

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KURAKLIK VE UV-B STRESLERİNİN TÜRKİYE'DE YAYILIŞ
GÖSTEREN BAZI IHLAMUR (*Tilia* sp.) TÜRLERİNDE
FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLER ÜZERİNDE
ETKİSİ**

UĞUR CANTÜRK

DOKTORA TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. ŞEMSETTİN KULAÇ

DÜZCE, 2023

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KURAKLIK VE UV-B STRESLERİNİN TÜRKİYE'DE YAYILIŞ
GÖSTEREN BAZI IHLAMUR (*Tilia sp.*) TÜRLERİNDE
FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLER ÜZERİNDE
ETKİSİ

Uğur CANTÜRK tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. İbrahim TURNA

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hülya TORUN

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Engin EROĞLU

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Hakan ŞEVİK

Kastamonu Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 24/01/2023

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

24 Ocak 2023

Uğur CANTÜRK

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Çalışmalarımın gelişmesi açısından benimle değerli bilgi ve görüşlerini paylaşan tez izleme jüri üyelerim Sayın Doç. Dr. Hakan ŞEVİK ve Sayın Doç. Dr. Hülya TORUN'a şükranlarımı sunarım.

Kendisini tanıdığım günden beri maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Hakan Şevik'e ayrıca minnettarlığımı sunarım.

Her zaman yol göstericiliği ile bıkmadan usanmadan yardımcı olan ve benim daha iyi olmam için çabalayan değerli hocam Doç. Dr. Hülya TORUN'a ayrıca minnettarlığımı sunarım.

Doktora sürecim boyunca her zaman ve her konuda desteğini eksik etmeyen Dr. Öğr. Üyesi İsmail KOÇ'a içten dileklerle teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım süresince destek ve yardımını en içten bir şekilde gösteren Sayın hocam Doç. Dr. Engin EROĞLU'na şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamın istatistik kısmında destek veren Sayın Arş. Gör. Tunahan ÇINARA ve Sayın Arş. Gör. DR. Sertaç KAYA'ya içten dileklerle teşekkür ederim.

Doktora sürecim boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Mehmet ÇETİN, Sayın Burak ARICAK hocalarıma içten dileklerle teşekkür ederim.

Doktora öğrenimim boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen babam İsmail CANTÜRK ve Annem Hüsne CANTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim süresince 1210674 numaralı proje ile tez çalışmalarım için sağladığı destek ve burs olanaklarından dolayı TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'na minnettarlığımı sunarım.

Ayrıca 100/2000 öncelikli alanlar kapsamında yaptığım doktora tez çalışmam süresince sağladığı doktora bursundan dolayı YÖK'e minnettarlığımı sunarım.

Son olarak, üzerimde en büyük emek sahibi olan dedem Abdurrahman CANTÜRK ve babaannem merhum Şerife CANTÜRK'e ithafendir.

24 Ocak 2023

Uğur CANTÜRK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
BEYAN.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR.....	x
SİMGELER.....	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
EXTENDED ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
2.1. UV-B VE KURAKLIK STRESİNİN BİTKİLER ÜZERİNE ETKİLERİ.....	5
2.2. UV-B VE KURAKLIK STRESİ KONUSUNDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR.....	11
2.3. ÇALIŞMAYA KONU TÜRLER.....	18
2.4. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ÇALIŞMAYA KONU TÜRLERİN DOĞAL YAYILIŞI ÜZERİNE ETKİSİ.....	23
2.5. ÇALIŞMANIN AMACI.....	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1. YÖNTEM.....	35
3.1.1. Morfolojik ve Fizyolojik Ölçümler.....	37
3.1.1.1. Büyüme Parametreleri.....	37
3.1.1.2. Ksilem Su Potansiyeli (KSP).....	37
3.1.1.3. Bağıl Su İçeriği (BSİ).....	39
3.1.1.4. Klorofil a, Klorofil b ve Toplam Karotenoid Miktarı.....	39
3.1.1.5. Klorofil Floresansı (Fv/Fm).....	40
3.1.1.6. Elektrolit Sızıntı (ES).....	40
3.1.1.7. Fotosentez Etkinliği.....	40
3.1.2. Biyokimyasal Ölçümler.....	41
3.1.2.1. Prolin Miktarı.....	41
3.1.2.2. Toplam Çözünabilir Karbohidrat Tayini.....	41
3.1.3. İstatistik Analizler.....	41
4. BULGULAR.....	43
4.1. STRES UYGULAMALARININ MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK KARAKTERLERE ETKİSİ.....	43
4.1.1. Stres Uygulamalarının Fidan Boyu Etkisi.....	43
4.1.2. Stres Uygulamalarının Fidan Çapına Etkisi.....	44
4.1.3. Stres Uygulamalarının Yan Dal Sayısına Etkisi.....	45
4.1.4. Stres Uygulamalarının Yaprak Sayısına Etkisi.....	47

4.1.5. Stres Uygulamalarının Yaprak Boyuna Etkisi.....	48
4.1.6. Stres Uygulamalarının Yaprak Alanına Etkisi	49
4.1.7. Stres Uygulamalarının Ksilem Su potansiyeline Etkisi	50
4.1.8. Stres Uygulamalarının Bağlı Su İçeriğine Etkisi.....	52
4.1.9. Stres Uygulamalarının Klorofil a Miktarına Etkisi.....	53
4.1.10. Stres Uygulamalarının Klorofil b Miktarı Etkisi.....	54
4.1.11. Stres Uygulamalarının Toplam Karotenoid Miktarına Etkisi.....	56
4.1.12. Stres Uygulamalarının Klorofil floresansına Etkisi.....	57
4.1.13. Stres Uygulamalarına Bağlı Elektrolit Sızıntının Belirlenmesi	59
4.1.14. Stres Uygulamalarının Net Fotosentez (Asimilasyon) Oranı Etkisi.....	60
4.1.15. Stres Uygulamalarının Stoma İletkenliğine Etkisi.....	62
4.1.16. Stres Uygulamalarının Evapotranspirasyon (Terleme) Oranına Etkisi.....	64
4.1.17. Stres Uygulamalarının Dışsal CO ₂ Oranına Etkisi	65
4.1.18. Stres Uygulamalarının İçsel CO ₂ Oranına Etkisi	67
4.1.19. Stres Uygulamalarının İçsel Su Kullanım Etkinliğine Etkisi.....	68
4.1.20. Stres Uygulamalarının Su kullanım Etkinliğine Etkisi	70
4.1.21. Stres Uygulamalarının Hücreler arası CO ₂ 'nin ortamdaki CO ₂ 'ye Oranına Etkisi	72
4.2. STRES UYGULAMALARININ BİYOKİMYASAL PARAMETRELERE ETKİSİ.....	74
4.2.1. Stres Uygulamalarının Prolin Miktarına Etkisi.....	74
4.2.2. Stres Uygulamalarının Toplam Karbohidrat Miktarına Etkisi	75
4.3. STRES UYGULAMALARININ TÜR BAZINDA FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLER ÜZERİNE ETKİSİ.....	77
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	80
6. ÖNERİLER	92
7. KAYNAKLAR	94
ÖZGEÇMİŞ.....	115

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1.Bitkilerin kuraklık stresine tepkisi.....	7
Şekil 2.2. UV-B radyasyonuna bitki tepkisi.	9
Şekil 2.3. Kuraklık ve UV-B radyasyonunun birleşik etkisine bitki tepkisi.....	11
Şekil 2.4. <i>Tilia cordata</i> doğal yayılış alanı.....	19
Şekil 2.5. <i>Tilia platyphyllos</i> doğal yayılış alanı.....	20
Şekil 2.6. <i>Tilia tomentosa</i> doğal yayılış alanı.....	22
Şekil 2.7. Çalışmaya konu türlerin uygun yayılış alanlarının değişimi	24
Şekil 3.1. Tüp harçlarının hazırlanması.	31
Şekil 3.2. Fidanların köklerindeki toprak temizliği.	31
Şekil 3.3. Fidanların tüplenecek yerleştirilmesi.	32
Şekil 3.4. UV-B uygulama kabini genel görünümü.....	36
Şekil 3.5. Basınç odası tekniği ile bitki su potansiyelinin ölçülmesi.....	39
Şekil 3.6. Fotosentez etkinliği ölçümü.....	41
Şekil 4.1.Fizyolojik ve biyokimyasal parametreler ile stres uygulaması yapılan üç ıhlamur türü arasındaki ilişkinin temel bileşen analizi ile değerlendirilmesi.....	78

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Türlerin uygun yayılış alanlarının (km ²) değişimi.	25
Çizelge 3.1. Düzce Meteoroloji istasyonu 2021 yılına ait günlük ortalama sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), ve minimum sıcaklık (°C), UV-B (kJ/m ² /gün) ve yağış değerleri (mm).	33
Çizelge 3.2. Sera içine ait maksimum ve minimum sıcaklık (°C) değerleri.	34
Çizelge 4.1. Fidan boyunun (cm) uygulamalara bağlı değişimi.	43
Çizelge 4.2. Fidan boyunun (cm) türlere bağlı değişimi.	44
Çizelge 4.3. Fidan çapına (mm) uygulamalara bağlı değişimi.	44
Çizelge 4.4. Fidan çapına (mm) türlere bağlı değişimi.	45
Çizelge 4.5. Yan dal sayısının (adet) uygulamalara bağlı değişimi.	45
Çizelge 4.6. Yan dal sayısının (adet) türlere bağlı değişimi.	46
Çizelge 4.7. Yaprak sayısının (adet) uygulamalara bağlı değişimi.	47
Çizelge 4.8. Yaprak sayısının (adet) türlere bağlı değişimi.	47
Çizelge 4.9. Yaprak boyunun (cm) uygulamalara bağlı değişimi.	48
Çizelge 4.10. Yaprak boyunun (cm) türlere bağlı değişimi.	49
Çizelge 4.11. Yaprak alanının (cm ²) uygulamalara bağlı değişimi.	49
Çizelge 4.12. Yaprak alanının (cm ²) türlere bağlı değişimi.	50
Çizelge 4.13. Ksilem su potansiyelinin (Bar) uygulamalara bağlı değişimi.	51
Çizelge 4.14. Ksilem su potansiyelinin (Bar) türlere bağlı değişimi.	51
Çizelge 4.15. Bağlı su içeriğinin (%) uygulamalara bağlı değişimi.	52
Çizelge 4.16. Bağlı su içeriği (%) türlere bağlı değişimi.	53
Çizelge 4.17. Klorofil a miktarının (mg/g) uygulamalara bağlı değişimi.	53
Çizelge 4.18. Klorofil a miktarının (mg/g) türlere bağlı değişimi.	54
Çizelge 4.19. Klorofil b miktarının (mg/g) uygulamalara bağlı değişimi.	55
Çizelge 4.20. Klorofil b miktarının (mg/g) türlere bağlı değişimi.	55
Çizelge 4.21. Toplam karotenoid miktarının (mg/g) uygulamalara bağlı değişimi.	56
Çizelge 4.22. Toplam karotenoid miktarının (mg/g) türlere bağlı değişimi.	57
Çizelge 4.23. Klorofil floresansının (Fv/Fm) uygulamalara bağlı değişimi.	58
Çizelge 4.24. Klorofil floresansının (Fv/Fm) türlere bağlı değişimi.	58
Çizelge 4.25. Elektrolit sızıntının (%) uygulamalara bağlı değişimi.	59
Çizelge 4.26. Elektrolit sızıntının (%) türlere bağlı değişimi.	60
Çizelge 4.27. Net fotosentez (asimilasyon) oranının (Anet µmol m ⁻² s ⁻¹) uygulamalara bağlı değişimi.	61
Çizelge 4.28. Net fotosentez (asimilasyon) oranının (Anet µmol m ⁻² s ⁻¹) türlere bağlı değişimi.	62
Çizelge 4.29. Stoma iletkenliğinin (Sİ, µmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) uygulamalara bağlı değişimi.	62
Çizelge 4.30. Stoma iletkenliğinin (Sİ, µmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) türlere bağlı değişimi.	63
Çizelge 4.31. Evapotranspirasyonun (terleme, T) (mmol m ⁻² s ⁻¹) uygulamalara bağlı değişimi.	64
Çizelge 4.32. Evapotranspirasyonun (terleme, T) (mmol m ⁻² s ⁻¹) türlere bağlı değişimi.	65
Çizelge 4.33. Dışsal CO ₂ oranının (DCO, µmol mol ⁻¹) uygulamalara bağlı değişimi. ..	66
Çizelge 4.34. Dışsal CO ₂ oranının (DCO, µmol mol ⁻¹) türlere bağlı değişimi.	66
Çizelge 4.35. İçsel CO ₂ oranının (İCO, µmol mol ⁻¹) uygulamalara bağlı değişimi.	67
Çizelge 4.36. İçsel CO ₂ oranının (İCO, µmol mol ⁻¹) türlere bağlı değişimi.	68

Çizelge 4.37. İçsel su kullanım etkinliğinin (İSKE, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.....	69
Çizelge 4.38. İçsel su kullanım etkinliğinin (İSKE, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) türlere bağlı değişimi.....	70
Çizelge 4.39. Su kullanım etkinliğinin (SKE, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.....	70
Çizelge 4.40. Su kullanım etkinliğinin (SKE, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) türlere bağlı değişimi.....	71
Çizelge 4.41. Hücreler arası CO_2 'nin ortamdaki CO_2 'ye oranının (HCO_3^- , $\mu\text{mol mol}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.	72
Çizelge 4.42. Hücreler arası CO_2 'in ortamdaki CO_2 'ye oranının (HCO_3^- , ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) türlere bağlı değişimi.....	73
Çizelge 4.43. Prolin miktarının (mg/g) uygulamalara bağlı değişimi.	74
Çizelge 4.44. Prolin miktarının (mg/g) türlere bağlı değişimi.....	75
Çizelge 4.45. Toplam karbohidrat miktarının (mg/100 g) uygulamalara bağlı değişimi.....	75
Çizelge 4.46. Toplam karbohidrat miktarının (mg/100 g) türlere bağlı değişimi.....	76



KISALTMALAR

ABA	Absisik asit
Anet	Net fotosentez (asimilasyon) oranı
BSG	Bitki su gerilimi
BSİ	Bağıl su içeriği
COP1	Coatomer Protein kompleksi
DCO	Dışsal karbondioksit oranı
FB	Fidan Boyu
FÇ	Fidan kök boğazı çapı
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
HCO	Hücreler arası CO ₂ 'ın ortamdaki CO ₂ 'ye oranı
HY5	ELONGATED HYPOCOTYL5 (fotomorfogenezi aktive eden sinyal merkezi)
İCO	İçsel karbondioksit oranı
İSKE	İçsel su kullanım etkinliği
JA	Jasmonik Asit
Kl-a	Klorofil a
Kl-b	Klorofil b
KSP	Ksilem su potansiyeli
PCA	PCA analizi (Temel bileşenler analizi)
PMS	Bitki su potansiyelinin ölçülme cihazı
POD	Peroksidaz aktivitesi
ROT	Reaktif oksijen türleri
SA	Salisilik asit
Sİ	Stoma iletkenliği
SKE	Su kullanım etkinliği
T	Terleme (Evapotranspirasyon)
TC	<i>Tilia cordata</i> Mill.
TP	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.
TT	<i>Tilia tomentosa</i> Moench.
UV	Ultraviyole
UVR8	UV RESISTANCE LOCUS8(Ultraviyole-B reseptörü)
YA	Yaprak alanı
YB	Yaprak boyu
YDS	Yandal sayısı
YS	Yaprak sayısı

SİMGELER

μ	mikro
μmol	Mikromol
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
cm	santimetre
CO_2	Karbondioksit
g	Gram
kJ	Kilo Jouel
km^2	Kilometre kare
L	Litre
m	metre
m^2	Metre kare
mg	Miligram
mm	Milimetre
mmol	Milimol
MPa	Megapaskal
W	Watt

ÖZET

KURAKLIK VE UV-B STRESLERİNİN TÜRKİYE’DE YAYILIŞ GÖSTEREN BAZI IHLAMUR (*Tilia sp.*) TÜRLERİNDE FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLER ÜZERİNDE ETKİSİ

Uğur CANTÜRK

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ

Ocak 2023, 114 sayfa

Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak çevresel streslerin daha şiddetli ve yaygın hale geleceği bilinmektedir. Çevresel stres faktörlerinden Kuraklık ve UV-B radyasyonu, bitkilerdeki savunma mekanizmalarını baskılayabilen veya aktive edebilen iki önemli çevresel streslerdir. Bu çalışmada Türkiye’de doğal yayılış yapan *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop., ve *Tilia tomentosa* Moench. fidanları üzerine kuraklık ve UV-B stresleri uygulanmıştır. Bu stres uygulamalarının morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde değişimleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, yaprak sayısı, yaprak boyu, yaprak alanı, bağıl su içeriği (BSİ), ksilem su potansiyeli (KSP), elektrolit sızıntı (ES), klorofil a, b miktarı, toplam karotenoid miktarı, klorofil floresansı, fotosentez etkinliği (terleme, stoma iletkenliği, net fotosentez (asimilasyon) oranı, içsel su kullanım etkinliği, dışsal CO₂ oranı, içsel CO₂ oranı, hücreler arası CO₂’nin ortamdaki CO₂’ye oranı, su kullanım etkinliği, prolin miktarı ve toplam karbohidrat miktarı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda hem fizyolojik hem de biyokimyasal özellikler bakımından türler arasında ve her türün stres uygulamaları arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan şiddetli kuraklık stresine ve şiddetli kuraklık + yüksek UV-B stresine maruz fidanlarda stres uygulamalarına bağlı olarak, dışsal CO₂ oranı, prolin ve toplam karbohidrat miktarları artarken bağıl su içeriği, ksilem su içeriği, toplam karotenoid, klorofil a, b, klorofil floresansı, net fotosentez oranının ve stoma iletkenliğinin azaldığı belirlenmiştir. Bunun dışında kuraklığın çalışmaya konu parametreler üzerine etkisinin UV-B etkisinden daha baskın olduğu, UV-B’nin tek başına etkisinin genellikle önemsiz düzeyde olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçları genel olarak kuraklık ve UV-B streslerine karşı *Tilia tomentosa* türünün en tolerant, *Tilia platyphyllos* türünün ise en hassas tür olduğunu göstermiştir.

Anahtar sözcükler: İklim değişikliği, *Tilia sp.*, Kuraklık stresi, UV-B stresi, Fotosentez

ABSTRACT

THE EFFECTS OF DROUGHT AND UV-B STRESSES ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHANGES IN SOME LINDEN (*Tilia* sp.) SPECIES IN TÜRKİYE

Uğur CANTÜRK

Düzce University

Graduate School, Department of Forest Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şemsettin KULAÇ

January 2023, 114 pages

It is known that environmental stresses will become more severe and widespread due to global climate change. Drought and UV-B radiation are two critical environmental stressors that can suppress or activate plant defense mechanisms. In this study, drought and UV-B stresses were applied to *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop., and *Tilia tomentosa* Moench. seedlings that grow naturally in Turkey. The morphological, physiological, and biochemical changes of these stress applications on the seedlings of these species were determined. Within the scope of the study, seedling height, root collar diameter, number of lateral branches, number of leaves, leaf height, leaf area, relative water content (RWC), xylem water potential, electrolyte leakage (EL), chlorophyll a, b, total carotenoid amount, chlorophyll fluorescence, photosynthesis efficiency (transpiration, stomatal conductivity, net photosynthesis (assimilation) rate, intrinsic water usage efficiency, intercellular CO₂ ratio, ambient CO₂ ratio, intercellular CO₂ to ambient CO₂, water usage efficiency, proline content and total carbohydrate amount were measured. As a result, it was determined that there are differences between species and stress applications of each species in terms of physiological and biochemical characteristics. On the other hand, while ambient CO₂ ratio and proline and total carbohydrate amount increased, relative water content, xylem water content, total carotenoid, chlorophyll a, b, chlorophyll fluorescence, net photosynthesis rate, and stomatal conductivity were determined to decrease. Apart from this, it was determined that the effect of drought on the study parameters was more dominant than the effect of UV-B, and the effect of UV-B alone was generally insignificant. The study results generally showed that *Tilia tomentosa* species was the most tolerant species, and *Tilia platyphyllos* species was the most susceptible species against drought and UV-B stresses.

Keywords: Climate change, *Tilia* sp., Drought stress, UV-B stress, Photosynthesis

EXTENDED ABSTRACT

THE EFFECTS OF DROUGHT AND UV-B STRESSES ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHANGES IN SOME LINDEN (*Tilia* sp.) SPECIES IN TÜRKİYE

Uğur CANTÜRK

Düzce University

Graduate School, Department of Forest Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şemsettin KULAÇ

January 2023, 114 pages

1. INTRODUCTION

Plants are among the living groups most affected by global climate change and the increase in UV-B radiation. Climate change and UV-B radiation may have devastating effects on some species that do not have an effective displacement mechanism and have limited habitats.

Plants can often live in unfavorable conditions for growth and development or in stressful environments. Environmental stressors can be biotic or abiotic. Abiotic stresses mainly consist of drought, salinity, extreme temperatures, nutrient deficiencies, heavy metal stress, and ultraviolet radiation. Plants are exposed to high levels of solar ultraviolet radiation due to photosynthesis. However, a slight increase in UV-B radiation can have significant biological effects because UV-B radiation; is easily absorbed by a number of important macromolecules such as nucleic acids, proteins, lipids, and phytohormones, negatively affecting plant morphology, physiology, and development in addition to photo-oxidative damage. Drought stress, on the other hand, is one of the most common environmental stresses affecting growth and yield, and it induces many physiological, biochemical, and molecular responses in plants, and accordingly, plants can develop tolerance mechanisms that will enable them to adapt to limited environmental conditions. UV-B radiation and drought are two sources of environmental stressors that affect plant growth and development.

Moreover, drought stress is often accompanied by increased UV-B radiation. Previous studies examining the effects of increased UV-B radiation and drought stress have shown that both trigger similar defense mechanisms with adverse effects on morphology, physiological processes, and biomass accumulation. Responses to each stressor may differ from those that occur when both stressors occur simultaneously. In some cases,

they may produce additional or aggravated effects on growth compared to each stress applied separately. In other cases, the effects on growth may be smaller than those applied separately, perhaps defensive responses activated by one stress may help reduce the severity of the other stress.

This study, it was aimed to evaluate the responses of *T. tomentosa*, *T. cordata*, and *T. platyphyllos* species against stress in a multi-faceted manner, which were subjected to drought and UV-B stresses.

2. MATERIAL AND METHODS

This study, it was aimed to evaluate the responses of *T. tomentosa* (TT), *T. cordata* (TC), and *T. platyphyllos* (TP), species against stress in a multi-faceted manner, which were subjected to drought and UV-B stresses.

The application groups of drought and UV-B stresses in this study are shown below.

-U1 (Control): Watered two times a week and no UV-B application

-U2 (low-dose UV-B): It is watered twice a week and 8 kJ m⁻² h⁻¹ UV-B is applied.

-U3 (high-dose UV-B): Watered twice a week and 12 kJ m⁻² h⁻¹ UV-B applied.

-U4 (Moderate drought): Watered once a week and no UV-B application

-U5 (severe drought): Watered once in 2 weeks and no UV-B application

-U6 (Moderate drought + low dose UV-B): (Irrigated once a week and 8 kJ m⁻² h⁻¹ UV-B applied

-U7 (Moderate Drought + high dose UV-B): Watered once a week and 12 kJ m⁻² h⁻¹ UV-B applied

-U8 (Severe Drought + low dose UV-B): Watered once in 2 weeks and applied 8 kJ m⁻² h⁻¹ UV-B

-U9 (severe drought + high dose UV-B): Watered once in 2 weeks and 12 kJ m⁻² h⁻¹ UV-B applied

This study UV-B and drought stress applications were started on 1.06.2021 and continued for 60 days. Within the scope of the study, plant height, stem diameter, number of lateral branches, number of leaves, leaf width, leaf length, leaf area, Relative water content (RWC), leaf water potential, Electrolyte leakage, Total chlorophyll a, b amount, total

carotenoid amount, Chlorophyll fluorescence, Photosynthesis efficiency (Transpiration, Stomatal conductivity and Net photosynthesis (assimilation) rate, Internal water use efficiency), Extrinsic CO₂ ratio, Internal CO₂ ratio, Intercellular CO₂ to ambient CO₂ ratio), water usage effectiveness, proline amount and total carbohydrate content measurements were made. The results were evaluated by analysis of variance and Duncan test.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

According to the study results, it was determined that the changes in seedling height, seedling diameter, number of leaves, and number of lateral branches were not statistically significant in all species, while the changes in leaf length and leaf area were found to be statistically significant at least 95% confidence level in all species. The lowest xylem water potential values in all species were obtained in severe drought applications, while the highest values were obtained in control and only UV-B applications. Compared to the control groups, the maximum decrease in xylem water potential was determined in the *T. platyphyllos* (TP) type, while the minimum decrease was observed in the *T. cordata* (TC) type. The lowest RWC values were obtained in severe drought applications in all species, while the highest was obtained only in control and UV-B applications. The highest values in terms of chlorophyll a and b were obtained in the control group, while the lowest values were obtained in severe drought in TC and TP species and severe drought + high dose UV-B application in *T. tomentosa* (TT) species. In addition, it was determined that severe drought + high-dose UV-B applications caused an effective decrease in chlorophyll a and b amounts. It was determined that the total carotenoid amount was higher in TP than in other species. Based on applications, the lowest values were obtained in moderate drought applications in TC species and severe drought + low-dose UV-B applications in TP and TT species, while the highest values were obtained in control applications in TC and TP and high-dose UV-B applications in TT species. Based on species, the change of EL is listed as TC>TP>TT. In addition, when compared to the control in TC species, the highest leakage occurred in severe drought + high dose UV-B (U9), severe drought (U5), and severe drought + low dose UV-B (U8), whereas in TP and TT species, when compared with the control, EL amount is almost same.

