ISSN 0031-9317
- Kolb, K. J., and Davis, S. D. 1994. Drought tolerance and xylem embolism in co-occurring species of coastal sage and chaparral. *Ecology*. 75 (3): 648-659.
- Koteyeva N. K., Voznesenskaya E. V., Berry J. O., Chuong S. D. X., Franceschi V. R. and Edwards G. E. 2011. Developmental of structural and biochemical characteristics of C₄ photosynthesis in two types of Kranz anatomy in genus *Sueda* (family Chenopodiaceae). *Journal of Experimental Botany*, 62: 3197-3212.
- Kotina, L. E., Fiaschi, P., Plunkett, G.M., and Oskolski A.A. 2013. Systematic and Ecological Wood Anatomy of Neotropical *Schefflera* (Araliaceae), With An Emphasis on The *Didymopanax* Group, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 173: 452-473.
- Kozłowski, T. T. and Pallardy, S. G. 1997. *Physiology of Woody Plants*, Academic Press, San Diego, CA., 411p.
- Kramer, P.J. 1983. *Water Relations of Plants*. Academic Press, 488 p, London, UK.
- Kubiske, M. E., and Abrams, M. D. 1992. Photosynthesis, water relations, and leaf morphology of xeric versus mesic *Quercus rubra* ecotypes in central Pennsylvania in relation to moisture stress. *Can. J. For. Res.* 22: 1402-1407.
- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag. New York.
- Lebourgeois, F., Levy, G., Aussenac, G., Clerc, B. and William, F. 1998. Influence of soil drying on leaf water potential, photosynthesis, stomatal conductance and growth in two black pine varieties. *Ann.Sci. For.*, 55: 287-299.
- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes, *Methods Enzymol*, 148: 350-382.

- Lo Gullo, M.A., Salleo, S., Piaceri, E.C., and Rosso, R. 1995. Relations between vulnerability to xylem embolism and xylem conduit dimensions in young trees of *Quercus cerris*. *Plant Cell and Environment*, 18: 661-669.
- Long, S. P. 1999. Environmental responses, In: Sage, R. F. and Monson, R. K. (eds.), *C₄ Plant Biology*, Academic Press, pp. 215-249.
- Ma, H-C., Fung, L., Wang, S-S., Altman, A., and Hüttermann, A. 1997. Photosynthetic response of *Populus euphratica* to salt stress. *Forest Ecology and Management*. 93: 55-61.
- Martin, C. E., Harris, F. S., and Norman, J. 1991. Ecophysiological Responses of C₃ Forbs and C₄ grasses to drought and rain on tallgrass prairie in Northeastern Kansas. *Bot. Gaz.* 152: 257-262.
- 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. and Yezzer, 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.
- McKown, A.D., and Dengler N.G. 2007. Key innovations in the evolution of Kranz anatomy and C₄ vein pattern in *Flaveria* (Asteraceae). *American Journal of Botany*, 94 (3): 382-399.
- Merev, N., Serdar, B., Bak, F.E., ve Birtürk, T. 2000. Türkiye'de Doğal Olarak Yetişen Meşe (*Quercus* L.) Taksonlarının Odun Anatomilerinin Ekolojik Yönden İncelenmesi, K.T.Ü. Araştırma Fonu Projesi, Trabzon.
- Merev, N. 2003 Odun Anatomisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayını, No:31, Trabzon, 246s.
- Merev, N., Gerçek, Z., Serdar, B., Bak., F.E., and Birtürk, T. 2005. Wood anatomy of some Turkish plants with special reference to perforated ray cells. *Turk. J. Bot.*, 29: 269-281.
- MGM. 2016. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1980-2015 yılları Karapınar İklim Verileri, Ankara.
- Moshki, A., and Lamersdorf, N.P. 2011. Growth and Nutrient Status of Introduced Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Afforestation in Arid and Semi Arid Areas of Iran. *Res.J. Environ. Sci.*, 5 (3): 259-268.
- Oakley, J.C., Sultmanis, S., Stinson, C. R., Sage, T. L., and Sage, R. F. 2014. Comparative studies of C₃ and C₄ *Atriplex* hybrids in the genomics era: physiological assessments. *Journal of Experimental Bot.* 65 (13): 3637-3647.