When the photosynthetic measurement data were examined, the lowest values were obtained in severe drought + UV-B applications. In contrast, the highest values were

obtained in low-dose UV-B (U2) and moderate drought + low-dose UV-B (U6) applications. It was determined that stomatal conductance values were lower in TT than in other species. In terms of applications, the lowest values were obtained in severe drought and severe drought + UV-B applications, and the highest value was obtained in the control group. According to the average value of intrinsic water use efficiency, the values obtained in the TT species were higher than the others. In the applications, the highest values were obtained in severe drought and severe drought + high dose UV-B applications, and the lowest values were obtained in the control group. While the change in water use efficiency according to the average values is not statistically significant, the average values based on species are the highest values obtained in the TT species, while the average values of the TC and TP species are close to each other.

The highest proline amount was determined in severe drought applications in all species. In addition, all species are among the groups that are subjected to severe drought; measuring lower proline amount in drought+ low-dose UV-B (U8) application compared to drought (U5) and drought+ high-dose UV-B (U9) application suggests that UV-B can suppress drought stress up to a specific dose. It was determined that the total carbohydrate amount was the highest in severe drought application. When UV-B stress applications are compared with the control, it is seen that the amount of total carbohydrates decreases as the amount of UV-B dose increases in TC and TT species. In the TP species, when the control (U1), low-dose UV-B (U2), and high-dose UV-B (U3) stress applications were compared, the highest total carbohydrate amount was observed in control, and the lowest was observed in low-dose UV-B (U2) stress application.

In addition, the study results showed that *Tilia tomentosa* species was the most tolerant species, and *Tilia platyphyllos* species was the most susceptible species against drought and UV-B stresses in general. Apart from this, it was determined that the effect of drought on the study parameters was more dominant than the effect of UV-B, and the effect of UV-B alone was generally insignificant.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK

The study results showed that increased drought and UV-B radiation triggered stress mechanisms and caused physiological and biochemical changes in the species. This situation can be interpreted as a big risk for plants, primarily when evaluated in terms of the possible effects of ozone layer degradation and global climate change. Therefore, by

expanding the studies on the subject, the subjects that possible climate changes can increase drought and UV-B radiation to what levels, what the reactions of plants can be at these levels should be investigated, and strategies should be developed against risks. For example, by determining the plant species that will be least affected by these negativities, growing seedlings in suitable conditions for their habitat in the afforestation areas and afforestation studies to be carried out with these seedlings will increase the survival rate of the seedlings.

In order to quickly understand how these species are affected by stress, it is suggested that net photosynthesis rate, stomatal conductivity, chlorophyll a, b amount, xylem water potential, and intrinsic water use efficiency measurements can be determined.

The study showed that *Tilia tomentosa* is the most tolerant species, while *Tilia platyphyllos* is the most susceptible to drought and UV-B stresses. In light of the data obtained from this study, it is recommended to use predominantly silver linden (*Tilia tomentosa*) species to produce seedlings in nurseries, landscaping of urban open green spaces, and plantation studies in arid and semi-arid areas. It is suggested that silver linden (*Tilia tomentosa*) species should be preferred in cases where different linden species should be used to establish honey forests as a precaution against drought and UV-B stress, which may occur due to climate change.

In addition, it is recommended to carry out new studies by increasing the amount of UV-B dose and application time or adding different stress factors (such as heavy metal, high temperature, salinity) or parameters in future studies.

1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, dünyanın baş etmek zorunda kaldığı ve geri döndürülemez en önemli sorunu olarak kabul edilen, dünya genelinde iklim parametrelerinde önemli değişikliğe sebep olan ve iklimde meydana getirdiği değişiklikler dolayısıyla neredeyse bütün ekosistemleri ve dolayısıyla canlıların hayatını etkileyen en önemli küresel sorunların başında gelmektedir (Cantürk, 2020; Ghoma ve ark., 2022).

Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak çevresel streslerin daha şiddetli ve yaygın hale geleceği tahmin edilmektedir (Chaudhry ve ark., 2022). Çevresel stres faktörleri biyotik ve abiyotik olarak ikiye ayrılır. Abiyotik stresler temel olarak kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcaklıklar, besin eksiklikleri, ağır metal stresi ve ultraviyole radyasyonundan oluşmaktadır (Chang ve ark., 2020; Torun ve ark., 2021; Sulhan ve ark., 2022; Isınkaralar ve ark., 2022). Bitkiler bu streslerden birkaçına aynı anda maruz kalabilirler ve bu durum çoklu stres olarak adlandırılır. (Schlesinger ve ark. 2016; Torun 2019).

Bitki büyümesini sınırlayan en şiddetli abiyotik faktörlerden biri kuraklıktır (Terzi ve Kadioğlu 2006). Kuraklık, yeterli yağışın olmadığı dönem olarak tanımlanır ve toprakta yeterli su varken terleme veya buharlaşma gibi bazı atmosferik koşullar nedeniyle çok fazla su kaybı ile kuraklık stresini oluşturabilir (Jaleel ve ark. 2009). Kuraklık stresi büyümeyi ve verimi etkileyen en yaygın çevresel streslerden biri olup bitkilerde birçok fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler cevabı indüklemekte ve buna bağlı olarak bitkiler, sınırlı çevresel koşullara adapte olmayı sağlayacak tolerans mekanizmaları geliştirebilmektedirler (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005; Lisar ve ark., 2016).

Su içeriğinin azalması, turgor basıncındaki azalmalar, stomaların kapanması ve büyümede azalma kuraklık stresinin etkilerinden bazılarıdır. Bu stres etkileri türden türe ve hatta aynı türe ait bireyler arasında değişiklik gösterebilir (Jaleel ve ark. 2009). Şiddetli su stresine bağlı olarak fotosentezin azalması ve metabolizmada oluşan bozulmalar nedeniyle bitkinin ölümüne sebep olabilir (Jaleel ve ark. 2009; Nzokou ve Cregg 2010; Koç, 2019; Koç ve Nzokou, 2022; Koç ve ark., 2022). Stoma kapanması, CO₂ asimilasyonunu ve net fotosentezi olumsuz etkilemesine (Klooster ve ark. 2010) ek olarak bitki büyümesini sınırlar (Terzi ve Kadioğlu 2006). Bitki büyümesini azaltan su eksikliği

fotosentez, solunum, karbohidrat seviyesini ve büyüme düzenleyicileri önemli derecede etkileyebilir (Zhang, ve ark., 2015; Basu, 2016; Torun ve ark., 2021). Su stresi, düşük turgor basıncı nedeniyle hücre genişlemesini ve hücre büyümesini sınırlar. Çeşitli türlerde yaprak büyümesi ve dolayısıyla yaprak alanı, su eksikliğine bağlı olarak azalır (Jaleel ve ark. 2009). Ayrıca su stresi, dalların büyüme hızını azaltmasından dolayı yaprak sayısını sınırlar. Kök sisteminin gelişimi su stresinden etkilenir (Taiz ve Zeiger 2006). Derin kök sistemi geliştirilerek su alımını artırmasına ve ozmotik basıncın korunmasını sağlamaya çalışmaktadır (Salehi-Lisar, ve ark., 2016).

Bitki büyümesini sınırlayan en şiddetli abiyotik faktörlerden bir diğeri de güneşten gelen Ultraviyole (UV) radyasyonudur. Ultraviyole (UV) radyasyon, güneş spektrumunun 100 ila 400 nm arasındaki dalga boyları aralığını kapsar ve üç banda ayrılmaktadır: UV-C (100-280 nm), UV-B (280-315 nm) ve UV-A (315-400 nm) (Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu, ICNIRP 2004). UV-C karasal atmosfer tarafından engellendiğinden UV-B, Dünya yüzeyine ulaşan en kısa dalga boyuna sahip UV bandıdır. (Stratmann 2003, Caldwell ve ark. 2007).

Ozon (O₃) atmosferdeki UV-B radyasyonunu emen önemli bir bileşendir (Inostroza-Blancheteau ve ark., 2016). Sanayi ve insan faaliyetlerinin gelişmesiyle birlikte, kloroflorokarbonlar ve nitrojen oksitler gibi büyük miktarda zararlı gazlar sürekli olarak atmosfere salınarak stratosferdeki ozon tabakasını tahrip etmektedir (Kumari ve ark., 2009; Fu ve Shen, 2017). Ozon tabakasının incelmesinden dolayı artan ultraviyole-B (UV-B) radyasyonu, dünya çapında dikkatleri üzerine çeken bir çevresel sorun haline gelmektedir (Kumari ve ark., 2009; Peng ve Zhou, 2010; Yang ve ark., 2014; Shen ve ark., 2015). UV-B radyasyonunun bir kısmı yerkürenin yüzeyine atmosfer tarafından filtrelenmeden ulaşır ki bu da onu yerkürenin yüzeyine ulaşan en tehlikeli radyasyon yapar. Dahası, ozon tabakasının tükenmesi sebebiyle yerkürenin yüzeyine ulaşan UV-B miktarı 20. yüzyılda artmıştır (Butler ve ark.,2016).

Artan UV-B radyasyonunun Dünya'daki yaşam sistemleri üzerinde birçok olumsuz etkisinin yanında karasal ekosistemlerin birincil üreticilerini oluşturan bitkileri de olumsuz yönde etkilenmektedir (Li ve ark., 2010; Liang ve ark., 2011; Gondor ve ark., 2014; Yang ve ark., 2014; Shen ve ark., 2015). Önceki çalışmalar, yüksek UV-B radyasyonunun bitki morfolojisini, fizyolojik metabolizmasını ve hatta genetiğini olumsuz etkilediğini göstermiştir (Wang ve ark., 2012; Choudhary ve Agrawal, 2014;

Choudhary, 2015; Robson ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2016; Fina ve ark., 2017).

Bitkiler fotosentez nedeniyle, yüksek düzeyde güneş ultraviyole radyasyonuna maruz kalmaktadırlar. Bununla birlikte, UV-B radyasyonundaki küçük bir artış, önemli biyolojik etkilere sahip olabilir. Bu etkiler arasında genomik değişiklikler, lipit yıkımı, oksidatif hasar, bitki biyokimyasındaki değişiklikler ve büyüme geriliği yer alır (Passaglia ve ark., 2009; Kataria ve ark., 2015; Neugart ve Schreiner, 2018).

Bitkilerdeki çok sayıda UV-B hasarına ek olarak, bazen UV-B radyasyonu bitkileri insanlar için yararlı olan bazı bileşikleri sentezlemeye teşvik edebilir (Jansen ve ark., 2008). Bitkiler, bu radyasyonun olumsuz etkilerini dengelemelerine izin veren UV-B stresine başa çıkmak için birçok stratejiye sahiptir. Bir kaçınma stratejisi olarak bitkiler abiyotik stres faktörlerine karşı koruyan ikincil metabolitlerin (alkaloitler, fenilpropanoidler, poliketidler, terpenoidler) üretimi ile UV-B'ye karşı koruma sağlayabilir (Diaz-Guerra ve ark., 2019).

UV-B radyasyonu ve kuraklık, bitki büyümesini ve gelişimini etkileyen iki çevresel stres kaynağıdır. Dahası, kuraklık stresine sıklıkla artan UV-B radyasyonu eşlik eder (Taalas ve ark., 2000; Adams ve ark., 2009; Ballare ve ark., 2011; Prado ve ark., 2012; Bandurska ve ark., 2013; Koç ve Nzokou, 2023). Artan UV-B radyasyonu ve kuraklık stresinin etkilerini inceleyen önceki çalışmalar, her ikisinin de morfoloji, fizyolojik süreçler ve biyokütle birikimi üzerinde olumsuz etkilerle benzer savunma mekanizmalarını tetiklediğini göstermiştir (Bandurska ve ark., 2013). Her bir strese karşı oluşan tepkiler, her iki stres aynı anda meydana geldiğinde ortaya çıkan tepkilerden farklı olabilir. Bazı durumlarda, ayrı ayrı uygulanan her bir strese kıyasla büyüme üzerinde ilave veya şiddetlendirilmiş etkiler oluşturabilirler. Diğer durumlarda, büyüme üzerindeki etkiler, ayrı ayrı uygulananlardan daha küçük olabilir, belki de bir stres tarafından aktive edilen savunma tepkileri diğer stresin şiddetini azaltmaya yardımcı olabilir (Bandurska ve ark., 2013; Suzuki ve ark., 2014). Bu alandaki önceki çalışmaların çoğunda tek evcikli otsu türler kullanılmıştır (Balakumar ve ark., 1993; Petropoulou ve ark., 1995; Alexieva ve ark., 2001; Bandurska ve ark., 2012; Comont ve ark., 2012; Bandurska ve Cieślak, 2013; Hideg ve ark., 2013; Matai ve ark., 2019). Yüksek yapılı bitkiler ve odunsu türler üzerine yapılan çalışma sayısı ise oldukça sınırlı seviyededir. Bu çalışma ise küresel iklim değişikliğine bağlı olarak artacağı tahmin edilen çevresel stres faktörlerinden kuraklık ve UV-B radyasyonunun ülkemizde doğal yayılış yapan üç ıhlamur türü üzerinde fizyolojik

ve biyokimyasal değişimleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Ihlamur dünya genelinde coğrafik olarak Kuzey Yarımküre'nin ılıman ve subtropikal bölgeleri arasında yayılış yapar (Bayer ve Kubitzki, 2003). Asya, Avrupa, Kuzey Amerika'nın doğusunda, Kuzey Yarımküre'nin ılıman bölgelerinin çoğunda yaklaşık 30 türü bulunmaktadır. (Radoglou ve ark., 2008). Ülkemizde doğal olarak yetişen 4 ihlamur taksonu vardır. Bunlar *Tilia rubra* subsp. *Caucasica* (Rupr.) V. Engl., *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. ve *Tilia tomentosa* türleridir (Oral, 2018). Ihlamur türü ekolojik, ekonomik ve sosyal açıdan çok fazla öneme sahip bir türdür. Ihlamur gıda, tıbbı (ilaç), kozmetik ve el sanatları alanlarında kullanılmaktadır. Bal ormanlarında yoğun çiçek ve polen verme özelliğinden dolayı bal bitkisi olarak kullanılmaktadır. Süs bitkisi olarak peyzajdaki önemi ile ekonomik değeri yüksek bir orman ağacıdır (Alan ve ark., 2022). Ayrıca ihlamurun odun dışı orman ürünleri arasında önemli değere sahip olması orman köylüsü için önemli gelir kaynağı olarak hizmet etmektedir (Mumcu Küçüker, 2014). Hem ormanlarda hem kent merkezlerinde birçok hayvan için önemli besin kaynağıdır. Kent merkezlerinde yer alan açık yeşil alanlarda çok sık kullanılan ihlamur türü rekreasyon olarak hizmet veren bir türdür. Ihlamurun odunu oymacılık ve mobilyacılıkta, oyuncak sanayinde, müzik aletleri yapımında, kâğıt ve kibrit üretiminde kullanılmaktadır (Ateş, 2021).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. UV-B VE KURAKLIK STRESİNİN BİTKİLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Bitkilerde bütün morfolojik, anatomik ve fizyolojik karakterler genetik yapı ile çevresel faktörlerin etkileşimi sonucunda şekillenmektedir (Turkyilmaz ve ark., 2019; Key ve ark., 2022; Cobanoğlu ve ark., 2023). Yaşamları boyunca optimal yetiştirme koşulları dışında meydana gelen etmenler bitkilerde stres faktörlerinin oluşmasına sebep olurlar. Genellikle sınırlı optimal yayılış alanlarına sahip bitkiler ile doğal yaşam ortamlarının dışında yetiştirilen bitkiler bu çevresel streslere daha fazla maruz kalmaktadır (Cetin ve Sevik, 2016).

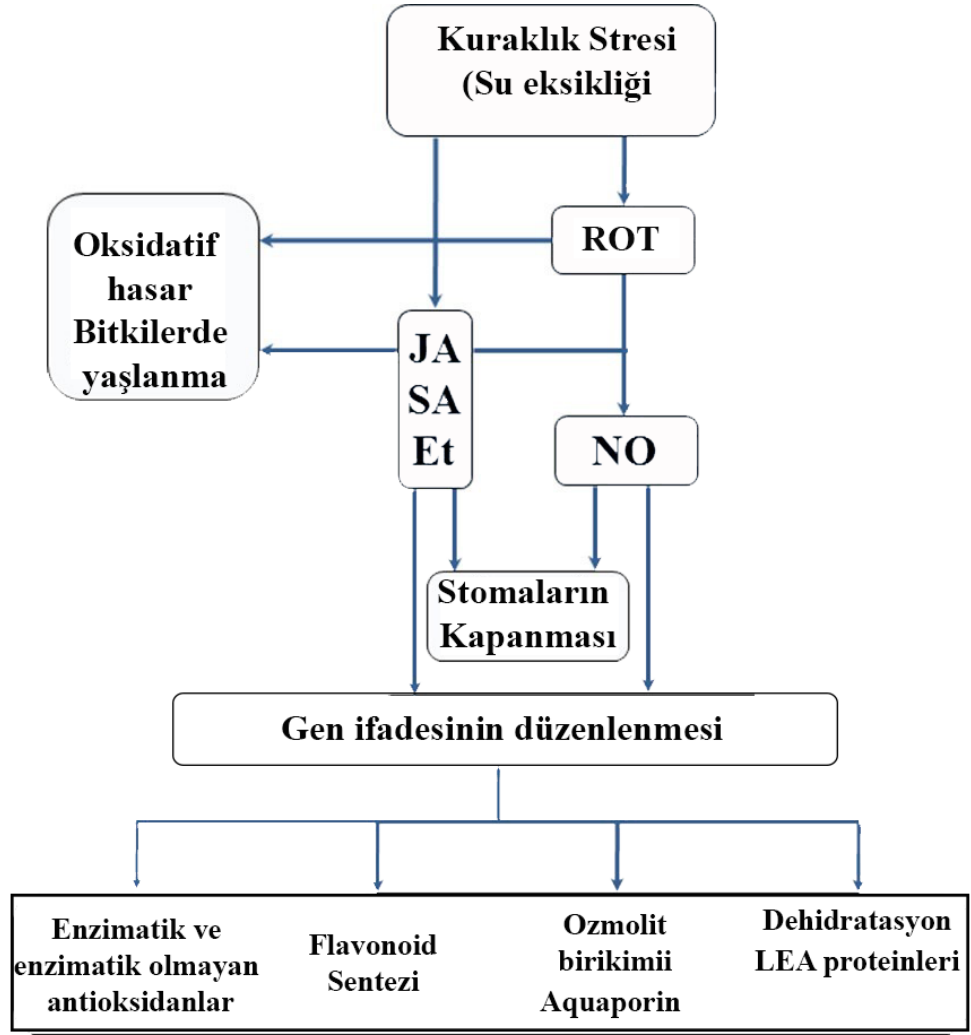
Bitkilerde en önemli abiyotik stres faktörlerinin başında kuraklık stresi gelmektedir. Kuraklık stresi bitki gelişimini ve üretkenliğini olumsuz etkileyerek çok çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik değişikliklere neden olmaktadır. Bitki büyümesi, büyük ölçüde hücrenin su durumuna bağlı olduğu için su eksikliği en etkili sınırlayıcıdır. Su stresine maruz kalan bitkiler daha kısa ve daha küçük yaprak alanına sahiptir. Bitkilerin kuraklığa karşı oluşturduğu tepki mekanizmaları direnç, kaçınma ve tolerans olarak sınıflandırılabilir (Lisar ve ark., 2012; Lisar ve ark., 2016; Januškaitienė ve Kacienė, 2017). Dehidrasyondan kaçınma, yaprağın kıvrılması, yaprak alanını küçültme, daha az sayıda yaprak gelişimi ve ayrıca stoma kapanması gibi yaprak su kaybını sınırlayan mekanizmaları içerir (Ward ve ark., 2015; Pirasteh-Anosheh, 2016). Bu durum yapraklar tarafından emilen fotosentetik ışık miktarını, fotosentez oranını ve verimi azaltmaktadır (Poulson ve ark., 2006; Sangtarash ve ark., 2009; Duan ve ark., 2011).

Su eksikliği kaynaklı stoma kapanması, yapraklar tarafından CO₂ alımını sınırlar ve substrat eksikliği nedeniyle fotosentez sırasında kloroplastta gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar kümesi olan Calvin döngüsünün enzimlerini, özellikle CO₂ fiksasyonu katalizlenmesini ve fotosentetik karbon asimilasyonunda önemli bir basamağı oluşturan RuBisCO'nun potansiyel aktivitesini azaltmaktadır (Kaur ve Asthir, 2017). Fotosentetik aparat, stomalar kapatıldığında fotosentezi ve büyümeyi azaltan reaktif oksijen

türlerinden (ROT) zarar görmektedir (Chaves ve ark., 2003; Kumar ve ark., 2018; Gupta ve ark., 2020). Ayrıca kök büyümesinin uyarılması ve kök hidrolik iletkenliğinin iyileştirilmesi gibi kökün suyu alma kapasitesini ve yapraklara taşınmasını kolaylaştıran mekanizmaları içerir. Prolin, betain, glisin-betain gibi ozmolitlerin birikimi ile dehidrasyondan kaçınmada önemli bir role sahiptir (Shinozaki ve ark., 2007; Lum ve ark., 2014; Mafakheri ve ark., 2010).

Bitki büyüme düzenleyicileri (fitohormonlar), bitkilerde hem abiyotik hemde biyotik streslere yanıt olarak meydana gelen ve stres süreçlerini kontrol eden sinyal bileşikleridir (Pedranzani vd., 2003; Torun, 2012). Kuraklık stresi altındaki bitkilerde genellikle oksin, gibberellin ve sitokinin konsantrasyonu azalırken absisik asit (ABA), jasmonik asit (JA), etilen ve salisilik asit (SA) seviyelerinde artış gözlemlenir (Jogawat ve ark. 2021). ABA'nın köklerde birikmesi, hafif su eksikliğine verilen en hızlı tepkilerden biridir (Visentin ve ark., 2016). Su dengesinin bozulması, turgor basıncındaki azalmayı ve reseptör benzeri kinazları aktive eden hücre membranının gerilimini etkiler. ABA, ksilem damarlarına yüklenir ve terleme ile yaprak hücrelerine taşınır. Mezofil hücrelerinde ayrıca ABA sentezi ve konjuge formdan salınımı gerçekleşir. Bu hormon, stoma kapanmasını ve stresle ilgili birçok genin ifadesini düzenleyerek su eksikliğine yanıtta çok önemli bir rol oynamaktadır (Ali ve ark., 2017; Soma ve ark., 2021; Salvi ve ark., 2021).

Su stresinden kaynaklanan kaçınma mekanizmalarının çoğu, bitki su durumunu farklı şekillerde düzenleyen ABA'ya bağlıdır. ABA, membranda su seçici kanalları oluşturan intagrel zar proteinleri olan aquaporinlerin sentezinden sorumlu genlerin ifadesini indükler ve köklerin hidrolik iletkenliğini geliştirir. Etilen üretiminin sınırlandırılması, kök ucuna prolin taşınması yoluyla ozmotik ayarlamaların düzenlenmesinde ve kök uzamasının korunmasında ABA önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Aynı şekilde JA ve SA'nın yapraklarda stoma kapanması ve ozmotik ayarlama gibi dehidrasyon önleme mekanizmalarını tetiklediği düşünülmektedir (Tardieu ve ark., 2010; Sarwatv ve Tuteja, 2017). Bitkilerin kuraklık stresine tepkileri Şekil 1.1'de verilmiştir.



Kısaltmalar: ABA, absisik asit; et, etilen; JA, jasmonik asit; SA, salisilik asit, ROS, reaktif oksijen türleri, NO, nitrik oksit

Şekil 2.1.Bitkilerin kuraklık stresine tepkisi (Bandurska ve ark., 2013).

Küresel iklim değişikliği ile birlikte önemli ölçüde artan UV-B radyasyonu da bitkiler açısından önemli bir diğer stres faktörüdür. UV-B'nin bitkiler üzerindeki etkisi, akış oranlarına ve dalga boyuna bağlıdır ve kümülatif bir etkiye sahip olmakla birlikte UV-B maruz kalma süresi ne kadar uzun olursa etkisi de o kadar büyük olur. Genel olarak, yüksek akış oranları ve kısa dalga boyları, proteinlerin, zar lipidlerinin hasar görmesi ve kloroplast pigmentlerinin yok edilmesi gibi olumsuz etkilere ve ayrıca RuBisCO'nun inhibisyonuna neden olarak daha az fotosentetik aktiviteye ve büyüme inhibisyonuna neden olur. Ortamda mevcut bulunan UV-A seviyesi, UV-B artışının bitkiler üzerindeki olumsuz etkisini azaltabilir. UV-B'nin daha uzun dalga boyları ve düşük doz miktarları bitki metabolizması, büyümesi ve morfolojisi üzerinde düzenleyici etkiye sahip olabilmektedir. Bitki tepkileri, UV-B'den koruma veya hasarın iyileştirilmesi ile

ilişkilidir (Pollastrini ve ark., 2011; Lidon ve ark., 2012, Shine ve Guruprasad, 2012; Hideg ve ark., 2013)

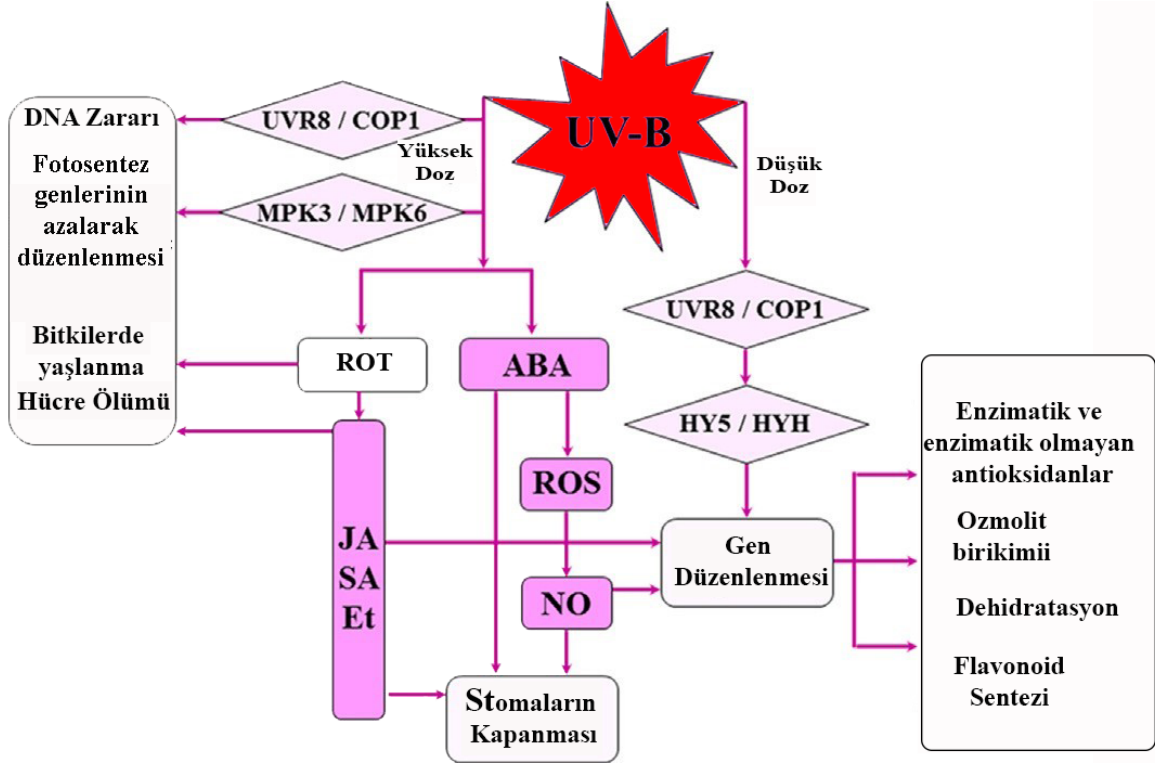
Düşük doz UV-B koşulları altında ROT seviyesi, antioksidan savunmasında yer alan genlerin aktivasyonunu tetikleyen UVR8 (UV-B algılama proteini), COP1 (bitki fotomorfogenezinin ana düzenleyici proteini) ve HY5/HYP transkripsiyon faktörlerini (fotoresptörün aşağısında hareket eden bir sinyalleşme merkezi ve fotomorfogenezin ana aracısı) içeren spesifik sinyal yolları aracılığıyla kontrol edilmektedir. Bununla birlikte, yüksek UV-B koşulları altında, yetersiz antioksidan temizleme kapasitesi, DNA'ya, proteinlere, fotosentetik aparatın bütünlüğüne ve fotosentetik genlerin aşağı regülasyonuna zarar veren ROT'un aşırı üretimine yol açar. ROT seviyelerinin yükselmesi aynı zamanda SA, JA ve etilenin sentezine yol açarak UV-B'ye karşı bitki savunma tepkilerini aktive edebilir (Bandurska ve ark., 2013).

Yüksek dozda UV-B'nin yapraklarda ABA konsantrasyonunun artmasını tetiklediğini ortaya koymuştur (Tossi ve ark., 2012). ABA, NADPH oksidaz aktivitesini ve H₂O₂ üretimini uyarır ve bu da antioksidan enzimlerinin ABA kaynaklı aktivasyonunda kilit bir rol olarak nitrik oksit (NO) üretiminin artmasına yol açar. Benzer şekilde NO, UVB kaynaklı stoma kapanmasında etilen ile etkileşime girebilir (Duan ve ark., 2008; Christie ve ark., 2012; Tossi ve ark., 2012; Bandurska ve ark., 2013; Vanhaelewyn ve ark., 2016; Li ve ark., 2018)

Artan UV-B radyasyonuna karşı bitki direnci, stresten kaçınma veya tolerans mekanizmalarından kaynaklanabilir. Stresten kaçınma, dallanmanın artması, bitki boyunun, yaprak yüzey alanının azalması, kütikula kalınlığında artış gibi bitkileri UV-B absorpsiyonundan koruyan mekanizmaları içerir. Epidermal hücrelerde flavonoid artışı ve hücre duvarlarında lignin birikmesi, dokuyu UV-B'ye karşı koruyan önemli kaçınma mekanizmalarıdır. Antioksidan sistemin artan aktivitesi, UV-B radyasyonuna tolerans sağlayan önemli bir mekanizmadır. Bu, askorbik asit, poliaminler, tokoferol, karotenoidler, alkaloidler ve flavonoidler gibi enzimatik olmayan antioksidanların birikimini ve ayrıca süperoksit dismutaz, katalaz, guaiakol peroksidaz, askorbat peroksidat, glutatyon redüktaz ve glutatyon peroksidazın yukarı regülasyonunu içerir (Bandurska ve ark., 2013; Robson ve ark., 2015; Sharma ve ark., 2017; Kumar ve ark., 2018; Schenke ve ark., 2019).

Genel olarak UV-B stresinin kütikula kalınlığında artış, daha düşük terleme oranı, artan

karotenoid seviyeleri, artan UV-B emici bileşiklerin birikmesi, büyüme inhibisyonu, fotosentetik aktivitede ve büyümede azalma gibi etkilere sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca fotosentetik mezofil tabakasına gelen UV-B miktarının odunsu yaprak döken türlerde ibreli türlere kıyasla daha fazla olduğu önceki çalışmalar ile ortaya konulmuştur. (Kenar, 2009). UV-B radyasyonuna bitki tepkisi Şekil 1.2’de verilmiştir.



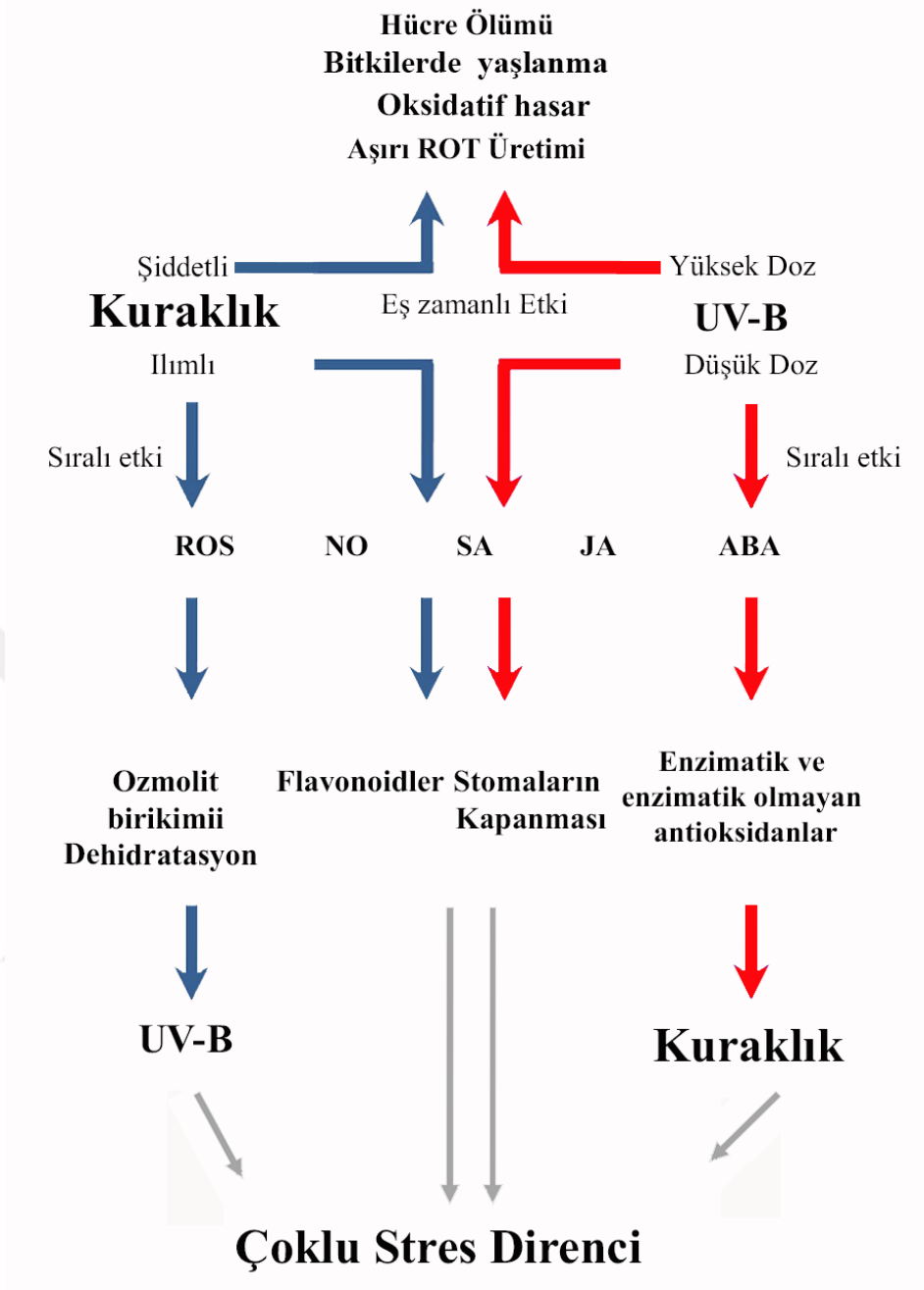
Kısaltmalar: UVR8/COP1, UV-B yanıtlarının düzenleyicileri; HY5/HYH, transkripsiyon faktörleri; MPK3/MPK6, mitojenle aktive olan protein kinazlar; ABA, absisik asit; et, etilen; JA, jasmonik asit; SA, salisilik asit, ROS, reaktif oksijen türleri, NO, nitrik oksit

Şekil 2.2. UV-B radyasyonuna bitki tepkisi (Bandurska ve ark., 2013).

Küresel iklim değişikliği ile birlikte hem UV-B radyasyonu hem de kuraklık seviyesinin önemli ölçüde artacağı ve bu durumun bitkilerde büyük oranda tür ve popülasyon kayıplarına sebep olacak bir süreç oluşturacağı belirtilmektedir (Varol ve ark., 2022b; Tekin ve ark., 2022). Kuraklık ve UV-B radyasyonun her birinin tekli etkisine maruz kalan bitkilerde, fizyolojik süreçlerin bozulmasına, büyümenin engellenmesine ve verimin azalmasına yol açan olumsuz değişikliklerin yanı sıra bir dizi benzer savunma mekanizmaları meydana gelmektedir. Kuraklık ve UV-B streslerinin birleşik etkisi, strese cevap yanıtlarını değiştirebilir. Bu iki stres birlikte olumsuz etkileri arttırabileceği gibi aynı zamanda direnci büyük ölçüde arttırarak etkileşime girebilirler. Bitkilerin tepkisi, türlerin veya çeşitlerin bu stres faktörlerine duyarlılığına, stres faktörlerinin yoğunluğuna,

maruz kalma süresine ve diğer çevre koşullarına bağlıdır (Kulaç, 2010; Torun 2012; Koç, 2019). Bununla birlikte, UV-B ve Kuraklık arasındaki etkileşime ilişkin yalnızca sınırlı literatür verileri vardır. Hem UV-B hem de kuraklık stresi, H₂O₂ ve NO oluşumuna ek olarak ABA, etilen, JA ve SA sentezini indükler. Bu moleküller, yaprak su ilişkisinin iyileştirilmesi (stomaların kapanması, osmolit birikimi), UV-B absorbe eden flavonoidlerin birikmesi, poliaminlerin sentezi, kuraklığa toleransın uyarılmasını sağlayan LEA proteinleri savunma mekanizmalarını aktive etmektedir. Tersine, uzun süreli etki veya şiddetli stres koşulları altında, antioksidan aktivitenin bozulmasına bağlı olarak artan ROT seviyeleri ve ayrıca etilen ve JA üretimi, fizyolojik aktivitenin inhibisyonu, ön yaşlanma, hasar ve bozukluklar gibi olumsuz sonuçlara neden olabilir (Ueda ve ark., 2011; Hideg ve ark., 2013; Bandurska ve ark., 2013; Bandurska ve Cieślak, 2013; Martínez-Lüscher ve ark., 2015; Yan ve ark., 2016; Alonso ve ark., 2016; Jamra ve ark., 2021). Kuraklık ve UV-B radyasyonunun birleşik etkisine bitki tepkisi Şekil 1.3’de verilmiştir.





Kısaltmalar: ABA, absisik asit; et, etilen; JA, jasmonik asit; SA, salisilik asit, ROS, reaktif oksijen türleri, NO, nitrik oksit.

Şekil 2.3. Kuraklık ve UV-B radyasyonunun birleşik etkisine bitki tepkisi (Bandurska ve ark., 2013).

2.2. UV-B VE KURAKLIK STRESİ KONUSUNDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Küresel iklim değişikliği ile birlikte giderek daha fazla gündeme gelmeye başlayan UV-B ve kuraklık stresinin bitkiler üzerine etkileri konusunda özellikle son yıllarda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bir kısmı aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Zheng ve ark. 2017 yaptıkları çalışmada *Catalpa bungei*'nin yarı kurak alanda zıt büyüme performanslarına sahip iki genotipinin, kuraklık ve kontrol (iyi sulama) koşullarına maruz bırakılmış ve bunların kuraklığa dayanıklılıkla ilgili morfolojik ve fizyolojik tepkileri incelenmiştir. Her iki genotipte de ana büyüme özellikleri kuraklık uygulamaları sonucunda önemli ölçüde baskılandığını belirlemişlerdir. Ek olarak, içsel su kullanım verimliliği her bir genotipin tekrar sulama işleminden sonra önemli ölçüde yükseldiği ve şiddetli kuraklıktan sonra hızlı büyümenin geri kazanılmasına katkıda bulunduğu görülmüştür. Her iki genotip de kuraklık altında su kayıplarını hafifletmek için yaprak anatomisi adaptasyonu ve gaz değişimi ayarı sergilemiştir. Bu sırada absisik asit (ABA) ve jasmonik asit (JA) değerleri yükselmiştir. Serbest prolin, çözünür şekerler ve glutatyon içerikleri de kuraklık koşullarında arttığını belirlemişlerdir.

Kebbas ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada *Gleditsia triacanthos* bitkileri üzerindeki su stresini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda bağıl su içeriğinde (RWC) kademeli olarak düşüş meydana gelmiştir. Öte yandan, *G. triacanthos* fidelerinde, erken prolin birikimi ile önemli bir ozmotik ayarlama göstermektedir. *G. triacanthos* stresli bitkiler, karotenoid oranını artırarak fotosistemlerini korumasının yanında klorofil a+b miktarında önemli bir azalmaya rağmen sabit bir klorofil a/b oranını koruduğunu bildirmişlerdir.

Gadoum ve ark. 2019 üç farklı *Ceratonia siliqua* L. Popülasyonunun üzerine 3 farklı sulama (%100 (kontrol) %60 (orta stres) ve %40 (şiddetli stres)) uygulanarak kuraklık stresinin morfolojik fizyolojik ve biyokimyasal değişimleri incelenmiştir. Elde ettikleri sonuçlarda, kuraklık stresinin yoğunluğundaki artışla birlikte stoma iletkenliğinde ve göreceli su içeriğinde önemli bir azalmanın meydana geldiğini belirlemişlerdir. Prolin ve çözünür şeker miktarında önemli bir artış meydana geldiğini bulmuşlardır. Klorofil ve karotenoid miktarında kuraklık uygulamalarının üç ekotip arasında önemli farklılıklar oluşturduğunu tespit etmişlerdir. İncelenen üç zıt popülasyonun kuraklık toleransı yeteneğinin farklı olduğu yapılan çalışma ile ortaya koymuşlardır.

Agarwal ve ark. 2005, kontrollü ortamda *Cassia auriculata* L. fidanlarına iki doz UV-B stresi (7.5 ve 15.0 kJm⁻²) uygulaması yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre lipid peroksidasyonu ve hidrojen peroksitte artış gözlemlenirken toplam klorofil ve fenol içeriğinde azalma ile birlikte oksidatif hasara neden olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca

UV-B stresinin, süperoksit dismutaz, katalaz, peroksidaz ve polifenol oksidaz aktivitesinde önemli artışlara yol açtığını belirlemişlerdir.

Ranjbarfordoei ve ark. (2011) 4 farklı UV-B radyasyonunun *Prunus dulcis*'in fotosentetik özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir, Çalışma kapsamında türün iki yaşındaki fidelerine dört farklı doz UV-B stresine, (0, 4.42, 7.32, 9.36 kJ/m²) maruz bırakmışlardır. UV-B stresinin bir dizi klorofil floresan parametrelerine, klorofil miktarına ve fotosentetik gaz değişim parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda Uygulanan, UV-B2 (7.32 kJ/m²) ve UV-B3 (9.36 kJ/m²) dozlarının net fotosentetik hızını önemli ölçüde engellenmesine neden olduğunu ve buna stoma iletkenliği ve terleme hızında bir azalmanın eşlik ettiğini belirlemişlerdir. Klorofil a, b ve toplam karotenoid miktarının artan UV-B stresinde önemli ölçüde azaldığı yaptıkları çalışmada ortaya koymuşlardır.

Bernal ve ark (2013), yaptıkları çalışmada UV radyasyonu (ortam UV-B miktarının 1.4 katı) ve kuraklığın (tarla kapasitesinde sulama ve tarla kapasitesinin yarı seviyesinde sulama) morfolojik fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerinin altı Akdeniz türünde incelemişlerdir. Çalışma süresini mayıstan ekime kadar gerçekleştirmişlerdir. UV olmadan veya UVA ile yetiştirilen bitkilere kıyasla UVA+UVB'ye maruz kalma, toplam yaprak kütlesini ve yaprak karotenoidlerini/klorofil a + b'yi arttırdığını belirtmişlerdir. Bitki büyümesi ile ilgili olarak, UV ve iyi sulama uygulamasının *Pistacia lentiscus*'un toprak üstü biyokütle üretimini engellediğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak UVB ilavesi sadece toplam yaprak kütlesindeki veya bitkilerin karotenoid/klorofil a + b oranındaki artış gibi fotokoruyucu tepkilere yol açtığını bulmuşlardır.

Alacık (2014) yaptığı çalışmada UV-B stresinin *Pinus sylvestris* L. üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda UV-B radyasyonu koşullarında incelenen sarıçam soylarının fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerinin hemen hemen optimum düzeyde devam ettiği ifade edilmiştir. Uygulanan UV-B stresinin hem süre hem de seviye olarak ilgili sarıçam soyları için ciddi bir stres oluşturmadığı görülmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, daha sonraki çalışmalarda farklı cevaplar veren bitki gruplarının karşılaştırmalı olarak araştırılarak farklılık mekanizmalarının ortaya konulmasının gerekliliğini göstermektedir.

Randriamanana ve ark. (2015), tarlada yetiştirilen *Salix myrsinifolia* fidanlarına üç yıl UV-B radyasyonuna ve yüksek sıcaklığa maruz bırakarak; üreme, fotosentez, büyüme,

fenolik konsantrasyonlarının cinsiyete bağlı farklılıklarını belirlemişlerdir. UV-B radyasyonun, sũrgũn biyokũtlesi, fotosentez ve ¼reme ¼zerinde sadece kũ¼¼k etkilere sahipken y¼ksek sıcaklığın, b¼y¼me ve ¼remeyi ¼nemli ¼l¼¼de artırdığını belirtmişlerdir. Gelişmiş UV-B radyasyonunun, erkeklerde biyokũtle ve yaprak kalınlığını azalttığını ve dişilerde yaprak fenoliklerinde UV-B radyasyonuna bağlı artışla birlikte, dişilerin erkeklere kıyasla UV-B'ye daha fazla toleransa sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Robson ve ark. (2015), *Betula pendula* Roth. fideleri ¼zerinde kuraklık ve UV-B uygulaması yapmıştır. Elde ettiği sonu¼lara g¼re, UVB altındaki h¼crelerde ozmolitlerin birikiminin meydana geldiğini belirlemişlerdir. Ek olarak, kuraklık uygulamalarının g¼¼l¼ olumsuz etkileri g¼neř UV radyasyonu ile kısmen iyileşirken, iyi sulanmış g¼m¼ři huş ağacı fideleri, aldıkları g¼neř UV radyasyonu nedeniyle biraz dezavantajlı olduğunu bildirmişlerdir.

Bernal ve ark (2015) yaptıkları ¼alıřmada UV radyasyonu (g¼nl¼k 2.5 ve 3.5 saat UV uygulaması) ve kuraklığın *Laurus nobilis* L. t¼rlerinde fide performansı, biyokũtle ¼retimi ve photoprotective mekanizmaları ¼zerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonu¼lara g¼re kuraklık+ UV-B stresi uygulamalarında daha fazla biyokũtle ¼rettiklerini belirlemişlerdir. Ayrıca *Laurus nobilis* fidelerinde kuraklığa bağlı olumsuz etkilerinin UV-B uygulaması ile iyileştirmesi, ¼zellikle d¼ř¼k su mevcudiyeti altında, *Laurus nobilis* fidelerinin su durumuna ve b¼y¼mesine fayda sağlayabileceğini ¼ne s¼rm¼řlerdir.