- Osborne, C.P., and Sack, L. 2012. Evolution of C₄ plants: a new hypothesis for an interaction of CO₂ and water relations mediated by plant hydraulics. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 367: 583–600.
- Osmond, C.B., Björkman, O., and Anderson, D.J. 1980. Physiological processes in plant ecology: Toward a synthesis with Atriplex, Springer-Verlag, Berlin.
- Osmond, C.B., Winter, K., and Ziegler, H. 1982. Functional significance of different pathways of CO₂ fixation in photosynthesis. *Encyclopedia of Plant Physiology*, Springer-Verlag, pp., 480-547.
- Örs, S., ve Ekinci, M. 2015. Kuraklık Stresi ve Bitki Fizyolojisi. *Derim*, 32 (3), 237-250.
- Pockman, W. T., and Sperry, J. S. 2000. Vulnerability to xylem cavitation and the distribution of Sonoran Desert vegetation. *American Journal of Botany*, 87 (9): 1287-1299.
- Patterson, R., and Tanowitz, B.D. 1989. Evolutionary and Geographic Trends in Adaptive Wood Anatomy in *Eriastrum densifolium* (Polemoniaceae). *American Journal of Botany*, 76 (5): 706-713.
- Pearcy, R. W. and Ehleringer, J. 1984. Comparative ecophysiology of C₃ and C₄ plants. *Plant Cell and Environment*, 7: 1-13.
- Preston, K. A., and Ackerly, D. D. 2003. Hydraulic architecture and the evolution of shoot allometry in contrasting climates. *American Journal of Botany*, 90 (10): 1502-1512.
- Preston, K.A., Cornwell, W.K., and DeNoyer, J.L. 2006. Wood density and vessel traits as distinct correlates of ecological strategy in 51 California coast range angiosperm. *New Phytologist*, 170: 807-818.
- Rockwell, F. E., Holbrook, N. M., and Zwieniecki, M. A. 2011. Hydraulic conductivity of red oak (*Quercus rubra* L.) leaf tissue does not respond to light. *Plant Cell and Environment*, 34: 565-579.
- Sage, R.F., and Pearcy R.W. 1987. The nitrogen use efficiency of C₃ and C₄ plants. I. Leaf nitrogen, growth, and biomass partitioning in *Chenopodium album* (L) and *Amaranthus retroflexus* (L). *Plant Physiol*, 84: 954–958
- Sage, R. F. and Pearcy, R. W. 2000. The physiological ecology of C₄ photosynthesis, In: Leegood, R. C., Sharkey, T. D. and von Caemmerer, S. (Eds.), *Photosynthesis: Physiology and Metabolism*, Kluwer Academic Publishers, pp. 497-532.
- Sage, R. F. 2004. The evolution of C₄ photosynthesis. *New Phytol.* 161: 341-370.
- Sage, R. F., Christin, P. A., and Edwards, E. J. 2011. The C₄ plant lineages of planet Earth. *J. Exp. Bot.* 62 (9): 3155-3169.