Ma ve ark. (2015) yaptıkları ¼alıřmada UV-B radyasyonu ve NaCl stresinin iki kavak t¼r¼ olan *Populus euphratica* ve *Populus russkii*'de antioksidan sistemi ve fotosentetik pigmentler ¼zerindeki etkilerinin araştırmışlardır. Yaptıkları ¼alıřmada UV-B (gelişmiş UV-B radyasyonu), NaCl (100 mmol/L NaCl), UV-B+NaCl (gelişmiş UV-B radyasyonu ve 100 mmol/L NaCl) olmak ¼zere d¼rt uygulama grubu bulunmaktadır. Elde ettikleri sonu¼larda gelişmiş UV-B radyasyonu ve NaCl stresi ile birlikte UV-B+NaCl kombine stresi uygulamalarının iki *Populus* t¼r¼n¼nde klorofil i¼eriđini, klorofil a / b oranını azalttığı, karotenoid miktarını arttırdığını bulmuşlardır. Bunlara ek olarak UV-B radyasyonu ve NaCl stresi ile birlikte UV-B+NaCl ¼oklu stres uygulamalarının *P. euphratica* ve *P. russkii*'nin yapraklarındaki lipid peroksidasyonu ve H₂O₂ miktarını anlamlı olarak artığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, UV-B+NaCl ¼oklu stres uygulamalarının, *P. russkii*'nin yapraklarındaki lipid Peroksidasyonu i¼eriđinin diğer

stres grupları ile karşılaştırıldığında önemli derecede daha az olduğu belirlenmiştir. Tüm stres uygulamalarının POD ve CAT aktivitelerini önemli ölçüde artığı ve POD aktivitesinin ise en fazla UV-B+NaCl stres uygulamalarında en yüksek seviyede olduğunu belirtmişlerdir. Ek olarak prolin ve çözünür protein içeriği, UV-B+NaCl stres uygulamalarında en yüksek miktarlarda olduğunu bulmuşlardır. Ma ve ark. (2015) yaptıkları çalışma sonuçlarına göre birden fazla stresin tek bir strese göre her iki türün hasar görme oranının daha az olduğunu ortaya koymuşlardır.

Moser ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada, kent ekosisteminde sıklıkla kullanılan *Tilia cordata* Mill. ve *Robinia pseudoacacia* L. türlerinin yıllık büyümesini ve kuraklık toleransını analiz etmişlerdir. Kuraklığa maruz kalınan dönem boyunca büyüme oranlarında belirgin düşüşler görülsede, kuraklık uygulaması sonrası *R. pseudoacacia* fidanlarında iyileşme görülmüştür. Fakat *T. cordata* türünün kuraklık uygulaması sonrasında da büyümesinde azalmalar devam etmiştir.

Yang ve ark. (2016) gelişmiş UV-B radyasyonunun *Populus yunnanensis* ve *Populus szechuanica*'nın türlerinde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada $2.5 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ve $5 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ doz UV-B uygulaması yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda UV uygulamalarının tomurcuk sayısı, klorofil b konsantrasyonu ve IAA, ZR ve ABA konsantrasyonu üzerinde çok az etkisi olduğunu, GA konsantrasyonunun önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. *Populus yunnanensis*'in bitki boyu, internod uzunluğu ve klorofil a ve toplam klorofil konsantrasyonu hem $2.5 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ hem de $5 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ tedavileri ile önemli ölçüde azalırken, Peroksidaz aktivitesinde (POD) çok az etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Buna karşılık, *Populus szechuanica* için, bitki boyu ve internodların uzunluğu sadece $5 \text{ kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ UV-B radyasyon uygulamasında önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışma ile yüksek rakımlarda yayılış gösteren *Populus szechuanica*'nın, düşük rakımdaki *Populus yunnanensis*'e göre gelişmiş UV-B radyasyonundan daha az etkilendiğini belirtmişlerdir.

Silva ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada *Olea europaea* L. bitkilerine kuraklık ve iki gün boyunca UV-B radyasyonu uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda kontrol ile karşılaştırdıklarında kuraklık uygulaması daha düşük nispi su içeriğine sahip olduğunu bulmuşlardır. Kuraklık+UV-B uygulamasının, kuraklık uygulamasına göre nisbi su içeriği bakımından daha pozitif yönde olduğunu bulmuşlardır. Kuraklık+ UV-B uygulamasının, kuraklık stresi altındaki bitkilerden daha yüksek fotosentetik pigment

içeriğine sahip olduğunu bulmuşlardır. Oksidatif durumla ilgili olarak, kuraklık+UV-B uygulaması benzer lipid peroksidasyon seviyelerine neden olduğu ve sadece hücre zarı geçirgenliği kuraklık stresi altındaki bitkilerden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Öte yandan, kuraklık stresi altındaki bitkiler daha yüksek seviyelerde antosiyaninler ve prolin miktarına sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Wang ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, bir ve iki yaşındaki *Camptotheca acuminata* fidanların üzerine farklı doz UV-B uygulaması yapmışlardır. Bir yaşındaki fidanlara 12 gün boyunca her gün 8 saat UV-B radyasyonu ve bir yaşındaki *C. acuminata* fidanlarına ise sırasıyla 12 gün boyunca her gün 2 saat, 4 saat, 6 saat ve 8 saat olacak şekilde kontrollü UV-B radyasyonuna maruz bırakmışlardır. Yaptıkları çalışmada Klorofil miktarı, lipid peroksidasyonu ve serbest prolin içeriği, yapraktaki SOD aktivitesini UV-B uygulamasına göre değişimini belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara da iki yaşındaki *C. acuminata* 'da klorofil miktarının önemli ölçüde azaldığı ve MDA ve prolin miktarının yüksek UV-B uygulamasında arttığını belirlemişlerdir. 8 saatlik UV-B radyasyonunun uygulamasının iki yaşındaki *C. acuminata* üzerinde büyük stres etkilerine neden olduğunu bulmuşlardır. Bir yaşındaki *C. acuminata* 'da, uygulanan UV-B dozlarındaki artışa bağlı, klorofil içeriği kademeli olarak azaldığı ve prolin miktarının önemli ölçüde arttığı; SOD aktivitesinin ise önce azaldığı, daha sonra arttığını belirlemişlerdir. 8 saatlik UV-B radyasyonunun bir yaşındaki *C. acuminata* üzerinde stres etkilerine neden olduğunu yaptıkları çalışmada ortaya koymuşlardır.

Diaz-Guerra ve ark., (2019) *Quercus suber* ve *Acer unedo* türleri üzerinde UV-B ve kuraklık stresleri uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçta *A. unedo* ve *Q. suber*'nin UV-B ve kuraklık stresine verilen yanıtlarda önemli farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda UV ve/veya sulama işlemlerine bitki tepkilerinin çoğunlukla türlere özgü olduğunu ve genellikle fidanlar ve yeniden filizlenen bitkiler arasında farklılık gösterdiğini bulmuşlardır.

Zhang ve ark (2020) UV-B yaptıkları çalışmada *Morus alba* L.'nin hem erkek hemde dişi fidanlarına kuraklık ve UV-B stresi uygulaması yapmışlardır. UV-B radyasyon dozu için dış ortamda ölçülen miktarın %10 fazlası uygulanmıştır. Sulama rejimleri ise üç ay boyunca tarla kapasitesini %100 ve %30'u seviyesinde tutulmuştur. Çalışma sonuçları kontrol ile karşılaştırıldığında, hem gelişmiş UV-B radyasyonu hem de kuraklık her iki cinsiyetin büyümesini önemli ölçüde engellediği ve iki stres faktöründen birinin,

diğerinin neden olduğu hasarı azaltan bitki savunma tepkilerini etkinleştirdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, gelişmiş UV-B radyasyonu ve kuraklık stresi kombinasyonuna maruz kaldıklarında, dişi fidanlarda biyokütle birikimi, net fotosentez hızı, antioksidan enzim aktiviteleri, antosiyanin içeriği, toplam yaprak alanı ve bağıl su içeriğinde önemli ölçüde daha düşük morfolojik artış olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra mezofil hücrelerinde erkek fidanlarına göre daha fazla hasar meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, artan UV-B radyasyonunun, kuraklık stresi altındaki dişi fidanlarda erkeklere göre olumsuz etkileri daha fazla artırdığını göstermiştir.

Doupis ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada kuraklık ve UV-B nin *Vitis vinifera* L. türü üzerine fizyolojik ve biyokimyasal etkilerini incelemişlerdir. Ortamda ölçülen miktarın %15 kadar fazla UV uygulaması ve iki farklı sulama rejimi (tarla kapasitesi ve tarla kapasitesinin yüzde 50 daha az) uygulamışlardır. Kuraklık ve UV-B radyasyonu kombinasyonunun gaz değişim özellikleri ve H₂O₂ üretimi üzerinde sinerjik bir etkiye sahip olduğu görünse de, fotosentezde biyokimyasal sınırlamaların gelişimini saptamışlardır. Diğer stres uygulamalarıyla karşılaştırıldığında, iyi sulanan ve UV-B uygulanan bitkilerde daha yüksek stoma iletkenliği ve fotosentetik hız sergilediğini belirtmişlerdir. Yüksek UV-B radyasyonu altında, süperoksit dismutaz (SOD) aktivasyonu, klorofil miktarında azalış ve karotenoidlerin gelişmiş sentezi bitkinin fizyolojik fonksiyonlarını sürdürmesine yardımcı olurken, kuraklık stresi bitkilerde UV-B seviyesinden bağımsız olarak daha fazla absisik asit (ABA) ve *trans*-zeatin-ribosidin (*t*-ZR) stoma tepkilerinde önemli role sahip olduğunu belirtmişlerdir.

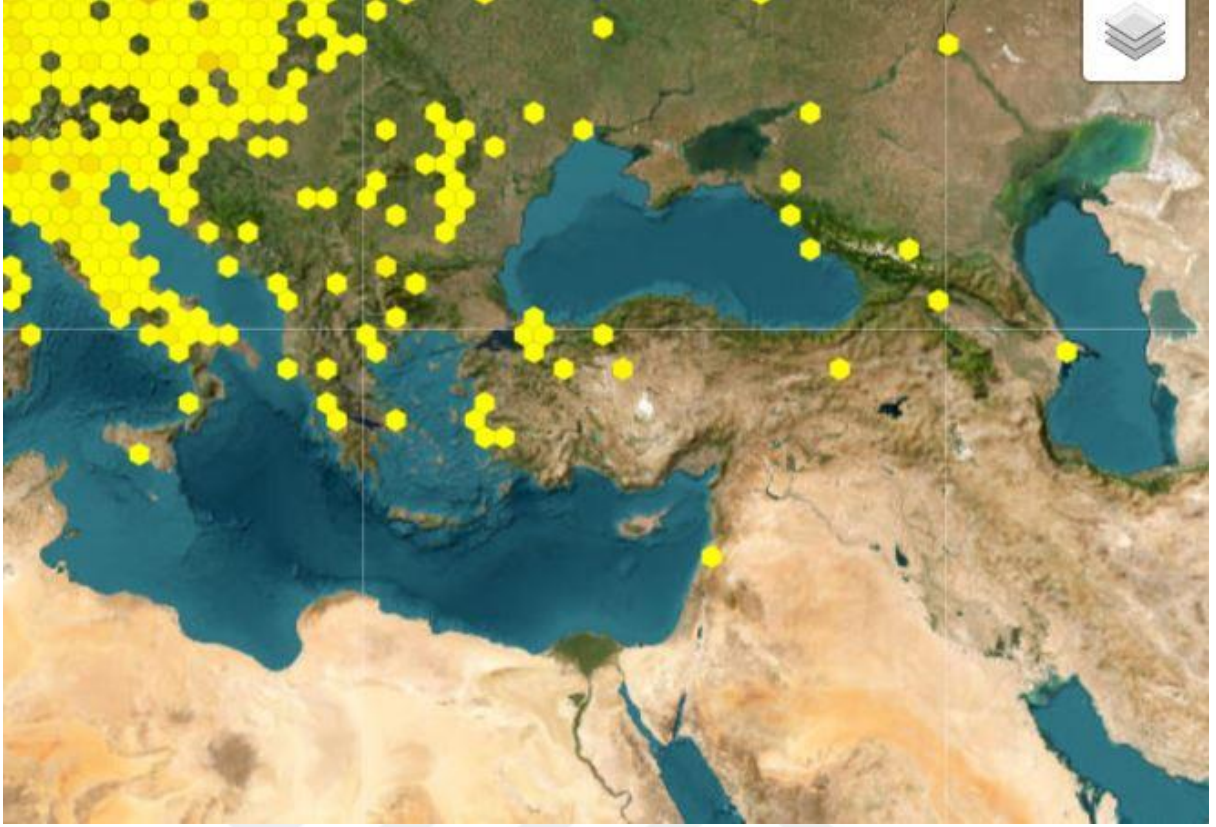
Dias ve ark (2020) yaptıkları çalışmada *Olea europaea* cv. Cobrançosa fidanlarına yüksek UV-B radyasyonu (12 kJ m⁻² d⁻¹) ve sıcaklık (40 °C) uygulaması yapmışlardır. Çalışama başında ve 30 günlük uygulama sonunda fizyolojik ve biyokimyasal ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Her iki stres uygulamasının fizyolojik performansının azalmasına, özellikle hücre zarı hasarlarına prolin miktarının artmasına ve aynı zamanda klorofil seviyelerinin azalmasına buna bağlı olarak klorofil floresansında azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, yüksek sıcaklık uygulamasının daha fazla olumsuz etkiye neden olduğunu, ayrıca karotenoid miktarının ve PSII'nin verimliliği (F0 artışı ile) azaldığını belirlemişlerdir. UV-B uygulamasının, daha yüksek lipid peroksidasyonun artışına, bazı stres koruyucu mekanizmaların aktivasyonu (toplam çözünebilir şeker ve prolin gibi bazı metabolitlerin artması) fotoinhibisyondan kaçınmaya neden olduğunu belirtmişlerdir.

2.3. ÇALIŞMAYA KONU TÜRLER

Bu çalışma üç adet ıhlamur (*Tilia*) türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Odunsu türler içinde önemli yere sahip olan ıhlamurlar (*Tilia* spp.) çoğunluğu ağaç, bazen de boylu çalı halinde kışın yaprağını döken odunsu bitkilerdir (Tuttu ve ark., 2017). Tepe kısmı seyrek, geniş ve yuvarlak şekildedir. Ihlamurlar çiçeklerinin hoş kokusu ve dekoratif yapısıyla park bahçelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Kabukları ve odunlarından çeşitli sektörlerde yararlanılan ıhlamurun çiçeği de önemli bir odun dışı orman ürünüdür (Baytop, 1999). Ülkemizde ıhlamur türleri 4 takson ile temsil edilir: büyük yapraklı ıhlamur (*T. platyphyllos*), Kafkas ıhlamuru (*T. rubra*), gümüşü ıhlamur (*T. tomentosa*), küçük yapraklı ıhlamur (*T. cordata*) (Davis, 1967). Bu türlerden *T. rubra* çalışmaya dahil edilmemiş, çalışma diğer üç tür üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tilia cordata, Avrupa'nın çoğunluğunda yayılış yapmaktadır. Gençken oldukça yavaş büyümesine karşılık 25 – 30 m boy büyümesi yapabilmektedir. Gövdesi koyu kahverengi ve olukludur. Yeni sürgünler yeşil ile kırmızımsı kahverengi renge sahiptir. Küçük yapraklı ıhlamur, büyük yapraklı ıhlamurdan yaklaşık iki hafta sonra yapraklanır ve altları mavimsi yeşil olan nispeten küçük yapraklara sahiptir. Yaprığın tabanı kalp şeklindedir ve genellikle eğimlidir. Yaprığın uç kısmı sivri bir noktaya doğru inceler (Rivers ve ark., 2017; USDA, 2015).

Küçük yapraklı ıhlamur, Avrupa, Kafkasya ve Rusya'da yoğun bir şekilde karışık meşcere oluşturmalarına rağmen saf meşceresi çok sınırlıdır. Tıbbi özellikleri nedeniyle Bulgaristan, Macaristan, Hırvatistan, Karadağ ve Polonya'da yoğun bir şekilde hasatı yapılmaktadır. Çiçek salkımları, toplanan ve kullanılan ana parçalardır ve bu ağacın ölümüne neden olmamasına rağmen üreme verimini azaltmaktadır. Ayrıca kentsel alanlarda çevre düzenlemesi sıklıkla tercih edilmektedir. Vejetatif olarak yenilenme özelliğine sahiptir. Karışık ormanlarda bir arada bulunduğu kayın ağaçlarının tomruk olarak tercih edilmesinden dolayı, son iki yüzyılda yayılışında önemli derecede düşüslere neden olarak bazı bölgelerde nadir görülmesine neden olmuştur (Michael, 2009; Plantfinder, 2018)



Şekil 2.4. *Tilia cordata* doğal yayılış alanı (Gbif, 2023).

Küçük yapraklı ıhlamur, yaprak döken karışık *Quercus* veya *Fraxinus* ormanlarında dik yamaçlarda, uçurumlarda, dağ geçitlerinde, vadilerde ve dağ zirvelerinde 30 m metre boy yapabilen bir türdür. Çeşitli toprak türlerinde büyüyebilir ve tohumla yenilenir (Online Atlas of the British and Irish Flora, 2012). Ayrıca vejetatif olarak rejenerasyon yeteneğine sahiptir. (European Medicines Agency 2012a). Kuzeydeki yayılımı, soğuğa ve dona karşı duyarlılığı ve güneydeki yayılımı ise kuraklık nedeniyle sınırlıdır. Bu tür, iklim koşullarına duyarlı olmakla birlikte dona ve kuraklığa tolerans göstermemektedir. Küresel iklim değişikliğinin fenolojik olayları değiştirdiği ve orman meşcerelerinin sağlığı üzerinde olumsuz etkisi olduğu da vurgulanmaktadır (De Jaegere ve ark., 2016).

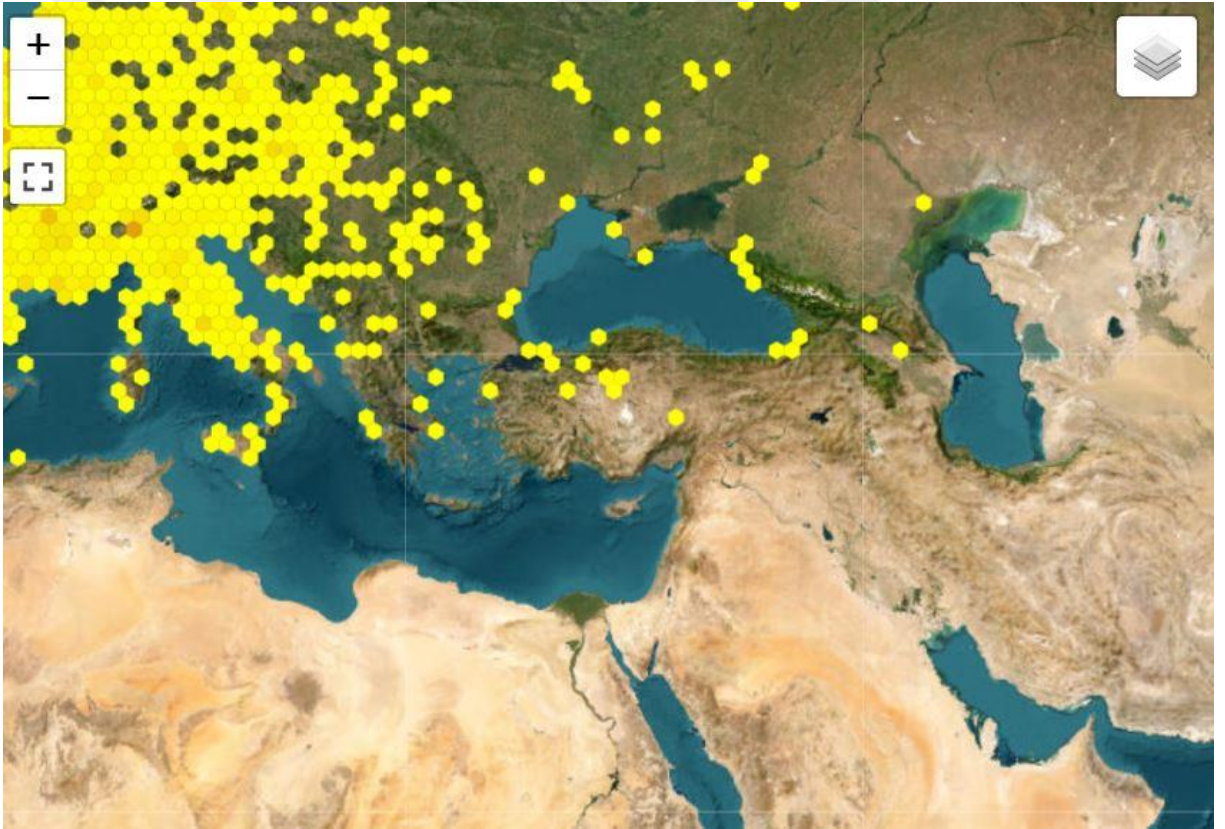
Büyük yapraklı ıhlamur (*Tilia platyphyllos*), Malvaceae familyasından 40 m kadar boy yapabilmektedir. Tepe çapı seyrek, geniş ve yuvarlaktır. Yaşlı gövdeler koyu renkte ve oluklu bir yapıya sahip olmasının yanında güçlü kazık kök yapısına sahiptir. Yeni oluşan sürgünler başta tüylü, parlak, zeytin yeşili ya da kıvılcık kahve rengindedir (Koç, 2019).

Yapraklar 6–12 cm uzunlukta olup çarpık yumurta ya da yürek biçimindedir. Yaprak kenarlarında düzenli bir şekilde sivri çıkıntılar bulunmaktadır. Yaprak yüzeyi koyu yeşil ve damarlar üzerinde tüyler bulunmaktadır. Alt yüzü mavimsi yeşil, tüylü ya da çıplaktır.

Damar açılarında beyaz tüyler bulunur. Yaprak sapı 2–5 cm uzunlukta tüylüdür. Yapraklar sonbahar’da altın sarısı bir renk alır (Eaton ve ark., 2016; Radoglou ve ark 2009).

Haziran sonu – Temmuz başında çiçek açar. Tohum olgunluğu Eylül-Ekim aylarıdır. Büyümesi hızlıdır. Filizlenme gücü yüksektir ve ışık ağacıdır. Sıcaklık isteği nispeten fazladır. (Ivanova ve ark., 2016)

Derin, serin yumuşak, besin ve madence zengin, ılımlı humuslu toprakları sever. Kireçli topraklarda da yetişmektedir. Tuzlu topraklardan kaçınır. Donlara ve kuraklığa karşı duyarlıdır. Güçlü kazık kök yapar, sığ ve fakir topraklarda kuvvetli yan kökler geliştirir, kuvvetli kök sürgünü verir. Türkiye’de Rize, Trabzon, Artvin ve Çanakkale civarında doğal olarak bulunur (Koç, 2019).



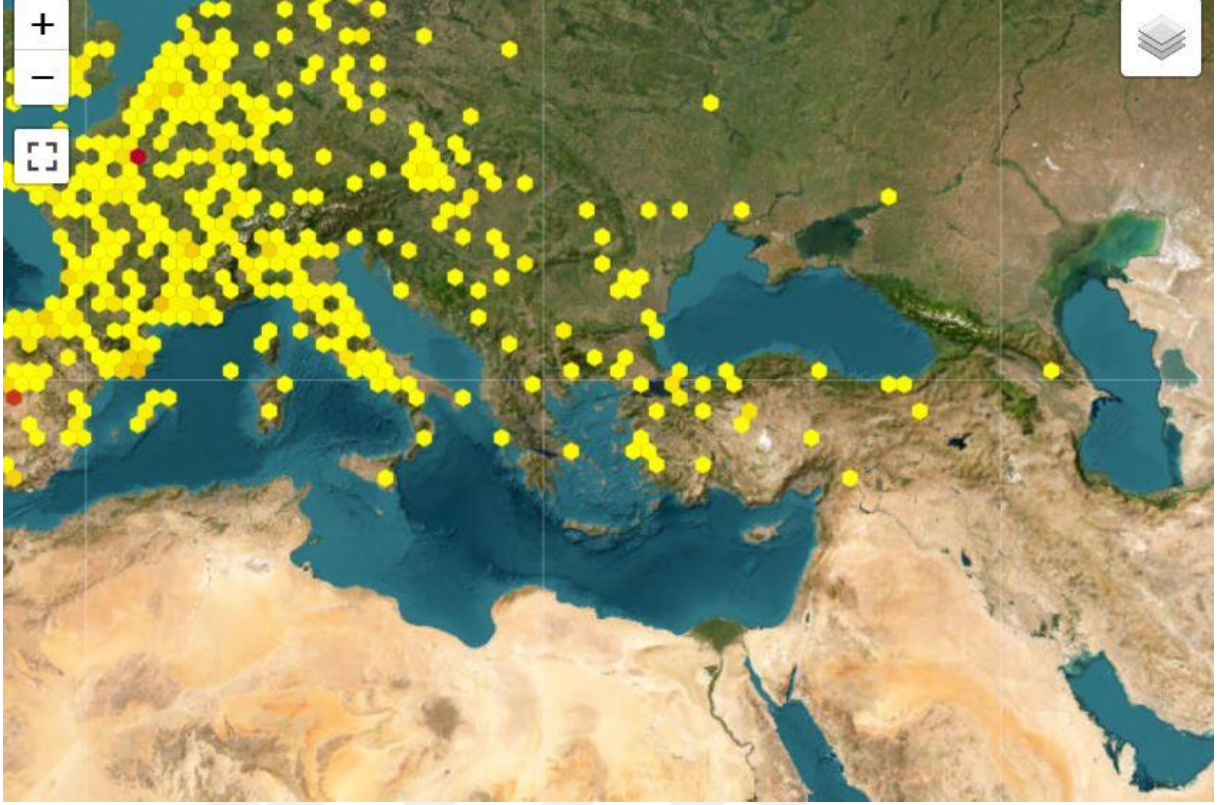
Şekil 2.5. *Tilia platyphyllos* doğal yayılış alanı (Gbif, 2023).

Gümüşi ıhlamur (*Tilia tomentosa*) 40 m’ye kadar boy yapan bir türdür. Gövde ve ana dalların kabuğu açık gri renkli, genç ağaçlarda boyuna yönde düzgün ve sığ oluklu, yaşlandıkça boyuna yönde koyu gri veya siyah çatlaklı yapıdadır. Yeni oluşan genç sürgünleri tüylüdür. Tomurcukları 2-3 pulludur ve dış kenarları tüylüdür. Genel olarak 7-

13 cm uzunluğunda ve 5-10 cm genişliğinde yapraklara sahiptir. Yaprak ucu aniden sivrilmekle birlikte kenarları testere dişine benzeyen çıkıntılara sahiptir. Yaprak ayasının üst yüzü tüysüz ve koyu yeşil, alt yüzü ise tamamen beyazımsı yıldız tüylerle kaplıdır. Yaprak sapı tüylüdür. Aşağı doğru sarkık olan çiçekleri Haziran sonu-Temmuz başında açmaktadır. (Krüssmann, 1978; Browicz, 1968; Toker ve ark., 1997; Yaltrık ve Efe, 2000; Demir, 2003; Pigott, 2012). Gümüşi ihlamur ana yayılışını güneydoğu Avrupa ve Anadolu'nun kuzeybatı kısmında yapmaktadır. Bölgesel olarak en geniş yayılış alanı Balkanlar, Romanya, Batı Ukrayna, Bulgaristan ve Sırbistan'dır. Türün kuzey sınırı Macaristan'ın güneyine, batı sınırı Slovenya, Hırvatistan, Karadağ, Arnavutluk'a kadar, güney sınırı Makedonya'dan Mora Yarımadası'na kadar, doğu sınırı ise Türkiye'nin batı kısmına kadar yayılış göstermektedir (Şekil 2.1) (Pigott, 2012).

Gümüşi ihlamurun Türkiye'deki yayılış alanı ise, Kuzeybatı Anadolu'dan Karabük'ün doğusuna kadar Karadeniz boyunca en geniş yayılış yaparken; Balıkesir, İzmir ve Uşak ile en güneyde Amanos Dağları'nın kuzeyine kadar izole olmuş birkaç lokasyonda bulunmaktadır. Karadeniz boyunca deniz seviyesinden başlayarak Amanos Dağları'nda 750-1500 metrelere kadar çıktığı görülmektedir. (Pigott, 2012).

Meşcere siperi altında doğal olarak gençleşmektedir. Kök sürgünü verme yeteneği hayat stratejisinin bir parçasıdır ve rekabet gücünü artırarak diğer türlere karşı bir avantaj sağlamaktadır. Ihlamur türleri ya kayın, meşe, gürgen, akçaağaç, karaağaç, dişbudak ve kızılbaş gibi yapraklı türlerle ya da Avrupa ladini, sarıçam, porsuk ve Orta Avrupa göknarı gibi ibrelili türler ile ekolojik koşullara ve coğrafi bölgelere bağlı olarak karışım yapmaktadır. Kayın ile karşılaştırıldığında ihlamurlar 50 yaşına kadar kayına göre çok hızlı bir büyüme göstermektedir. (Radoglou ve ark., 2008).



Şekil 2.6. *Tilia tomentosa* doğal yayılış alanı (Gbif, 2023).

Küresel iklim değişikliğinin ve artan kentleşmenin sonucu olarak ortaya çıkan kentsel ısının bitki büyümesi ve canlılığı üzerindeki artırılmış etkisine maruz kalan ıhlamur (*Tilia*) Orta Avrupa şehirlerinde savunmasız bir kentsel ağaç türü haline gelecek, sınırlı alanlarda yayılış yapan doğal popülasyonları ise yok olma tehdidiyle karşı karşıya kalabilecektir. Özellikle şu anda yaz mevsiminde yağışların düşük olduğu ve gelecekteki iklim koşullarının artan sayıda ve yoğunlukta kuraklıklar gösterebileceği ılıman şehirlerde, *T. cordata* Mill. gibi ağaç türleri ciddi şekilde zarar görecektir (Zhang ve ark., 2019).

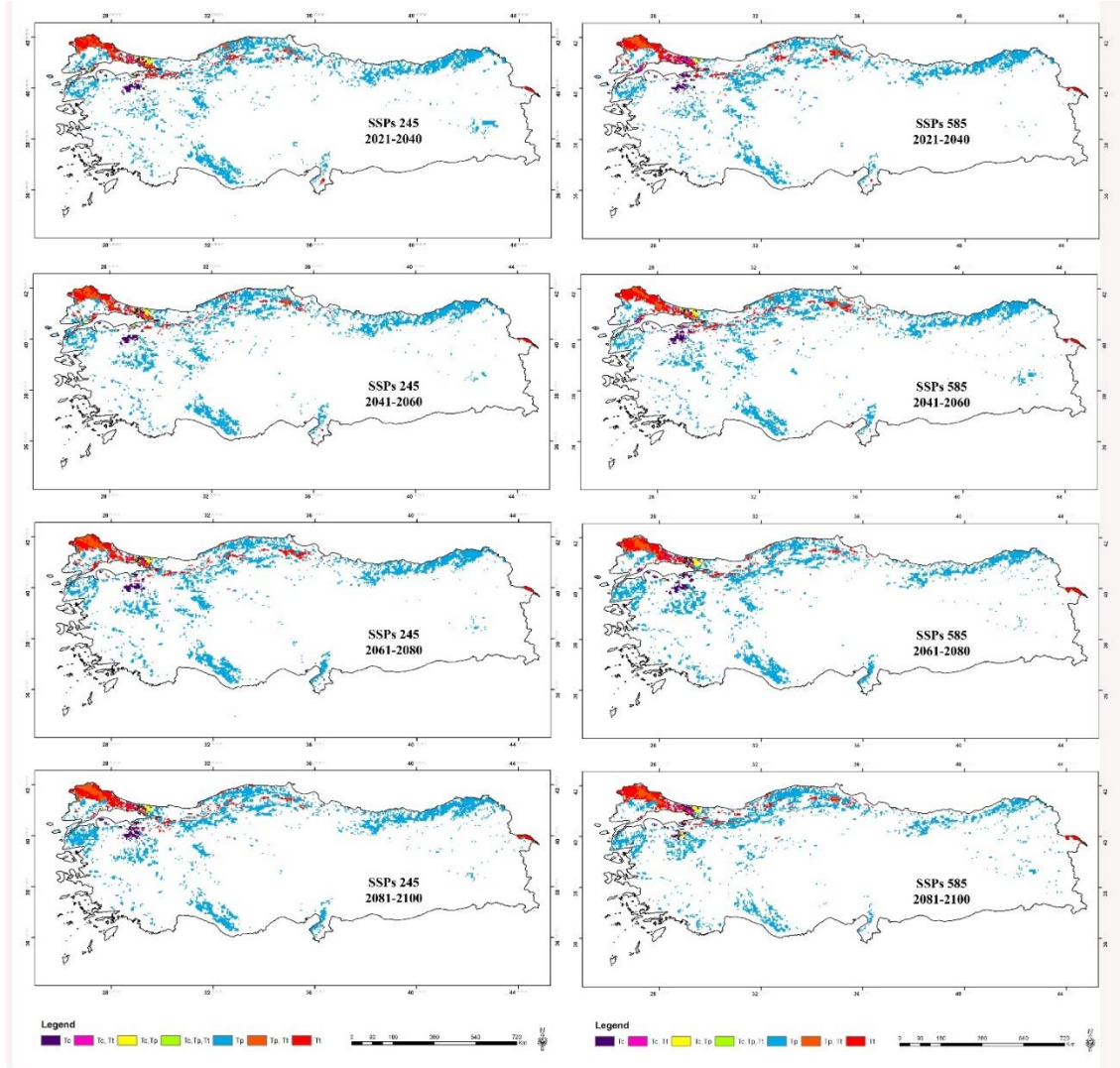
Yapılan literatür taramasında ıhlamur için yapılmış kuraklık stresi çalışmaları kısıtlı sayıda olduğu belirlenmiştir. Oysa bu türler hem doğal popülasyonlarının sınırlı yayılış alanına sahip olması, hem de kentsel alanlarda en duyarlı türlerden olmaları sebebiyle küresel iklim değişikliğine bağlı olarak oluşabilecek kuraklık ve UV-B artışından en fazla etkilenecek türlerdendir. Bundan dolayı bu süreçte birey ve meşçere bazında kayıplarının oluşması kaçınılmazdır. Bununla birlikte sosyal, ekonomik ve ekolojik açıdan son derece önemli olan bu türlerin küresel iklim değişikliğine bağlı kuraklık ve UV-B artışından hangi düzeyde etkileneceği ve bu etkinin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde

hangi seviyede olacağının belirlenmesi, sürece hazırlıklı olunması ve türün korunması bakımından büyük önem taşımaktadır. Bu sebeplerle bu çalışmada kuraklık stresi ve UV-B stresi uygulanmış gümüşi ıhlamur (*Tilia tomentosa* Moench.), küçük yapraklı ıhlamur (*Tilia cordata* Mill.) ve büyük yapraklı ıhlamur (*Tilia platyphyllos* Scop.) türlerinde strese karşı göstermiş olduğu tepkilerin çok yönlü olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2.4. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ÇALIŞMAYA KONU TÜRLERİN DOĞAL YAYILIŞI ÜZERİNE ETKİSİ

Türkiye, iklim değerikliğinin etkilerinin en fazla hissedileceği ülkeler arasında olup, “*risk altındaki ülkeler*” arasında yer almaktadır (UNDP, 2019). 2100 yılına kadar sıcaklığın Türkiye genelinde artacağı ve bu artışın 6 °C'yi bulabileceği öngörülmektedir (Dalfes ve ark., 2007). Ayrıca Türkiye'nin kuzey yarısında meydana gelecek yaz yağışlarının güney yarısına kıyasla çok daha büyük bir düşüş yaşayacağı tahmin edilmektedir (Talu ve ark., 2011). Bu değerimden en fazla etkilenecek türler arasında ıhlamurlar da yer almaktadır.

Çalışmaya konu *Tilia* türlerinin mevcut potansiyel yayılış alanları ile gelecek (2040, 2060, 2080 ve 2100) projeksiyonları kapsamında uygun yayılış alanlarının değerimi SSPs245 ve SSPs 585 senaryolarına göre değerlendirilerek Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 2.7. Çalışmaya konu türlerin uygun yayılış alanlarının değişimi

SSPs 245 senaryosuna göre 2100 yılına doğru *Tilia cordata*'nın özellikle Güney Marmara'daki yayılış alanının bir miktar artacağı buna karşın batı Marmara'daki halen sınırlı düzeyde olan yayılış alanlarının ise neredeyse tamamen ortadan kalkacağı belirlenmiştir. *Tilia tomentosa*'nın ise güney Anadolu (Hatay) ve Karadeniz bölgesindeki yayılış alanlarında önemli düzeyde azalma meydana gelirken Trakya bölgesinde potansiyel yayılış alanlarının artacağı görülmektedir. *Tilia platyphyllos*'un ise Doğu Anadolu'daki yayılış alanlarında büyük kayıplar yaşanacak, Karadeniz bölgesindeki yayılış alanlarında da kayıplar görülecek, Trakya ve Çanakkale civarındaki uygun yayılış alanlarında ise artışlar olacaktır. SSPs 585 senaryosuna göre ise ilerleyen yıllarda en büyük kayıplar *Tilia cordata*'nın Güney Marmara'daki, *Tilia tomentosa*'nın Karadeniz bölgesindeki, *Tilia platyphyllos*'un ise hem Güney Anadolu, hem de Doğu Karadeniz

bölgesindeki yayılış alanlarında görülecektir. Bununla birlikte her iki senaryoya göre türlerin tamamı için en uygun yayılış alanlarının İstanbul civarında yer aldığı görülmektedir. Çalışmada kullanılan modellere göre *Tilia* türlerinin mevcut potansiyel yayılış alanları ile gelecek projeksiyonları kapsamında elde edilen model sonuçları Tablo 2. 1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Türlerin uygun yayılış alanlarının (km²) değişimi.

Tür	Günümüz	2040		2060		2080		2100	
		SSPs245	SSPs585	SSPs245	SSPs585	SSPs245	SSPs585	SSPs245	SSPs585
Tt	11628,9	11665,9	12270,2	10374,7	13485,4	11652,6	10977,7	11585,4	11900,9
Tp	70566,1	70129,9	59303,2	71025,5	69226,3	68604,1	67729,5	72337	60612,5
Tc	2395,2	2702,5	2652,1	2219,5	2354,1	2286,8	3441	2942,6	1947,1
Tt+Tp	3716,6	4297,1	3592,1	4422,3	3867,4	4472,7	3323,5	4186,9	4045,3
Tt+Tc	379,9	486,8	1393,2	369,9	672,6	235,4	453,2	504,4	587,5
Tp+Tc	941,5	1107,8	402,9	1160,2	790,3	773,5	1191,8	823,9	1258,9
Tt+Tp+Tc	16,5	218,2	100,7	235,4	134,5	0	50,4	151,3	50,4

Tc: *Tilia cordata*, Tp: *Tilia platyphyllos* Tt: *Tilia tomentosa*,

Türlerin uygun yayılış alanlarının değişimi incelendiğinde SSPs245 modeline göre saf *Tilia tomentosa* (Tt) uygun yayılış alanları 2060 yılına kadar bir miktar azalacağı, daha sonra bir miktar artacağı ancak günümüzdeki uygun yayılış alanlarına kıyasla uzun vadede önemli bir değişiklik olmayacağı öngörülmektedir. Saf *Tilia platyphyllos* (Tp) uygun yayılış alanlarında kısmi ve sınırlı değişiklikler görülecek, Saf *Tilia cordata* (Tc) uygun yayılış alanlarında da öncelikle bir azalma ve sonrasında da artış meydana gelecektir. Türlerin karışımı için uygun alanlarda da genel olarak bir artış görüleceği söylenebilir. SSPs585 senaryosuna göre ise Tt uygun yayılış alanında 2100 yılına doğru önce bir azalma ve sonrasında artış öngörülürken Tp ve Tc uygun yayılış alanlarında 2100 yılına gelindiğinde önemli ölçüde azalma olabileceği öngörülmektedir. Bu azalmanın günümüze kıyasla Tt’de %4’e (günümüzde 2395,2 km² iken 2100 yılında SSPs245 senaryosuna göre 11585,4 km²’ye düşmektedir), Tp’de %15’e (günümüzde 70566,1 km² iken 2100 yılında SSPs585 senaryosuna göre 60612,5 km²’ye düşmektedir) ve Tc’de %19’a (günümüzde 2395,2 km² iken 2100 yılında SSPs585 senaryosuna göre 1947,1 km²’ye düşmektedir) yakın olacağı öngörülmektedir (Table 2). Türlerin karışım yapması

için uygun alan miktarlarında ise bir miktar artış olacağı öngörülmekle birlikte günümüzde bu alanlar halen sınırlı miktarda olduğundan ve toplam yayılış alanı içerisindeki payı oldukça düşük olduğundan söz konusu artışın önemli bir etkisinin olmayacağı söylenebilir. Örneğin Tp’de öngörülen %15’lik kayıp yaklaşık 10.000 km² yayılış alanına tekabül ederken her üç türün yayılışı için uygun olan alanlardaki %300’ün üzerindeki artış sadece 33,9 km²’lik bir artışa karşılık gelmektedir. Çalışmaların sonuçları iklim değişikliğine bağlı olarak ıhlamurun yayılış alanlarında her üç türde de değişiklikler olacağını, bu değişikliğin Tp’de %15’lik bir kayıpla neticelenebileceğini ve bunun da yaklaşık 10.000 km² yayılış alanı kaybı anlamına geleceğini göstermektedir. Fakat daha da önemlisi çalışma sonuçları, her üç türün de uygun yayılış alanlarında artış ve azalışlar olacağını, bu değişimin de kısa süreçler içerisinde ve önemli ölçüde gerçekleşeceğini göstermektedir. Örneğin Tt’de halen 11628,9 km² civarında olan uygun yayılış alanı SSPs245 senaryosuna göre 2060 yılında 10374,7 km² ye düşecek, 2100 yılında ise tekrar 11585,4 km² seviyesine yükselecektir. Benzer şekilde günümüzde 70566,1 km² uygun yayılış alanına sahip Tp’nin uygun yayılış alanı SSPs585 senaryosuna göre 2040 yılında 59303,2 km² ye düşecek, 2100 yılında ise 72337,0 km² seviyesine çıkacaktır. Türlerin doğal yayılış alanlarındaki bu değişim, uygun yayılış alanlarının azalacağı 2040-2060 yıllarında popülasyon kayıplarına sebep olabilecek ancak, 2100 yılında uygun yayılış alanı miktarında artış olsa da türler doğal süreç içerisinde bu alanlarda yayılış yapamayacaktır.

Bu durumda türlerin bu süreçte ihtiyaç duyacakları göç mekanizmasının insan eliyle sağlanması gerekecektir. Bu sonuç konu ile ilgili yapılan benzer çalışmalarda da elde edilmiş ve Gomez-Pineda ve ark., (2020) Meksika’da alçak rakımlardaki *Pinus oocarpa*’nın uygun yayılış alanlarının önemli ölçüde artacağını ancak, kozalaklı ağaçların, popülasyonları adapte oldukları iklimlerle telafi etmek için rakımsal olarak yukarı doğru göç etmek için insan yardımına ihtiyaç duyacaklarını belirtmektedir. Benzer öneriler *Tilia cordata* için de sunulmaktadır (De Jaegere ve ark., 2016).

Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda biyotada geniş aralıklı değişikliklerin meydana geleceği belirtilmektedir (Maiorano ve ark., 2011; Ruiz-Labourdette ve ark., 2012; Rojas-Soto ve ark., 2012). Farklı modeller *Tilia cordata* yayılış alanlarının iklim değişikliğinin etkisiyle kuzeye doğru genişleyeceğini ve iklim değişikliğine bağlı olarak potansiyel yayılış alanlarının önemli ölçüde artacağını öngörmektedir (Koca ve ark., 2006; Seppa ve ark., 2009). Küresel iklim değişikliğinin etkisiyle sıcaklıkların artması sonucunda Kuzey

alanlarda, *Picea abies* ve *Pinus sylvestris*'in yayılış alanlarını kaybedeceği, *Fagus sylvatica*, *Quercus* sp., *Betula pendula* ve *Tilia cordata* gibi yaprak dökün geniş yapraklı ağaç türlerinin de kuzeye doğru genişlemek ve ekolojik olarak daha rekabetçi hale gelmek için daha yüksek sıcaklıklardan ve daha uzun büyüme mevsiminden faydalanabileceği belirtilmektedir. Ancak bazı bölgelerde örneğin İtalyan Yarımadası'nda iklim değişikliğinin, orman örtüsünde önemli bir azalmaya yol açabileceği ve bunun da *Tilia cordata* popülasyonunu büyük ölçüde azaltabileceği öngörülmektedir (De Jaegere ve ark., 2016).

Geleceğe yönelik iklim projeksiyonlarında ise 2100 dönemine kadar Türkiye'de yıllık sıcaklığının ülke genelinde artacağı, yağışların Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyıları boyunca azalacağı öngörülmektedir (Dalfes ve ark., 2007). Ayrıca Türkiye'nin kuzey yarısının yaz yağışlarında güney yarıdan çok daha büyük bir düşüş yaşanacağı tahmin edilmektedir (Talu ve ark., 2011). Dünyanın farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda, iklimsel parametrelerde değişimin genel olarak sıcaklıkların artması ile türlerin yayılış alanlarının kuzeye doğru kayması sonucunu doğuracağı belirtilmektedir (Yu ve ark., 2006; De Jaegere ve ark., 2016). Bu durum birçok bölgede rekabet koşullarını değiştirecek ve bazı ağaç türleri için uygun yayılış alanları ortadan kalkarken bu alanlar başka ağaç türleri için uygun yayılış alanları haline gelecektir (Dyderski ve ark., 2018).

Küresel iklim değişikliğinin ortalama sıcaklıklarda artışa sebep olacağı bu durumun ormanlık alan miktarında da artış sonucunu doğuracağı belirtilmektedir (Popp ve ark., 2017; Rogelj ve ark., 2018; Cetin ve ark., 2023). Bu süreçte meydana gelmesi öngörülen değişikliklerin kısıtlı bir zaman diliminde meydana gelecek olması en fazla bitkileri ve özellikle de orman ağaçlarını etkileyecektir. Bunun sebebi ağaçların etkin bir göç mekanizmasına sahip olmamasıdır. Büyük tohumları sebebiyle kısa dağılım mesafesine sahip türlerde yayılma, ana ağacın etrafındaki alanla sınırlıdır ve neredeyse bütün türler için dağlar ve nehirler gibi coğrafi engeller de yayılış imkanını daha da kısıtlamaktadır (Ning ve ark., 2021). Bu durum birçok türün küresel iklim değişikliği sürecinde uygun yayılış alanlarına göç edebilmesini neredeyse imkânsız kılmaktadır.

Bundan dolayı bu süreçte türler için değişen uygun yayılış alanlarının belirlenerek göç mekanizmasının insan eliyle sağlanması gerektiği çeşitli çalışmalarda dile getirilmekte (De Jaegere ve ark., 2016; Varol ve ark., 2021), geleneksel yerinde koruma önlemlerinin büyük oranda eylemsizliğe eşdeğer olduğu ve bu nedenle mevcut orman

kompozisyonlarını koruyamayacağını belirtmekte, (Gomez-Pineda ve ark., 2020) ve ormancılık uygulamalarında yardımcı göç yönetim sisteminin, ağaçlandırma programlarına dahil edilmemesi durumunda, bazı türlerde önemli populasyon ve hatta tür kayıpları olabileceği vurgulanmaktadır (Ning ve ark., 2021; Gomez-Pineda ve ark., 2021).

Küresel iklim değişikliği sürecine bitkilerin tepkisinin birçok faktörün etkisiyle şekilleneceği düşünülmektedir. Bitkilerin fenotipik özellikleri ve büyüme performansları genetik yapı ile çevre şartlarının karşılıklı etkileşimi sonucunda şekillenmektedir (Hrivnák ve ark., 2017; Sevik ve ark., 2020; Ozel ve ark., 2021). Çevresel faktörlere bitkinin tepkisi, bitkinin genetik yapısı ile yakından ilgilidir ve aynı türe ait bitkiler farklı genetik yapıya sahip olduklarından dolayı aynı yetiştirme koşullarına ve stres koşullarına farklı düzeyde tepki verebilmektedir (Topacoglu ve ark., 2016; Yigit ve ark., 2016; Sevik ve ark., 2019). Küresel iklim değişikliği sürecinin en belirgin etkisinin sıcaklık artışı ve yağışlarda azalma şeklinde kendini göstereceği öngörülmektedir (Varol ve ark., 2021; Koç, 2022) ve bu faktörler pek çok ağaç türünün yayılışını sınırlayan temel etkenlerdir (Ning ve ark., 2021). Dolayısıyla bu faktörlere bağlı olarak oluşacak stres faktörlerine en iyi direnç gösteren ve uyum sağlayan türlerin ve orijinlerin hayatta kalma şansı artacak ancak, bu süreç hem değişen şartlara uyum sağlayamayan türlerin ve hem de dirençli genetik yapıya sahip olmayan bireylerin elimine olması ile sonuçlanacağından tür ve populasyon kayıpları yanında gen havuzunda da daralma sonucunu doğuracaktır.