- Sage, R.F., Kocacinar, F., and Kubien, D.S. 2011. C₄ Photosynthesis and Temperature, C₄ Photosynthesis and Related CO₂ Concentrating Mechanism, Chapter 10, pp. 161-195.
- Sano, Y. 2005. Inter- and intraspecific structural variations among intervacular pit membranes, as revealed by field-emission scanning electron microscopy. *American Journal of Botany*, 92 (7): 1077-1084.
- Schweingruber, F.H. 1990, Anatomy of European Woods, Stuttgart, 800p.
- Serdar, B. 2003. Türkiye'de Doğal Olarak Yetişen Salicaceae Familyası Taksonlarının Ekolojik Odun Anatomisi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 154s.
- Smirnoff, N. 1993. The Role of Active Oxygen in the Response of Plants to Water Deficit and Decidation. *New Phytologist*, 125, 27-58.
- Song, J., Feng, G., Tian, C., and Zhang, F. 2005. Strategies for adaptation of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* to a saline environment during seed-germination stage. *Annals of Botany*, 96: 399-405.
- Sperry, J. S., and Sullivan, J. E. M. 1992. Xylem embolism in response to freeze-thaw cycles and water stress in ring-porous, diffuse-porous and conifer species. *Plant Physiol.* 100: 605-613.
- Sperry, J. S. 1995. Limitation on stem water transport and their consequences. In: *Plant Stems: Physiology and Functional Morphology* (Ed B. L. Gartner), pp. 105-124. Academic Press, San Diego.
- Sperry, J. S. 2003. Evolution of water transport and xylem structure. *Int. J. Plant Sci.* 164 (3): 115-127.
- Su, P., Yan, Q., Xie, T., Zhou, Z., and Gao, S. 2012. Associated growth of C₃ and C₄ desert plants helps the C₃ species at the cost of the C₄ species. *Acta Physiol. Plant.* 34: 2057-2068.
- 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.
- Taiz, L., and Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology*, Third edition, Sinauer Inc, ISBN 0-87893-823-0, Ma, USA., 985p.
- Terrazas, T., Rodriquez, S.A. and Mata, L.L. 2008. Wood Anatomy and Its Relation to Plant Size and Latitude in *Buddleja* L. (*Buddlejaceae*), *Interciencia*, 33 (1): 46-50.

- Tutuş, A., Kazaskeroglu, Y., ve Çiçekler, M. 2015. Evaluation of Tea Wastes in Usage Pulp and Paper Production. Peer-Reviewed Article. *BioResources*, 10 (3): 5407-5416.
- Tyree, M.T., and Sperry, J.S. 1989. Vulnerability of xylem to cavitation and embolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 40: 19-38.
- Uluocak, N. 1974. Kuraklık ve Kurak Bölgelerin Özellikleri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, seri B, 24 (2): 135-156.
- UNCCD. 2010. [http://www.unccd.int/search/search_results.php?query=global deserts](http://www.unccd.int/search/search_results.php?query=global%20deserts).
- Ürgenç, S. 1998. Agaçlandırma Tekniği, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, 600 s., İstanbul.
- Walter, H., and Box, E. O. 1983. Semi-deserts and deserts of Central Kazakhstan. *Ecosystems of the World*, Chapter 4.
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O., and Berlein, F. 2002. Ecological response to recent climate change. *Nature*, 416: 389-395.
- Wang, R. Z., Liu, X. Q., Xing, Q., and Bai, Y. 2005. Photosynthesis, transpiration and water use efficiency of *Leymus dasytachys* on the Hunshandake desert. *Photosynthetica*, 43 (2): 289-291.
- Wang, Q., Ruan, X., Chen, Y. N., and Li, W. H. 2007. Eco-physiological response of *P. euphratica* Oliv. to water release of the lower reaches of the Tarim River, China. *Environ. Geol.* 53 (2): 349-357.
- Ward, J. K., Tissue, D. T., Thomas, R. B., and Strain, B. R. 1999. Comparative responses of model C₃ and C₄ plants to drought in low and elevated CO₂. *Global Change Biol.*, 5: 857-867.
- Way, D. A., Domec, J-C., and Jackson R. B. 2013. Elevated growth temperatures alter hydraulic characteristics in trembling aspen (*Populus tremuloides*) seedlings: implications for tree drought tolerance. *Plant Cell and Environment*, 36: 103-115.
- Willigen C. V., Farrant, J. M., and Pammenter, N. W. 2001. Anomalous pressure volume curves of resurrection plants do not suggest negative turgor. *Annals of Botany*, 88: 537-543.
- Xiao, R., Qiang, W., Yaning, C., and Junhua, H. 2006. Physio-ecological responses of *Haloxylon persicum* photosynthetic shoots to drought stress. *Font. For. China.* 2: 176-181.
- Xu, H., and Li, Y. 2006. Water-use strategy of three central Asian desert shrubs and their responses to rain pulse events. *Plant and Soil.* 285: 5-17.