Küresel iklim değişikliğinin orman ağaçları üzerine doğrudan etkileri yanında dolaylı etkilerinin de olacağı belirtilmektedir. Bazı zararlı böcek ve mantarların yayılışı (Toczydlowski ve ark., 2020; Canelles ve ark., 2021), orman yangınlarında artış (Ertugrul ve ark., 2021), su ve besin bulunabilirliğinde meydana gelecek değişiklikler, yağış rejimindeki değişimlere bağlı olarak sızıntı ve erozyon nedeniyle toprak kayıpları gibi faktörler (Peñuelas ve ark., 2018), coğrafi engeller, tarım ve mera alanlarının değiştirilmesi gibi antropojenik etkenler (Singh ve ark., 2020; Örucü ve Akyol, 2019) veya rekabetçi türler gibi faktörlerin etkisiyle de türlerin yayılış alanlarında önemli değişiklikler söz konusu olabilecektir (Dyderski ve ark., 2018; Varol ve ark., 2021). Dolayısıyla türlerin küresel iklim değişikliğinin etkileri sonucunda maruz kalacakları stres faktörlerinden ne düzeyde etkileneceğinin belirlenmesi, bu sürece en az hasarla adapte olunması açısından en önemli adımı oluşturmaktadır.

Bu süreç ile birlikte meydana gelecek kuraklık ve UV-B radyasyonunun bitkiler için önemli derecede sorun teşkil edebileceği bilinmektedir. Çünkü bitkiler, diğer birçok canlının aksine etkin bir hareket kabiliyetine sahip değildir. Bundan dolayı, küresel iklim değişikliğinin bitkiler üzerindeki etkisinin belirlenerek sürece hazırlık yapılması ve gerekli önlemlerin alınması pek çok açıdan büyük önem taşımaktadır.

2.5. Çalışmanın Amacı

Küresel iklim değişikliğinin ve artan kentleşmenin sonucu olarak ortaya çıkan kentsel ısının bitki büyümesi ve canlılığı üzerindeki artırılmış etkisine maruz kalan ıhlamur Orta Avrupa şehirlerinde savunmasız bir kentsel ağaç türü haline gelecek, sınırlı alanlarda yayılış yapan doğal popülasyonları ise yok olma tehdidiyle karşı karşıya kalabilecektir (Moser ve ark 2016; Gillner ve ark., 2013). Özellikle şu anda yaz mevsiminde yağışların düşük olduğu ve gelecekteki iklim koşullarının artan sayıda ve yoğunlukta kuraklıklar gösterebileceği ılıman şehirlerde, *T. cordata* Mill. gibi ağaç türleri ciddi şekilde zarar görecektir (Moser ve ark 2016; Zhang ve ark., 2019).

Yapılan literatür taramasında ıhlamur için yapılmış kuraklık stresi çalışmaları kısıtlı sayıda olduğu belirlenmiştir. Oysa bu türler hem doğal popülasyonlarının sınırlı yayılış alanına sahip olması, hem de kentsel alanlarda en duyarlı türlerden olmaları sebebiyle küresel iklim değişikliğine bağlı olarak oluşabilecek kuraklık ve UV-B artışından en fazla etkilenecek türlerdendir (Zhang ve ark., 2019; Gillner ve ark., 2013). Bundan dolayı bu süreçte birey ve meşçere bazında kayıplarının oluşması kaçınılmazdır. Bununla birlikte sosyal, ekonomik ve ekolojik açıdan son derece önemli olan bu türlerin küresel iklim değişikliğine bağlı kuraklık ve UV-B artışından hangi düzeyde etkileneceği ve bu etkinin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde hangi seviyede olacağını belirlenmesi, sürece hazırlıklı olunması ve türün korunması bakımından büyük önem taşımaktadır. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada kuraklık stresi ve UV-B stresi uygulanmış gümüşü ıhlamur (*T. tomentosa* Moench.), küçük yapraklı ıhlamur (*T. cordata* Mill.) ve büyük yapraklı ıhlamur (*T. platyphyllos* Scop.) türlerinde strese karşı göstermiş olduğu değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

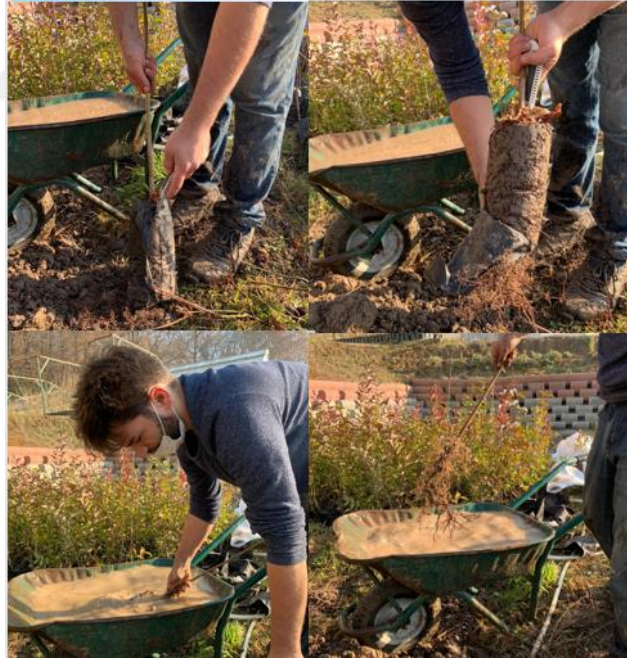
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada Türkiye'nin doğal ihlamur türleri olan *T. cordata* Mill., *T. tomentosa* Moench. ve *T. platyphylla* Scop.'un iki yaşındaki fidanları kullanılmıştır. *T. cordata* Mill. ve *T. platyphyllus* Scop. fidanları Ordu Orman işletme fidanlığından, *T. tomentosa* Moench fidanları ise Hendek Orman işletme fidanlığından temin edilmiştir. Çalışmaya konu türlerin 2+0 yaşlı fidanları 2020 yılı Kasım ayında temin edilerek Düzce Üniversitesi Araştırma serasına getirilmiştir.

Uygulamalar başlamadan önce, tüm fidanların aynı yetiştirme ortamına sahip olmamasından dolayı 1:1:1 oranında torf, orman toprağı ve perlit karışımı hazırlanmıştır. (Şekil 3.1). Toprak içeriğinin hazırlanmasında ihlamurun ekolojik istekleri dikkate alınmıştır. Ihlamur serin, verimli, kireçli toprakları sevmesinin yanında bol humuslu kumlu topraklarda da yetişebilir (Ürgenç, 2001; Langenbruch ve ark., 2012). Toprak karışımında humus olarak torf kullanılmış ve toprak serinliğini arttırmak içinde perlit kullanılmıştır. Ihlamur yetişmesi için uygun toprak hazırlığı yapıldıktan sonra fidanların tüpleri çıkartılarak mevcut toprakları temizlenmiş ve kök yıkaması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Toprak temizliği ve kök yıkaması yapılan fidanlar hızlı bir şekilde yeni hazırlanan toprak karışımı kullanılarak 25*35 cm boyutundaki poşet tüplere dikim gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Tüpleme işlemi yapılan fidanlar yeni yetişme ortamına uyum sağlamsı için türüne göre serada ayrı ayrı yerleştirilmiştir. Toprakları ve tüpleri Aralık ayı içerisinde değiştirilen fidanlar vejetasyon mevsimi başlayana kadar serada muhafaza edilmiştir. Vejetasyon mevsiminin başlamasından itibaren ise rutin sulama ve bakım çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 3.1. Tüp harçlarının hazırlanması.



Şekil 3.2. Fidanların köklerindeki toprak temizliği.



Şekil 3.3. Fidanların tüplenenek yerleştirilmesi.

Morfolojik ve fizyolojik çalışmaların yürütüldüğü mayıs-eylül döneminde her güne ait ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, UV-B miktarı ve yağış değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Bu veriler çalışmanın yapıldığı Düzce merkez istasyonundan temin edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı Düzce üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasına ait günlük maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık değerleri Tablo 3.2’ verilmiştir.

Çizelge 3.1. Düzce Meteoroloji istasyonu 2021 yılına ait günlük ortalama sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), ve minimum sıcaklık (°C), UV-B (kJ/m²/gün) ve yağış değerleri (mm).

Aylar	İklim parametreleri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Ortlama
Mayıs	Ortalama sıcaklık	22	24	23	18	18	17	20	19	14	13	12	14	17	20	19.7	19	19	20	18	21	17.6	15	16	19	19	19	19	21	16	19	17	18.27
	maksimum sıcaklık	33	32	33	23	27	26	31	24	19	20	21	25	30	29	27.7	26	27	29	29	33.7	22.3	19	25	30	27	30	29	28	18	26	20	26.39
	minimum sıcaklık	13	17	15	16	10	12	12	15	10	4.7	4.5	5.3	7.6	11	12.3	15	13	14	11	11.9	14.6	13	7.7	9.2	11	11	11	15	15	13	16	11.79
	UVB	6.6	4.2	6	3	6.3	4.6	7.2	2	7	7.9	7.9	7.7	7.5	8	7.4	4.6	5.6	5	8	7.6	2.5	1.5	8.1	7.9	8	7.6	4.2	7	1.4	6.8	1.8	5.85
	yağış	0	0	0	2	0.2	1.2	0.6	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	3	6.8	0	0	0	0	0	27	8.4	12	2.81
Haziran	Ortalama sıcaklık	16	13	14	16	16	18	20	21	20	20	20	22	22	19	17.2	18	19	21	22	21.8	21	22	23	24	24	26	26	25	24	25		20.44
	maksimum sıcaklık	18	19	20	21	24	27	30	27	27	28	27	28	29	23	23.6	25	24	29	28	28.3	25.3	28	31	30	33	31	33	30	31	34		27.00
	minimum sıcaklık	14	11	9	12	9.3	8.8	11	16	13	13	13	15	15	15	13.1	12	16	14	16	16.4	18.1	19	17	19	18	22	20	20	18	18		15.04
	UVB	2.2	3	3	4	5.7	8	7.5	6	8	8	7.5	8	7	2	5.2	5.8	3.1	7	5.7	5.3	3.2	4.3	6.8	6.9	6.9	5.8	7.3	6	7.7	7.7		5.77
	yağış	5.2	8.4	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	37.6	0	17	0	0.2	0	13.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Temmuz	Ortalama sıcaklık	26	26	23	20	21	20	23	23	24	24	24	25	26	24	25.4	25	27	28	29	28.3	26	24	22	23	23	24	25	25	25	25	27	24.53
	maksimum sıcaklık	36	34	27	25	29	25	28	27	30	30	31	32	32	30	32.2	34	36	36	35	33.6	31.8	29	27	29	29	31	33	32	33	35	37	31.19
	minimum sıcaklık	17	20	20	17	15	16	20	21	21	18	19	20	21	17	19.4	18	20	22	25	23.3	21.4	20	17	17	18	19	20	19	18	17	19	19.12
	UVB	7.6	6.8	2	4	5.1	3.2	4.2	4	6	7.7	6.9	7.1	7.5	7	7.6	7.7	7.5	7	6.1	6.5	4.4	5.3	3.7	6.9	5.3	6.2	7	7	7.3	7.2	7.1	6.08
	yağış	0	0	0	31	3.6	2.4	45	29	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ağustos	Ortalama sıcaklık	27	26	27	26	27	27	25	22	24	23	24	23	23	22	21.7	22	24	24	23	22.7	21.7	22	23	23	23	26	26	26	27	25	25	24.26
	maksimum sıcaklık	35	37	38	35	37	40	31	27	30	31	32	30	29	29	29.1	30	34	32	31	28.1	28.3	28	30	32	32	33	36	35	34	32	30	32.06
	minimum sıcaklık	20	17	18	18	20	19	20	20	19	17	17	20	17	16	14.8	15	17	18	18	20.1	15.6	16	17	17	17	21	18	20	22	20	21	18.17
	UVB	7.3	7.4	7	7	7	6.1	3.4	3	6	6.2	6.3	3.8	6.7	6	7	6.8	6.7	6	5.2	3.1	6.9	4.6	6	6.3	5.9	6.3	5.9	6	5.5	3.9	4	5.80
	yağış	0	0	0	0	0	0	2.4	14	0	0	0	0	5.6	0	0	0	0	0	0	0	9.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 3.2. Sera içine ait maksimum ve minimum sıcaklık (°C) değerleri.

	Mayıs		Haziran		Temmuz		Ağustos	
	maksimum sıcaklık	minimum sıcaklık	maksimum sıcaklık	minimum sıcaklık	maksimum sıcaklık	minimum sıcaklık	maksimum sıcaklık	minimum sıcaklık
1	48.47	11.03	33.77	12.33	50.97	15.93	50.27	18.13
2	47.87	17.20	34.57	9.03	48.97	18.83	52.27	15.83
3	48.57	15.30	35.77	7.83	42.37	18.13	53.77	16.43
4	38.67	15.60	36.37	10.83	40.87	15.13	50.67	16.73
5	42.17	10.30	39.07	7.83	44.77	13.83	52.17	18.43
6	41.37	11.90	42.17	7.33	40.47	14.73	55.17	17.13
7	46.07	11.60	45.07	9.33	43.47	18.73	46.27	18.23
8	39.27	14.90	42.47	14.43	42.77	19.13	42.47	18.63
9	33.97	9.70	42.17	11.53	45.27	19.13	45.37	17.73
10	35.87	4.70	43.27	11.13	45.57	16.43	46.27	15.33
11	36.67	4.50	42.87	11.93	46.07	17.03	47.27	15.93
12	40.17	5.30	43.27	13.83	46.97	18.33	45.17	18.13
13	44.97	7.60	44.67	13.13	47.27	19.73	44.57	15.83
14	44.17	10.90	37.97	13.63	45.87	15.93	44.67	14.53
15	43.17	12.30	39.07	11.63	47.67	17.93	44.57	13.33
16	41.67	15.40	40.67	10.03	49.17	16.03	45.87	13.63
17	42.07	13.10	39.27	14.63	51.37	18.23	49.67	15.03
18	44.27	14.10	44.17	12.93	50.97	20.03	47.07	16.33
19	44.37	10.50	43.17	14.23	50.47	23.33	46.37	16.23
20	49.17	11.90	43.77	14.93	49.07	21.83	43.57	18.63
21	37.77	14.60	40.77	16.63	47.27	19.93	43.77	14.13
22	34.07	13.10	43.37	17.83	44.37	18.83	43.47	14.73
23	40.77	7.70	46.77	15.13	41.97	15.93	45.17	15.93
24	45.87	9.20	45.57	17.83	44.17	15.13	47.37	15.23
25	42.57	10.90	48.07	16.23	44.77	16.93	47.47	15.43
26	45.07	11.10	46.77	20.83	46.67	17.13	48.67	19.33
27	44.47	11.30	48.57	18.73	47.97	18.43	51.87	16.93
28	43.17	14.80	45.37	18.53	47.77	17.13	50.17	18.03
29	33.67	14.70	46.27	16.63	48.67	16.53	49.27	20.23
30	41.77	12.80	49.07	16.23	50.37	15.33	47.07	18.23
31	35.47	16.00			51.97	17.53	45.57	19.33
Ortlama	41.86	11.74	42.47	13.57	46.65	17.66	47.52	16.70

3.1. YÖNTEM

UV-B uygulaması için 3 m x 3 m taban alanına sahip ve yüksekliği 2 m olan bir kabin hazırlanmıştır. Dışardan içeriye ve içeriden dışarıya sızıntıyı önlemek için UV-B uygulama kabini için iç yüzeyleri 12 mikron alüminyum folyo ile kaplanmıştır. UV-B kaynağı için 6 adet Philips 40w/12 RS geniş band UV-B lambası kabin içerisine yerleştirilmiş böylece fidanlara UV-B uygulaması yapabilmek için gerekli düzenek hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında uygulanan her bir doz miktarları IPCC (2019) nin iklim değişikliği senaryoları baz alınarak ve ön çalışmalar sonucunda elde edilen denemelere göre belirlenmiştir. Çalışmada etkisi görülmek istenen uygulama dozları 8 ve 12 kJ/m²/gün olarak belirlenmiş, uygulama süresini belirlemek amacıyla dijital radyometrenin 0 değeri ölçtüğü akşam saatinde, UV-B lambası açılıp sensor UV-B lambalarından 25 cm altta olacak şekilde tutularak yaklaşık 10 farklı noktadan ölçümler yapılmıştır.

Belirtilen dozların ayarlaması, Watt x saniye = Joule formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır. Radyometrede okunan ortalama 240 µW/cm² (2.40 W/m²) değeri formülde yerine konulduğunda lambaların; 8 kJ/m²/gün için 55.5 dk, 12 kJ/m²/gün için 83.4 dk çalıştırılması gerektiği hesaplanmıştır. UV-B uygulamaları haftada üç kez ve her uygulama arasında en az bir gün olacak şekilde yapılmıştır.

Kontrol ile birlikte üç farklı sulama rejimi uygulaması yapılmıştır. Çalışma kapsamında kuraklık stresi için ılımlı ve şiddetli olmak üzere iki farklı doz kuraklık uygulaması yapılmıştır. Kontrol gruplarının sulaması çalışma süresi boyunca her haftanın pazartesi ve perşembe günleri yapılmış ve her bir fidanla ait toprağın tarla kapasitesine ulaşincaya kadar sulanmıştır. İlimli kuraklık gruplarının sulaması çalışma süreci boyunca her haftanın pazartesi günü ve her bir fidanın toprağı tarla kapasitesine ulaşincaya kadar sulanmıştır. Şiddetli kuraklık grupları ise çalışma süresi boyunca on gün ara ile her bir fidanın toprağı tarla kapasitesine ulaşincaya kadar sulanmıştır.



Şekil 3.4. UV-B uygulama kabini genel görünümü

Hem UV-B hem de kuraklık uygulamaları için 17.05.2022 tarihinde her türün her uygulama grubu için bir palet üzerine rastgele seçilen fidanlar düzgün bir şekilde yerleştirilmiştir.

Deneme deseni tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekrarlamalı olarak kurulmuş ve her tekerrürde 6 fidan kullanılarak her deneme grubunda 90 fidan (3 tür x 6 fidan x 5 tekrar= 90 fidan) kullanılmıştır. Çalışma kapsamında üç türe ait toplam 810 fidan (9 deneme grubu x 90 fidan= 810 fidan) kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında uygulanan Kuraklık ve UV-B streslerinin deneme grupları aşağıda gösterilmiştir;

-U1 (Kontrol): Haftada 2 sefer sulanan ve UV-B uygulaması yapılmayan

-U2 (düşük doz UV-B): Haftada 2 sefer sulanan ve $8 \text{ kJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ UV-B uygulaması yapılan

-U3 (yüksek doz UV-B): Haftada 2 sefer sulanan ve $12 \text{ kJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ UV-B uygulaması yapılan

-U4 (İlımlı kuraklık): Haftada 1 sefer sulanan ve UV-B uygulaması yapılmayan

-U5 (Şiddetli Kuraklık): 2 Haftada 1 sefer sulanan ve UV-B uygulaması yapılmayan

-U6 (Ilımlı kuraklık + düşük doz UV-B): (Haftada 1 sefer sulanan ve $8 \text{ kJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ UV-B uygulaması yapılan

-U7 (Ilımlı Kuraklık + yüksek doz UV-B): Haftada 1 sefer sulanan ve $12 \text{ kJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ UV-B uygulaması yapılan

-U8 (Şiddetli Kuraklık + düşük doz UV-B): 2 Haftada 1 sefer sulanan ve $8 \text{ kJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ UV-B uygulaması yapılan

-U9 (Şiddetli kuraklık + yüksek doz UV-B): 2 Haftada 1 sefer sulanan ve $12 \text{ kJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ UV-B uygulaması yapılan

Çalışma kapsamında yapılan UV-B ve kuraklık uygulamaları 1.06.2021 tarihinde başlanmış ve 10.08.2021 tarihinde hasat yapılarak çalışma sonlandırmıştır. Çalışma sonunda fidanlarda ölçümler ve analizler gerçekleştirilmiştir.

3.1.1. Morfolojik ve Fizyolojik Ölçümler

3.1.1.1. Büyüme Parametreleri

Kontrol ve stres uygulama gruplarından gelişigüzel onar bitki alınarak fidanda kök boğazı çapı (FC), Fidan boyu (FB), Yaprak sayısı (YS) ve yan dal sayısına (YDS) ait değerler ölçülmüştür.

Kök boğazı çapı olarak kabul edilen değer, gövdeye en yakın kökün hemen üst kısmından yani gövdenin toprak yüzeyiyle temas ettiği noktadan dijital çap ölçer yardımıyla 0,01 mm hassasiyetle ölçülmüştür. Kök boğazından tepe tomurcuğunun ucuna kadar olan uzunluk gövde boyu cetvel yardımıyla 0,1 cm duyarlılıkta ölçülmüştür.

Yaprak alanı ölçümleri ise kontrol ve stres uygulama gruplarından gelişigüzel beşer bitkiden ikişer adet, toplamda 10 adet yaprak tarayıcı ile taranmıştır. Daha sonra yaprak alanı hesaplamada İmageJ programı kullanılarak cm^2 cinsinden hesaplamalar yapılmıştır.

3.1.1.2. Ksilem Su Potansiyeli (KSP)

Fidanların su durumu, genellikle bitki su gerilimi (BSG - PMS) veya bitki su potansiyeli (BSP - PWP) olarak belirlenir (Landis ve ark., 1989). Bir sistemdeki suyun serbest enerjisi ile aynı sıcaklık ve basınçtaki suyun serbest enerjisi arasındaki farkı su potansiyeli olarak adlandırılmıştır (Cleary ve Greaves 1984; Yahyaoğlu 1987). Su potansiyeli basınç birimleriyle ifade edilmektedir. Bitki su geriliminin ifade edilmesinde Bar veya Mpa

(megapaskal) kullanılmaktadır. BSP daima negatif bir sayı alırken, BSG pozitif sayılar almaktadır. Örneğin, BSP -1.5 MPa iken BSG 1.5 MPa dır. 1 MPa = 10 bars ~ 10 atm ~ 150 psi'dir (Lambers ve ark., 1998).

Ksilem su potansiyelinin belirlenmesinde Scholander ve ark., (1965) tarafından geliştirilmiş olan basınç odası tekniği kullanılmıştır. Basınç odası tekniği temelde; basınç odası, içerisinde azot gazı bulunan bir adet tüp ve yardımcı ekipmanlardan (lastik conta, örneğin lastik conta içerisine girmesini sağlayan içi boş metal çubuk ve ışıklı el büyüteci) oluşmaktadır. Bu teknik ile otsu ve koniferlerin de dahil olduğu odunsu bitkilerde yaprak, ibre, sürgün, bazı kök ve meyvelerde su içeriği ve su potansiyeline ilişkin çalışmalar yapılabilmektedir (Johnson ve Nielson, 1969; Tyree ve ark., 1978; Parker ve Pallardy 1987; Turner, 1988; Genç 1992; Chochard ve ark., 2001; Royce ve Barbour, 2001).

Çalışma kapsamın her bir türe ait her bir deneme grubundan üçer fidanın son yıla ait en üst yan sürgünleri kesilmiştir. Kesimden önce ksilemdeki su kolonu gerilim altında olduğundan organ kesilerek su kolonu bölündüğünden, canlı hücre etrafındaki ksilemdeki su, osmoz olgusuyla hızla kesim yüzeyinden içeriye doğru uzaklaşır. Sonuçta kesim yüzeyi donuk ve kuru gözükür. Fidanın kesilen bu parçası kesim yüzeyi dışarıda kalacak şekilde basınç odasına yerleştirilip, ksilemdeki su kesim yüzeyine geri gelinceye kadar oda içine yavaş yavaş azot gazı verilir (ksilem kanalı ve canlı hücre arasındaki su dağılıncaya kadar oda içindeki gaz sıkıştırılır). Bir süre sonra, kesim yüzeyi üzerinde verilen basıncın etkisiyle halkalar oluşmaya başlar. Basınç artırdıkça en içteki halka koyu kahverengi renk alır ve kesim yüzeyindeki su zerrecikleri köpürmeye başlar. Yüzeye suyu geri getirmek için ihtiyaç duyulan bu basınç denge basıncı olarak adlandırılır (Taiz ve Zeiger 1998). Bu anda manometreden okunan basınç değeri, başka bir ifade ile bitkinin örnekleme anında sahip olduğu ksilem su potansiyeli olarak kabul edilir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Basınç odası tekniği ile bitki su potansiyelinin ölçülmesi.

3.1.1.3. Bağıl Su İçeriği (BSİ)

Uygulamaların ardından her bir gruptaki bitkilerden yaklaşık olarak eş boyutlarda yaprak (lamina) örnekleri alınarak yaş ağırlıkları ölçülmüştür. Sonrasında yapraklar 24 saat boyunca karanlıkta deiyonize su bulunan petrilere bekletilerek turgor hale geçmeleri sağlanmıştır. Bu süre sonunda yapraklar tartılarak turgorlu ağırlıkları belirlenmiştir. Tartılan yaprak örnekleri 70°C’de 72 saat etüvde kurularak kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Son olarak, her bir gruba ait yaprak örneklerinin bağıl su içeriği aşağıdaki formüle göre % olarak onar bitki üzerinden hesaplanmıştır.

Bağıl su içeriği (%) = [(Yaş ağırlık – Kuru ağırlık) / (Turgorlu ağırlık – Kuru ağırlık)] x 100.

3.1.1.4. Klorofil a, Klorofil b ve Toplam Karotenoid Miktarı

Klorofil a ve Klorofil b miktarı Arnon (1949)’a ve toplam karotenoid miktarı ise Jaspars (1965)’a göre belirlenmiştir. 0,1 g bitki örneği %80 aseton ile homojenize edildikten sonra 5000 rpm’de santrifüjlenmiştir. Elde edilen süpernatant 663, 645 ve 450 nm’lerde spektrofotometrede ölçülerek aşağıda verilen formüller yardımı ile toplam klorofil ve

toplam karotenoid miktarı belirlenmiştir [$K_{la} = (\Delta A_{663} \times 12,7) - (\Delta A_{645} \times 2,69)$, $K_{lb} = (\Delta A_{645} \times 22,9) - (\Delta A_{663} \times 4,68)$, ve toplam karotenoid= $(\Delta A_{450} \times 4,07) - [(0,0435 \times K_{la}) + (0,3367 \times K_{lb})]$].

3.1.1.5. Klorofil Floresansı (F_v/F_m)

Her bir uygulamaya ait 6 farklı bitkinin yaprakları klorofil floresans ölçümleri için kullanılmıştır. Floresans ölçümlerinden 15 dk. önce yaprak klipsleri kullanılarak yapraklar karanlığa alıştırılmıştır. Daha sonra klorofil floresans cihazı yardımıyla yapraklar doymuş ışık demetlerine maruz bırakılarak F_v/F_m oranları belirlenmiştir.

3.1.1.6. Elektrolit Sızıntı (ES)

Elektrolit sızıntı Lutts ve ark., (1996)'nin kullanmış olduğu yöntemle belirlenmiştir. Çalışma kapsamında stresin tespit edilebilmesi için belirlenmiş olan farklı uygulama gruplarından 3 farklı bitkiden bir delici yardımı ile yaprak diskleri çıkarılmıştır. Yapraklardan çıkarılan aynı boyutta 5 adet disk, 10 ml'lik saf su içeren test tüplerine yerleştirilmiştir. Bu şekilde oluşturulan tüpler rotatora yerleştirilerek 25°C 'de 24 saat bekletilmiştir. Süre sonunda tüp içerisindeki elektrolit sızıntı bir iletkenlik cihazı (Mettler Toledo, Seven Compact) vasıtasıyla ölçülmüş ve EC_1 değeri belirlenmiştir. İçerisinde numune bulunan aynı tüpler daha sonra 121°C 'de 20 dk. boyunca otoklavlanmıştır. Otoklav sonrasında tüpler 25°C 'ye soğutulularak tekrar ölçülmüş ve EC_2 belirlenmiştir. Hücreden çıkan elektrolit sızmaları % olarak aşağıdaki formül yardımı ile belirlenmiştir.

$$ES (\%) = (EC_1 / EC_2) \times 100.$$

3.1.1.7. Fotosentez Etkinliği

Bu çalışma kapsamında, LI-6800P taşınabilir fotosentez cihazı kullanılmıştır. Cihazın kalibrasyonu üreticinin önerdiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hava akış hızı, fotosentez foton akı yoğunluğu (PPFD) ve referans CO_2 , sırasıyla $500 \mu\text{mol s}^{-1}$, $500 \mu\text{mol s}^{-1}$, $400 \mu\text{mol mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 'de ayarlanmış ve otomatik olarak muhafaza edilmiştir.

Çalışma kapsamında LI-6800P fotosentez cihazı ile; Terleme (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Stoma iletkenliği (S_i , $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ve Net fotosentez (asimilasyon) oranı (A_{net} , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), İçsel su kullanım etkinliği ($\text{İSKE} = A_{net}/S_i$, ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)), Dışsal CO_2 oranı (DCO , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), İçsel CO_2 oranı (İCO , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), Hücreler arası CO_2 'ın ortamdaki CO_2 'ye oranı (HCO , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), su kullanım etkinliği (SKE $\mu\text{mol mol}^{-1}$) ölçümleri

gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Fotosentez etkinliği ölçümü.

3.1.2. Biyokimyasal Ölçümler

3.1.2.1. Prolin Miktarı

Prolin miktarı spektrofotometrik olarak Asit-Ninhidrin metodu ile belirlenmiştir (Bates ve ark., 1973). Ihlamur türlerine ait yapraklardan 0,25 g alınan örnekler %3'lük sülfosalisilik asit ile parçalandı ve santrifüj edildikten sonra 1 mL süpernatantın üzerine 1 mL asetik asit ve 1 mL ninhidrin çözeltisi ilave edildi. Bu şekilde hazırlanan tüpler 100°C'de 1 saat bekletildikten 4 mL toluen ilavesinden sonra oluşan üst faz 520 nm'de ölçüldü. Toplam prolin miktarı mg/g olarak ifade edilmiştir. (Bates vd., 1973).

3.1.2.2. Toplam Çözünebilir Karbohidrat Tayini

Toplam çözünebilir karbohidratlar Dubois ve ark., (1956)'ya göre belirlenmiştir. Taze yaprak örnekleri alüminyum folyo ile sarılarak kurutma fırınında 60 °C'de 48 saat kurutuldu. Kurutulan ihlamur yapraklarından 0.1 gr alınarak % 80'lik etanol ile parçalandı ve santrifüj edildikten sonra 50 µl süpernatantın üzerine 950 µl saf su, 1 ml fenol ilave edilerek vorteks yardımıyla karıştırılmıştır. Daha sonra 5 ml H₂SO₄ ilave edilerek tekrar vorteks ile karıştırılmış ve 15 dakika soğumaya bırakılmıştır. En son oluşan üst faz 490 nm'de ölçüldü. Toplam çözünebilir karbohidrat miktarı mg/100 g kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir.

3.1.3. İstatistik Analizler

Çalışma sonucunda elde edilen veriler SPSS 22.0 paket programı yardımıyla

değerlendirilmiş ve verilere varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizi ile her bir karakterin hem uygulamalar bazında hem de tür bazında değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucunda istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunan değerlere Duncan testi uygulanarak homojen gruplar elde edilmiştir. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

Temel Bileşenler (PCA) Analizi

Çalışma kapsamında stres uygulamalarının morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerdeki değişimlerin çalışmaya konu türler arasındaki ilişkiyi saptamak ve görsel açıdan değerlendirmek amacıyla RStudio 2022.02 programı aracılığıyla PCA analizi yapılmıştır.



4. BULGULAR

4.1. STRES UYGULAMALARININ MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK KARAKTERLERE ETKİSİ

4.1.1. Stres Uygulamalarının Fidan Boyu Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında fidan boyuna etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.1. de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Fidan boyunun (cm) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>			<i>T. platyphyllos</i>			<i>T. tomentosa</i>		
U1	109,71	± 44,32	a	134,40	± 31,389	a	62,50	± 11,753	a
U2	101,40	± 19,36	a	122,00	± 26,879	a	75,10	± 18,623	a
U3	83,00	± 28,21	a	141,20	± 12,677	a	83,50	± 9,394	a
U4	10,60	± 29,31	a	133,20	± 15,023	a	67,50	± 12,689	a
U5	101,0	± 17,77	a	122,00	± 11,987	a	65,30	± 8,475	a
U6	109,00	± 22,25	a	137,70	± 8,585	a	67,80	± 19,728	a
U7	114,00	± 19,16	a	125,80	± 17,355	a	68,80	± 20,413	a
U8	90,00	± 30,62	a	122,40	± 14,502	a	63,00	± 13,946	a
U9	111,40	± 11,77	a	132,20	± 13,424	a	74,40	± 11,739	a
F	0,700			0,851			1,062		
P	0,689			0,565			0,411		

Varyans analizi sonuçlarına göre fidan boyunun uygulamaya bağlı değişimlerinin tüm türlerde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında fidan boyuna etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Fidan boyunun (cm) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	109,71 ± 44,32 b	134,40 ± 31,38 b	62,50 ± 11,75 a	6,483	0,012
U2	101,40 ± 19,36 ab	122,00 ± 26,87 b	75,10 ± 18,623 a	5,739	0,018
U3	83,00 ± 28,21 a	141,20 ± 12,67 b	83,50 ± 9,39 a	16,070	0,000
U4	106,00 ± 29,31 b	133,20 ± 15,02 c	67,50 ± 12,68 a	12,991	0,001
U5	101,00 ± 17,77 b	122,00 ± 11,98 c	65,30 ± 8,47 a	21,776	0,000
U6	109,000 ± 22,25 b	137,70 ± 8,58 c	67,80 ± 19,72 a	19,324	0,000
U7	114,00 ± 19,16 b	125,80 ± 17,35 b	68,80 ± 20,41 a	12,018	0,001
U8	90,00 ± 30,62 a	122,40 ± 14,50 b	63,00 ± 13,94 a	9,883	0,003
U9	111,400 ± 11,77 b	132,200 ± 13,42 c	74,40 ± 11,73 a	28,152	0,000

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm uygulamaların tür bazında değişiminin en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Fidan boyunun kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en az boy artışı U2, U5, U7, U9 uygulamalarında TP türünde, U3, U4, U6 ve U8 uygulamalarında ise TC türünde belirlenirken en fazla boy artışı tüm uygulamalarda TT türünde olduğu belirlenmiştir.

4.1.2. Stres Uygulamalarının Fidan Çapına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında fidan çapına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Fidan çapına (mm) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>			<i>T. platyphyllos</i>			<i>T. tomentosa</i>		
U1	17,9680	± 3,241	a	17,252	± 4,982	a	14,700	± 2,812	a
U2	15,5080	± 2,452	a	17,478	± 3,187	a	14,228	± 1,451	a
U3	17,4420	± 5,250	a	12,520	± 1,665	a	15,614	± 3,183	a
U4	16,4540	± 3,305	a	17,316	± 2,342	a	15,300	± 1,504	a
U5	16,0140	± 1,573	a	16,206	± 2,065	a	14,192	± 1,683	a
U6	16,3240	± 2,579	a	18,954	± 2,587	a	15,548	± 1,085	a
U7	14,9160	± 1,447	a	17,532	± 2,457	a	14,778	± 1,990	a
U8	14,1440	± 0,955	a	17,566	± 2,789	a	15,032	± 4,537	a
U9	16,1500	± 2,109	a	17,862	± 0,992	a	12,962	± 2,694	a
F	0,869			0,980			0,535		
P	0,551			0,468			0,823		

Varyans analizi sonuçlarına göre fidan çapının uygulamaya bağlı değişimlerinin tüm türlerde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında fidan boyuna etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Fidan çapına (mm) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	17,9680 ± 3,241 a	17,252 ± 4,982 a	14,700 ± 2,812 a	1,024	0,389
U2	15,5080 ± 2,452 a	17,478 ± 3,187 a	14,228 ± 1,451 a	2,201	0,153
U3	17,4420 ± 5,250 a	2,520 ± 1,665 a	15,614 ± 3,183 a	2,279	0,145
U4	16,4540 ± 3,305 a	17,316 ± 2,342 a	15,300 ± 1,504 a	0,822	0,463
U5	16,0140 ± 1,573 a	16,206 ± 2,065 a	14,192 ± 1,683 a	1,936	0,187
U6	16,3240 ± 2,579 a	18,954 ± 2,587 a	15,548 ± 1,085 a	3,291	0,073
U7	14,9160 ± 1,447 a	17,532 ± 2,457 a	14,778 ± 1,990 a	2,987	0,089
U8	14,1440 ± 0,955 a	17,566 ± 2,789 a	15,032 ± 4,537 a	1,616	0,239
U9	16,1500 ± 2,109 b	17,862 ± 0,992 b	12,962 ± 2,694 a	7,310	0,008

Varyans analizi sonuçlarına göre U9 uygulaması tür bazında değişiminin en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Fidan çapının kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en az çap artışı U2, U4, U5, U6, U7 ve U8 uygulamalarında TC türünde, U2 uygulamasında ise TP türünde, U9 uygulamasında TT türünde belirlenirken en fazla çap artışı U2, U6, U7, U9 uygulamalarında TP türünde, U3, U4, U5, U8 uygulamalarında ise TT türünde olduğu belirlenmiştir.

4.1.3. Stres Uygulamalarının Yan Dal Sayısına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında yan dal sayısına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Yan dal sayısının (adet) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	5,200 ± 0,447 a	7,200 ± 2,683 a	6,200 ± 3,114 a
U2	4,800 ± 1,483 a	6,200 ± 2,387 a	5,800 ± 0,837 a
U3	6,200 ± 0,447 a	8,600 ± 2,302 a	6,000 ± 1,225 a

Çizelge 4.5. (Devam) Yan dal sayısının (adet) uygulamalara bağlı değişimi.

U4	5,200 ± 1,924 a	6,400 ± 1,949 a	4,800 ± 1,304 a
U5	5,200 ± 1,304 a	7,000 ± 1,871 a	3,600 ± 1,517 a
U6	5,200 ± 2,950 a	4,400 ± 2,302 a	5,600 ± 1,949 a
U7	7,200 ± 1,304 a	7,200 ± 3,114 a	3,400 ± 2,608 a
U8	6,600 ± 2,074 a	6,000 ± 1,581 a	4,800 ± 1,483 a
U9	6,000 ± 1,225 a	7,600 ± 3,507 a	5,800 ± 1,304 a
F	1,209	1,131	1,586
P	0,322	0,367	0,164

Varyans analizi sonuçlarına göre yan dal sayısının uygulamaya bağlı değişimlerinin tüm türlerde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında yan dal sayısına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yan dal sayısının (adet) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	5,200 ± 0,447 a	7,200 ± 2,683 a	6,200 ± 3,114 a	0,877	0,441
U2	4,800 ± 1,483 a	6,200 ± 2,387 a	5,800 ± 0,837 a	0,907	0,430
U3	6,200 ± 0,447 a	8,600 ± 2,302 b	6,000 ± 1,225 a	4,486	0,035
U4	5,200 ± 1,924 a	6,400 ± 1,949 a	4,800 ± 1,304 a	1,130	0,355
U5	5,200 ± 1,304 ab	7,000 ± 1,871 b	3,600 ± 1,517 a	5,787	0,017
U6	5,200 ± 2,950 a	4,400 ± 2,302 a	5,600 ± 1,949 a	0,315	0,736
U7	7,200 ± 1,304 b	7,200 ± 3,114 b	3,400 ± 2,608 a	3,967	0,048
U8	6,600 ± 2,074 a	6,000 ± 1,581 a	4,800 ± 1,483 a	1,400	0,284
U9	6,000 ± 1,225 a	7,600 ± 3,507 a	5,800 ± 1,304 a	0,942	0,417

Varyans analizi sonuçlarına göre U3, U5 ve U7 uygulamalarında tür bazında değişiminin en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Yan dal sayısı en çok U3 ve U5 uygulamalarında TP türünde, U7 uygulamasında TC ve TP türünde elde edilirken en az yan dal sayısı U3, U5 ve U7 uygulamalarında TT türünde belirlenmiştir.

4.1.4. Stres Uygulamalarının Yaprak Sayısına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında yaprak sayısına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Yaprak sayısının (adet) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>
U1	44,800 ± 7,950 a	42,400 ± 13,813 a	38,200 ± 14,618 a
U2	33,400 ± 15,110 a	42,600 ± 16,727 a	35,400 ± 11,675 a
U3	37,200 ± 7,430 a	56,200 ± 23,732 a	37,800 ± 6,907 a
U4	47,800 ± 12,931 a	4,800 ± 21,052 a	32,800 ± 12,498 a
U5	28,600 ± 5,595 a	31,000 ± 8,631 a	3,600 ± 10,164 a
U6	42,800 ± 18,130 a	3,800 ± 15,418 a	31,200 ± 12,969 a
U7	53,200 ± 12,637 a	33,000 ± 12,865 a	28,600 ± 15,372 a
U8	4,600 ± 13,975 a	24,600 ± 2,966 a	3,800 ± 8,497 a
U9	35,000 ± 11,424 a	41,200 ± 11,904 a	31,600 ± 8,473 a
F	1,951	1,858	0,425
P	0,082	0,098	0,898

Varyans analizi sonuçlarına göre yaprak sayısının uygulamaya bağlı değişimlerinin tüm türlerde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında yaprak sayısına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Yaprak sayısının (adet) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>	F	P
U1	44,800 ± 7,950 a	42,400 ± 13,813 a	38,200 ± 14,618 a	0,358	0,706
U2	33,400 ± 15,110 a	42,600 ± 16,727 a	35,400 ± 11,675 a	0,545	0,594
U3	37,200 ± 7,430 a	56,200 ± 23,732 a	37,800 ± 6,907 a	2,627	0,113
U4	47,800 ± 12,931 a	4,800 ± 21,052 a	32,800 ± 12,498 a	1,102	0,364
U5	28,600 ± 5,595 a	31,000 ± 8,631 a	3,600 ± 10,164 a	0,119	0,889
U6	42,800 ± 18,130 a	3,800 ± 15,418 a	31,200 ± 12,969 a	0,949	0,415
U7	53,200 ± 12,637 b	33,000 ± 12,865 a	28,600 ± 15,372 a	4,597	0,033
U8	4,600 ± 13,975 a	24,600 ± 2,966 a	3,800 ± 8,497 a	3,533	0,062
U9	35,000 ± 11,424 a	41,200 ± 11,904 a	31,600 ± 8,473 a	1,033	0,385

Varyans analizi sonuçlarına göre sadece U7 uygulamasının tür bazında değişiminin en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Yaprak sayısı en çok U7 uygulamasında TC türünde elde edilirken en az yaprak sayısı TT türünde belirlenmiştir.

4.1.5. Stres Uygulamalarının Yaprak Boyuna Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında yaprak boyuna etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Yaprak boyunun (cm) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	11,002 ± 2,122 a	11,514 ± 2,004 d	7,564 ± 1,651 a
U2	10,612 ± 1,539 a	9,106 ± 2,297 a	8,786 ± 1,255 cd
U3	10,096 ± 2,024 a	10,116 ± 1,521 bc	8,408 ± 1,600 bc
U4	13,974 ± 14,610 b	11,774 ± 2,082 d	8,088 ± 1,911 abc
U5	10,536 ± 1,738 a	9,106 ± 2,312 a	8,654 ± 1,551 bcd
U6	10,404 ± 1,709 a	10,856 ± 2,537 cd	8,160 ± 1,637 abc
U7	10,446 ± 1,880 a	11,250 ± 2,462 d	9,284 ± 1,934 d
U8	10,456 ± 2,374 a	11,168 ± 2,162 d	7,980 ± 1,384 ab
U9	10,480 ± 1,704 a	9,894 ± 2,117 ab	8,232 ± 1,401 abc
F	2,586	8,817	4,922
P	,009	,000	,000

Varyans analizi sonuçlarına göre yaprak boyu uygulamaya bağlı değişimlerinin tüm türlerde istatistik olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre türlerin uygulama bazındaki değişimleri incelendiğinde TC türünde iki grup oluşurken TP ve TT türlerinde dört grup oluşmuştur. TC türünde U4 uygulaması dışındaki tüm uygulamalar aynı grupta yer alırken en yüksek değerler U4 uygulamasında belirlenmiştir. TP türünde en yüksek değerler U1, U4 ve U7 ve U8 uygulamalarında, TT türünde ise U7 uygulamasında elde edilmiştir. En düşük yaprak boyu değerleri TP türünde U2 ve U5 uygulamalarında, TT türünde ise U1 uygulamasında elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre TT türünde stres uygulamalarının kontrol grubu ile karşılaştırıldığında yaprak boyunda genel olarak artışın meydana geldiği belirlenirken, TP türünde ise stres uygulamalarının yaprak boyunda azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında yaprak boyuna etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Yaprak boyunun (cm) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>	F	P
U1	11,002 ± 2,122 b	11,514 ± 2,004 b	7,564 ± 1,651 a	61,557	0,000
U2	10,612 ± 1,539 b	9,106 ± 2,297 a	8,786 ± 1,255 a	15,468	0,000
U3	10,096 ± 2,024 b	10,116 ± 1,521 b	8,408 ± 1,600 a	16,070	0,000
U4	13,974 ± 14,610 b	11,774 ± 2,082 b	8,088 ± 1,911 a	5,992	0,003
U5	10,536 ± 1,738 c	9,106 ± 2,312 b	8,654 ± 1,551 a	12,423	0,000
U6	10,404 ± 1,709 b	10,856 ± 2,537 b	8,160 ± 1,637 a	25,979	0,000
U7	10,446 ± 1,880 b	11,250 ± 2,462 b	9,284 ± 1,934 a	10,987	0,000
U8	10,456 ± 2,374 b	11,168 ± 2,162 b	7,980 ± 1,384 a	34,353	0,000
U9	10,480 ± 1,704 b	9,894 ± 2,117 b	8,232 ± 1,401 a	21,818	0,000

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm uygulamaların tür bazında değişiminin en az %99.9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. En düşük yaprak boyu tüm uygulamalarda TT türünde elde edilirken en yüksek yaprak boyu U2, U4, U5 ve U9 uygulamasında TC türünde, U3, U6, U7 ve U8 uygulamalarında ise TP türünde elde edilmiştir.

4.1.6. Stres Uygulamalarının Yaprak Alanına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında yaprak alanına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Yaprak alanının (cm²) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>
U1	63,063 ± 33.50 bcd	97,94 ± 8.58 d	50,898 ± 11.00 ab
U2	73,766 ± 15.915 cd	64,249 ± 17.30 abc	48,618 ± 17.18 ab
U3	79,526 ± 25.470 d	60,772 ± 20.47 ab	66,434 ± 18.82 bc
U4	51,921 ± 16.177 ab	56,773 ± 23.83 a	71,103 ± 29.75 c
U5	58,738 ± 21.843 bc	73,298 ± 36.66 abc	55,019 ± 13.15 abc
U6	44,626 ± 18.83 ab	96,332 ± 30.00 d	63,663 ± 10.91 abc
U7	36,811 ± 10.858 a	82,547 ± 29.8 bcd	46,490 ± 22.55 a
U8	36,781 ± 10.47 a	87,131 ± 13.79 cd	50,722 ± 16.32 ab
U9	44,147 ± 13.364 ab	72,376 ± 14.08 abc	59,257 ± 16.45 abc
F	6,150	4,182	2,249
P	0,000	0,000	0,032

Varyans analizi sonuçlarına göre yaprak alanının uygulamaya bağlı değişimlerinin tüm türlerde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre TC ve TP türünde dört grup ve TT türünde üç grup oluşmuştur. En düşük değerler TC türünde U7 ve U8 uygulamalarında, TP türünde U4 uygulamasında, TT türünde ise U7 türünde görülmüştür. En yüksek yaprak alanı değerleri ise TC türünde U3 uygulamasında, TP türünde U1 ve U6 uygulamasında, TT türünde ise U4 uygulamasında elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında yaprak alanına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Yaprak alanının (cm²) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>	F	P
U1	63,063 ± 33.50 a	97,94 ± 8.58 b	50,898 ± 11.00 a	13,578	,000
U2	73,766 ± 15.915 b	64,249 ± 17.30 b	48,618 ± 17.18 a	5,704	,009
U3	79,526 ± 25.470 a	60,772 ± 20.47 a	66,434 ± 18.82 a	1,951	,162
U4	51,921 ± 16.177 a	56,773 ± 23.83 a	71,103 ± 29.75 a	1,740	,195
U5	58,738 ± 21.843 a	73,298 ± 36.66 a	55,019 ± 13.15 a	1,404	,263
U6	44,626 ± 18.83 a	96,332 ± 30.00 b	63,663 ± 10.91 a	14,930	,000
U7	36,811 ± 10.858 a	82,547 ± 29.8 b	46,490 ± 22.55 a	11,492	,000
U8	36,781 ± 10.47 a	87,131 ± 13.79 c	50,722 ± 16.32 b	35,804	,000
U9	44,147 ± 13.364 a	72,376 ± 14.08 b	59,257 ± 16.45 b	9,242	,001

Varyans analizi sonuçlarına göre U3, U4 ve U5 dışındaki tüm uygulamaların tür bazında değişiminin en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Tür bazında değişimler incelendiğinde en düşük yaprak alanı değerleri U6, U7, U8, U9 uygulamalarında TC türünde, U1 ve U2 uygulamalarında TT türünde elde edilmiştir. En yüksek yaprak alanı değerleri ise U2 uygulamasında TC türünde, U1, U6, U7, U8 ve U9 uygulamalarında TP türünde elde edilmiştir. Yaprak alanı bakımından TC türü diğer türler ile kıyaslandığında kuraklık ve UV- B streslerinden en fazla etkilenen tür olduğu görülmektedir.