- Xu, H., Li, Y., Xu, G., and Zou, T. 2007. Ecophysiological response and morphological adjustment of two Central Asian desert shrubs towards variation in summer precipitation. *Plant, Cell and Environment*, 30: 399-409.
- Yazar, E., Akgün, B., Antakyalı, M., ve Kocaçınar, F. 2015. Kuraklık stresi koşullarında yakın akraba C₃ *Tarenaya hassleriana* ile C₄ *Gyandropsis gynandra*'nın ekofizyolojik özelliklerinin belirlenmesi. I. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu, Bildiriler özet kitabı, s., 44, 01-04 Eylül, Erzurum.
- Zhang, S. Y., Baas, P. and Zandee, M. 1992. Wood Structure of the Rosaceae in Relation to Ecology, Habit and Phenology, *IAWA Bulletin* n.s., 13 (3): 307-349.
- Zimmermann, M.H., and Brown, C.L. 1971. *Trees: structure and function*. New York, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Bülent AKGÜN
Uyruğu : T.C.
Medeni hali : Evli
Telefon : 03443001747
: 05052842084
e-posta : bakgun@ksu.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi
Yüksek lisans	KSÜ /Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Lisans	KSÜ/ Orman Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. **Akgün, B.**, Yazar, E., Kocaçınar, F., 2016. *Gas Exchange and Anatomical Properties of Drought Tolerant C₄ Species: A field Study*. II. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu, Bildiriler özet kitabı, s., 90, 31 Ağustos-03 Eylül, Mersin.
2. Yazar, E., **Akgün, B.**, Kocaçınar, F., 2016. *An Eco-physiological Comparison of Brassicaceae Species under Drought Stress Conditions*. II. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu, Bildiriler özet kitabı, s., 91, 31 Ağustos-03 Eylül, Mersin.
3. **Akgün, B.**, Yazar, E., Er, L., Antakyalı, M., Kocaçınar, F., 2015. Konya-Karapınar'da Yetişen *Populus euphratica* ve *Haloxylon persicum* Türlerinin Fizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. I. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu, Bildiriler özet kitabı, s., 30, 01-04 Eylül, Erzurum.
4. Yazar, E., **Akgün, B.**, Antakyalı, M., Kocaçınar, F., 2015. Kuraklık stresi koşullarında yakın akraba C₃ *Tarenaya hassleriana* ile C₄ *Gyandropsis gynandra*'nın ekofizyolojik özelliklerinin belirlenmesi. I. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu, Bildiriler özet kitabı, s., 34, 01-04 Eylül, Erzurum.

5. Kocaçınar, F., **Akgün, B.**, Bilgili, O., Ervan, G., 2014. *İç Anadolu'nun Kurak ve Çorak Alanlarında Yetişen Bazı Odunsu Türlerin Ekofizyolojik Özelliklerinin İncelenmesi*. II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, Bildiriler özet kitabı, 16-18 Eylül, Konya.
6. **Akgün, B.**, Birtürk, T., Gerçek, Z., 2010. *Rhamnus petiolaris* Boiss. ve *Rhamnus oleoides* subsp. *graecus* (Boiss & Reut.) Holmboe Odunlarının Anatomisi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı, III. Cilt, s.,1201-1207., 20-22 Mayıs, Artvin.
7. Merev, N., Gerçek, Z., Birtürk, T., **Akgün, B.**, 2010. *Wood Anatomy of Evergreen Oaks in Turkey*. First Serbian Forestry Congress, p., 280, 11-13 November, Belgrade, Serbia.
8. Gerçek, Z., **Akgün, B.**, Birtürk, T., 2010. *Wood Anatomy of Three Exzotic Hardwood (Angiospermae) Species in The Region Of Trabzon*. 1st International Symposium on Turkish Japanese Environment and Forestry, Volume 3, p., 1492, 4-6 November, Trabzon.
9. Gerçek, Z., Serdar, B., Birtürk, T., **Akgün, B.**, Karaköse, M., 2010. *Wood Anatomy of Three Exotic Softwoods (Gymnospermae) Species in Trabzon*. 1st International Symposium on Turkish Japanese Environment and Forestry, Volume 3, p., 1486, 4-6 November, Trabzon.

Hobiler

Doğa sporları, kitap okuma, yüzme.