4.1.7. Stres Uygulamalarının Ksilem Su potansiyeline Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında ksilem su potansiyeline

etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Ksilem su potansiyelinin (Bar) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>
U1	-14,333 ± 0.577 d	-12,000 ± 1 c	-12,000 ± 1.732 c
U2	-12,333 ± 1.527 d	-15,000 ± 1 c	-13,000 ± 1 c
U3	-14,666 ± 0.577 bcd	-13,000 ± 1 c	-14,000 ± 2 c
U4	-17,000 ± 1 b	-18,666 ± 1.527 b	-15,000 ± 2 c
U5	-28,000 ± 1 a	-27,333 ± 4.041 a	-27,333 ± 1.527 a
U6	-16,666 ± 1.527 bc	-20,333 ± 1.154 b	-15,333 ± 0.577 c
U7	-15,666 ± 1.527 bc	-21,000 ± 2.645 b	-20,333 ± 1.527 b
U8	-28,333 ± 1.527 a	-29,333 ± 0.577 a	-28,666 ± 4.041 a
U9	-27,333 ± 2.081 a	-29,333 ± 1.154 a	-27,666 ± 1.527 a
F	70,643	38,889	35,827
P	0,000	0,000	0,000

Varyans analizi sonuçlarına göre su potansiyeli miktarının uygulamalar arası değişiminin tüm türlerde %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Tüm türlerde ksilem su potansiyeli en düşük U5, U8 ve U9 uygulamalarında belirlenmiştir. En yüksek ksilem su potansiyeli ise TC ve TP türlerinde U1, U2 ve U3 uygulamalarında, TT türünde ise U1, U2, U3, U4 ve U6 uygulamalarında belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında ksilem su potansiyeline etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Ksilem su potansiyelinin (Bar) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>	F	P
U1	-14,333 ± 0.577 a	-12,000 ± 1 a	-12,000 ± 1.732 a	3,769	0,087
U2	-12,333 ± 1.527 a	-15,000 ± 1 a	-13,000 ± 1 a	4,000	0,079
U3	-14,666 ± 0.577 a	-13,000 ± 1 a	-14,000 ± 2 a	1,187	0,368
U4	-17,000 ± 1 a	-18,666 ± 1.527 a	-15,000 ± 2 a	4,136	0,074
U5	-28,000 ± 1 a	-27,333 ± 4.041 a	-27,333 ± 1.527 a	0,068	0,935
U6	-16,666 ± 1.527 b	-20,333 ± 1.154 a	-15,333 ± 0.577 b	15,083	0,005
U7	-15,666 ± 1.527 b	-21,000 ± 2.645 a	-20,333 ± 1.527 a	6,514	0,031
U8	-28,333 ± 1.527 a	-29,333 ± 0.577 a	-28,666 ± 4.041 a	0,123	0,887
U9	-27,333 ± 2.081 a	-29,333 ± 1.154 a	-27,666 ± 1.527 a	1,292	0,342

Varyans analizi sonucunda uygulamaların tür bazında değişiminin ise U6 ve U7 uygulamalarının en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ksilem su potansiyeli U6 uygulamasında en düşük TP türünde, en yüksek TT türünde, U7 uygulamasında ise en düşük TT türünde, en yüksek TC türünde elde edilmiştir. Diğer uygulamaların tür bazında değişimi istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir fark olmadığı belirlenmiştir.

4.1.8. Stres Uygulamalarının Bağlı Su İçeriğine Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında bağlı su içeriğine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Bağlı su içeriğinin (%) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	89,040 ± 5.522 cd	81,337 ± 2.223 cde	78,400 ± 6.347 a
U2	93,050 ± 2.274 d	85,105 ± 0.609 de	76,187 ± 0.911 a
U3	82,991 ± 1.522 bc	86,595 ± 1.438 e	80,399 ± 4.222 a
U4	86,825 ± 0.959 cd	77,477 ± 7.871 bcd	79,984 ± 4.226 a
U5	74,815 ± 4.163 a	66,237 ± 3.540 a	74,861 ± 3.731 a
U6	83,565 ± 4.393 bc	80,698 ± 4.623 cde	75,462 ± 2.384 a
U7	82,389 ± 6.428 bc	81,435 ± 5.344 cde	78,196 ± 4.872 a
U8	76,870 ± 1.387 ab	75,002 ± 7.498 bc	78,587 ± 4.617 a
U9	82,786 ± 2.593 bc	70,790 ± 0.734 ab	72,783 ± 4.322 a
F	6,837	6,324	1,082
P	,000	,001	0,418

BSİ'nin uygulamalar bazında değişimi incelendiğinde TC ve TP türlerinde, %99,9 güven düzeyinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu görülmektedir. TC ve TP türlerinde en düşük değer U5 uygulamasında elde edilirken en yüksek değer TC türünde U2 uygulamasında, TC türünde ise U3 uygulamasında belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında bağlı su içeriğine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Bağlı su içeriği (%) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	89,04 ± 5.522 a	81,337 ± 2.223 a	78,400 ± 6.347 a	3,588	0,094
U2	93,05 ± 2.274 c	85,105 ± 0.609 b	76,187 ± 0.911 a	100,460	0,000
U3	82,99 ± 1.522 a	86,595 ± 1.438 a	80,399 ± 4.222 a	3,922	0,081
U4	86,82 ± 0.959 a	77,477 ± 7.871 a	79,984 ± 4.226 a	2,610	0,153
U5	74,815 ± 4.163 a	66,237 ± 3.540 a	74,861 ± 3.731 a	5,067	0,051
U6	83,56 ± 4.393 a	80,698 ± 4.623 a	75,462 ± 2.384 a	3,277	0,109
U7	82,38 ± 6.428 a	81,435 ± 5.344 a	78,196 ± 4.872 a	0,464	0,649
U8	76,87 ± 1.387 a	75,002 ± 7.498 a	78,587 ± 4.617 a	0,364	0,709
U9	82,78 ± 2.593 b	70,790 ± 0.734 a	72,783 ± 4.322 a	14,332	0,005

BSİ'nin tür bazında değişimi ise sadece U2 ve U9 uygulamalarında istatistiki olarak anlamlı düzeydedir. BSİ U2 uygulamasında en düşük değer TT türünde, en yüksek değer ise TC türünde ölçülürken U9 uygulamasında en düşük değer TP türünde, en yüksek değerler ise TC türünde elde edilmiştir.

4.1.9. Stres Uygulamalarının Klorofil a Miktarına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında klorofil a miktarına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Klorofil a miktarının (mg/g) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	1,677 ± 0.047 f	1,691 ± 0.056 f	1,129 ± 0.018 c
U2	1,161 ± 0.067 c	1,490 ± 0.019 e	1,157 ± 0.003 c
U3	1,090 ± 0.098 c	1,383 ± 0.012 d	1,564 ± 0.024 d
U4	0,542 ± 0.034 a	1,023 ± 0.030 b	0,769 ± 0.034 a
U5	1,145 ± 0.016 c	0,740 ± 0.039 a	1,161 ± 0.019 c
U6	1,165 ± 0.001 c	1,060 ± 0.010 b	1,995 ± 0.018 e
U7	1,470 ± 0.025 e	1,402 ± 0.086 d	0,802 ± 0.072 a
U8	1,274 ± 0.024 b	0,803 ± 0.056 a	0,864 ± 0.027 b
U9	0,974 ± 0.081 b	1,148 ± 0.057 c	0,748 ± 0.019 a
F	104,596	137,720	506,273
P	0,000	0,000	0,000

Klorofil-a miktarının uygulamalar bazında değişiminin tüm türlerde %99,9 güven

düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Değerler incelendiğinde en düşük değerlerin TC türünde U4 uygulamasında, TP türünde U5 ve U8 uygulamalarında, TT türünde ise U4, U7 ve U9 uygulamalarında elde edilmiştir. En yüksek değerler ise TC ve TP türlerinde U1 uygulamasında elde edilirken TT türünde ise U6 uygulamasında elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında klorofil a miktarına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Klorofil a miktarının (mg/g) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>	F	P
U1	1,677 ± 0.047 b	1,691 ± 0.056 b	1,129 ± 0.018 a	159,445	0,000
U2	1,161 ± 0.067 a	1,490 ± 0.019 b	1,157 ± 0.003 a	66,979	0,000
U3	1,090 ± 0.098 a	1,383 ± 0.012 b	1,564 ± 0.024 c	49,692	0,000
U4	0,542 ± 0.034 a	1,023 ± 0.030 c	0,769 ± 0.034 b	159,545	0,000
U5	1,145 ± 0.016 b	0,740 ± 0.039 a	1,161 ± 0.019 b	231,296	0,000
U6	1,165 ± 0.001 b	1,060 ± 0.010 a	1,995 ± 0.018 c	5143,322	0,000
U7	1,470 ± 0.025 b	1,402 ± 0.086 b	0,802 ± 0.072 a	91,211	0,000
U8	1,274 ± 0.024 b	0,803 ± 0.056 a	0,864 ± 0.027 a	129,432	0,000
U9	0,974 ± 0.081 b	1,148 ± 0.057 c	0,748 ± 0.019 a	35,233	0,000

Toplam klorofil a’nın tür bazında değişimi tüm uygulamalarda istatistiki olarak %99.9 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. En düşük klorofil a miktarı türler arasında U1, U2, U7 ve U9 uygulamalarında TT türünde, U3 ve U4 uygulamalarında TC türünde, U5, U6 ve U8 uygulamalarında TP türünde elde edilmiştir. En yüksek klorofil a miktarı türler arasında U1, U2, U4 ve U9 uygulamalarında TP türlerinde, U7 ve U8 uygulamalarında TC türünde, U3, U5 ve U6 uygulamalarında TT türünde elde edilmiştir.

4.1.10. Stres Uygulamalarının Klorofil b Miktarı Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında klorofil b miktarına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Klorofil b miktarının (mg/g) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>
U1	0,621 ± 0.068 e	0,693 ± 0.029 e	0,309 ± 0.012 e
U2	0,551 ± 0.041 d	0,594 ± 0.007 d	0,333 ± 0.001 f
U3	0,422 ± 0.049 c	0,571 ± 0.004 cd	0,478 ± 0.018 g
U4	0,150 ± 0.024 a	0,376 ± 0.013 b	0,203 ± 0.011 c
U5	0,369 ± 0.004 bc	0,220 ± 0.023 a	0,283 ± 0.02 d
U6	0,400 ± 0.014 c	0,360 ± 0.002 b	0,628 ± 0.0001 h
U7	0,534 ± 0.011 d	0,543 ± 0.042 c	0,164 ± 0.003 b
U8	0,415 ± 0.006 c	0,234 ± 0.035 a	0,191 ± 0.006 c
U9	0,330 ± 0.033 b	0,351 ± 0.034 b	0,129 ± 0.011 a
F	47,619	126,337	445,757
P	0,000	0,000	0,000

Toplam klorofil-b miktarının uygulamalar bazında değişiminin tüm türlerde %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Değerler incelendiğinde en düşük değerlerin TC türünde U4 uygulamasında, TP türünde U5 uygulamasında ve TT türünde U9 uygulamasında elde edilmiştir. En yüksek değerler ise TC ve TP türünde U1 uygulamasında, TT türünde ise U3 ve U6 uygulamalarında elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında klorofil b miktarının (mg/g) etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Klorofil b miktarının (mg/g) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>	F	P
U1	0,621 ± 0.068 b	0,693 ± 0.029 b	0,309 ± 0.012 a	64,651	0,000
U2	0,551 ± 0.041 b	0,594 ± 0.007 b	0,333 ± 0.001 a	100,837	0,000
U3	0,422 ± 0.049 a	0,571 ± 0.004 b	0,478 ± 0.018 a	18,264	0,003
U4	0,150 ± 0.024 a	0,376 ± 0.013 c	0,203 ± 0.011 b	136,876	0,000
U5	0,369 ± 0.004 c	0,220 ± 0.023 a	0,283 ± 0.02 b	38,609	0,000
U6	0,400 ± 0.014 b	0,360 ± 0.002 a	0,628 ± 0.0001 c	865,170	0,000
U7	0,534 ± 0.011 b	0,543 ± 0.042 b	0,164 ± 0.003 a	211,970	0,000
U8	0,415 ± 0.006 c	0,234 ± 0.035 b	0,191 ± 0.006 a	92,800	0,000
U9	0,330 ± 0.033 b	0,351 ± 0.034 b	0,129 ± 0.011 a	56,013	0,000

Toplam klorofil a'nın tür bazında değişimi tüm uygulamalarda istatistiki olarak %99.9

düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. En düşük klorofil a miktarı türler arasında U1, U2, U7, U8 ve U9 uygulamalarında TT türünde, U3 ve U4 uygulamalarında TC türünde, U5 ve U6 uygulamalarında TP türünde elde edilmiştir. En yüksek klorofil b miktarı türler arasında U1, U2, U3, U4, U7 ve U9 uygulamalarında TP türlerinde, U5 ve U8 uygulamalarında TC türünde, U6 uygulamasında TT türünde elde edilmiştir. En düşük değerler U1, U8 ve U9 uygulamasında TT türünde iken U5 uygulamasında ise TP türünde elde edilmiştir.

4.1.11. Stres Uygulamalarının Toplam Karotenoid Miktarına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında toplam karotenoid miktarına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Toplam karotenoid miktarının (mg/g) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	0,202 ± 0.004 e	0,361 ± 0.013 g	0,174 ± 0.006 e
U2	0,163 ± 0.012 d	0,223 ± 0.005 e	0,188 ± 0.008 ef
U3	0,164 ± 0.017 d	0,280 ± 0.003 f	0,206 ± 0.003 f
U4	0,090 ± 0.006 a	0,174 ± 0.010 c	0,128 ± 0.011 d
U5	0,180 ± 0.004 d	0,150 ± 0.004 b	0,104 ± 0.008 c
U6	0,130 ± 0.009 c	0,138 ± 0.001 b	0,245 ± 0.001 g
U7	0,180 ± 0.001 d	0,191 ± 0.017 d	0,109 ± 0.024 cd
U8	0,109 ± 0.012 b	0,119 ± 0.011 a	0,057 ± 0.011 a
U9	0,103 ± 0.005 ab	0,141 ± 0.005 b	0,077 ± 0.005 b
F	52,263	207,146	97,342
P	0,000	0,000	0,000

Yapılan varyans analizi sonucunda toplam karotenoid miktarının uygulamalar bazında değişiminin bütün türlerde göre %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Toplam karotenoid miktarı en düşük TC türünde U8 ve U9 uygulamalarında, TP ve TT türünde ise U8 uygulamasında belirlenmiştir. En yüksek toplam karotenoid miktarı TC ve TP türlerinde U1 uygulamasında, TT türünde ise U3 uygulamasında elde edilmiştir. Sadece UV-B uygulamalarında TT ve TP türlerinde UV-B dozu arttıkça toplam karotenoid miktarının arttığı görülmektedir. Bu durum TT ve TP türlerinde UV-B’nin toplam karotenoid miktarının arttırdığını göstermektedir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında toplam karotenoid miktarına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Toplam karotenoid miktarının (mg/g) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
U1	0,202 ± 0.004 b	0,361 ± 0.013 c	0,174 ± 0.006 a	385,353	0,000
U2	0,163 ± 0.012 a	0,223 ± 0.005 c	0,188 ± 0.008 b	30,792	0,001
U3	0,164 ± 0.017 a	0,280 ± 0.003 c	0,206 ± 0.003 b	95,069	0,000
U4	0,090 ± 0.006 a	0,174 ± 0.010 c	0,128 ± 0.011 b	59,237	0,000
U5	0,180 ± 0.004 c	0,150 ± 0.004 b	0,104 ± 0.008 a	110,327	0,000
U6	0,130 ± 0.009 a	0,138 ± 0.001 b	0,245 ± 0.001 c	356,529	0,000
U7	0,180 ± 0.001 b	0,191 ± 0.017 b	0,109 ± 0.024 a	19,267	0,002
U8	0,109 ± 0.012 b	0,119 ± 0.011 b	0,057 ± 0.011 a	25,081	0,001
U9	0,103 ± 0.005 b	0,141 ± 0.005 c	0,077 ± 0.005 a	101,326	0,000

Varyans analizi sonucunda uygulamaların tür bazında değişiminin ise tüm uygulamalarının en az %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. En düşük toplam karotenoid miktarı türler arasında U2, U3, U4 ve U6 uygulamalarında TC türünde, U1, U5, U7, U8 ve U9 uygulamalarında TT türünde olduğu belirlenmiştir. En yüksek toplam karotenoid miktarı U5 uygulamasında TC türünde, U6 uygulamasında TT türünde ve diğer tüm uygulamalarda ise TP türünde olduğu belirlenmiştir. U8 ve U9 uygulamalarında karotenoid miktarı bakımından en düşük TT türünde en yüksek TP türünde olduğu görülmektedir. Genel olarak U5 ve U6 dışındaki tüm uygulamalarda tür bazında en yüksek toplam karotenoid miktarının TP türünde olduğu görülmektedir.

4.1.12. Stres Uygulamalarının Klorofil floresansına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında klorofil floresansına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.23’te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Klorofil floresansının (Fv/Fm) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	0,815 ± 0,032 a	0,839 ± 0,005 d	0,840 ± 0,004 b
U2	0,830 ± 0,008 a	0,838 ± 0,009 d	0,844 ± 0,003 b
U3	0,831 ± 0,005 a	0,833 ± 0,008 cd	0,842 ± 0,005 b
U4	0,821 ± 0,0185 a	0,833 ± 0,006 cd	0,825 ± 0,016 a
U5	0,819 ± 0,017 a	0,815 ± 0,009 a	0,823 ± 0,021 a
U6	0,836 ± 0,006 a	0,837 ± 0,006 d	0,840 ± 0,006 b
U7	0,830 ± 0,005 a	0,833 ± 0,008 cd	0,832 ± 0,009 ab
U8	0,824 ± 0,003 a	0,826 ± 0,006 bc	0,832 ± 0,004 ab
U9	0,820 ± 0,008 a	0,823 ± 0,007 ab	0,819 ± 0,009 a
F	1,368	6,044	4,300
P	0,236	0,000	0,001

Varyans analizi sonuçlarına göre klorofil floresansı TP ve TT türlerinde uygulamaya bağlı değişimi istatistiki olarak en az %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu ve TC türlerinde ise uygulamaya bağlı değişiminin en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Klorofil floresansı sonuçlarına göre en düşük değer TP türünde U5 uygulamasında, TT türünde ise U4, U5 ve U9 uygulamalarında elde edilmiştir. En yüksek değerler ise TP türünde U1, U2 ve U6 uygulamalarında, TT türünde ise U1, U2, U3 ve U6 uygulamalarında elde edilmiştir. TC türünde uygulamalar arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir fark yoktur. TT ve TP türlerinde şiddetli kuraklık ve şiddetli kuraklık+ düşük doz UV-B stres uygulamalarının sonuçları incelendiğinde düşük doz UV-B'nin şiddetli kuraklık altındaki bitkilerde klorofil floresansını arttırdığı belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında klorofil floresansına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Klorofil floresansının (Fv/Fm) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	0,815 ± 0,032 a	0,839 ± 0,005 b	0,840 ± 0,004 b	30,333	0,063
U2	0,830 ± 0,008 a	0,838 ± 0,009 ab	0,844 ± 0,003 b	40,435	0,031
U3	0,831 ± 0,005 a	0,833 ± 0,008 a	0,842 ± 0,005 b	40,778	0,025
U4	0,821 ± 0,0185 a	0,833 ± 0,006 a	0,825 ± 0,016 a	0,891	0,431
U5	0,819 ± 0,017 a	0,815 ± 0,009 a	0,823 ± 0,021 a	0,308	0,739

Çizelge 4.24. (Devam) Klorofil floresansının (Fv/Fm) türlere bağlı değişimi.

U6	0,836 ± 0,006 a	0,837 ± 0,006 a	0,840 ± 0,006 a	0,629	0,546
U7	0,830 ± 0,005 a	0,833 ± 0,008 a	0,832 ± 0,009 a	0,314	0,735
U8	0,824 ± 0,003 a	0,826 ± 0,006 ab	0,832 ± 0,004 b	40,158	0,037
U9	0,820 ± 0,008 a	0,823 ± 0,007 a	0,819 ± 0,009 a	0,265	0,771

Varyans analizi sonucunda U1, U2, U3 ve U8 uygulamalarının tür bazında değişiminin en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Tür bazında değişimler incelendiğinde en düşük klorofil floresansı değerleri U1, U2, U3 ve U8 uygulamalarında TC türünde, en yüksek değerler ise U1, U2, U3, U8 uygulamalarında TT türünde elde edilmiştir. Diğer uygulamalarda ise türler arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde fark olmadığı belirlenmiştir.

4.1.13. Stres Uygulamalarına Bağlı Elektrolit Sızıntının Belirlenmesi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında elektrolit sızıntının etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25. Elektrolit sızıntının (%) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	18,358 ± 0.880 b	20,504 ± 0.354 c	15,332 ± 0.671 f
U2	11,899 ± 0.738 a	20,493 ± 1.858 c	14,368 ± 0.114 de
U3	20,063 ± 1.140 b	20,549 ± 1.217 c	12,355 ± 0.393 ab
U4	19,774 ± 1.021 b	20,755 ± 0.544 c	13,497 ± 0.131 cd
U5	22,434 ± 3.326 bc	19,683 ± 1.274 c	14,978 ± 0.802 ef
U6	20,200 ± 1.051 b	18,218 ± 1.038 bc	16,683 ± 0.933 g
U7	22,604 ± 2.160 bc	14,245 ± 2.472 a	13,425 ± 0.123 cd
U8	18,760 ± 1.063 b	17,015 ± 0.147 b	11,555 ± 0.444 a
U9	25,667 ± 6.772 c	14,259 ± 1.578 a	13,144 ± 0.362 bc
F	5,739	11,522	27,062
P	0,001	0,000	0,000

ES miktarının uygulama bazında değişimi tüm türlerde istatistiki olarak en az %99 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur. En düşük elektrolit sızıntı TC türünde U2 uygulamasında, TP türünde U7 ve U9 uygulamalarında, TT türlerinde ise U8 uygulamasında elde edilirken, en yüksek elektrolit sızıntı TC türünde U5, U7 ve U9

uygulamalarında, TP türünde ise U1, U2, U3, U4, U5 ve U6 uygulamalarında, TT türünde ise U6 uygulamasında belirlenmiştir. Elektrolit sızıntının her bir türde uygulama bazında değişiminin farklı şekilde olduğu belirlenmiştir. Bu durum bitkilerin maruz kaldıkları stres uygulamalarında farklı şekilde reaksiyon verdiklerini göstermektedir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında elektrolit sızıntının etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.26' da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Elektrolit sızıntının (%) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
U1	18,358 \pm 0.880 b	20,504 \pm 0.354 c	15,332 \pm 0.671 a	44,915	0,000
U2	11,899 \pm 0.738 a	20,493 \pm 1.858 c	14,368 \pm 0.114 b	43,898	0,000
U3	20,063 \pm 1.140 b	20,549 \pm 1.217 b	12,355 \pm 0.393 a	64,748	0,000
U4	19,774 \pm 1.021 b	20,755 \pm 0.544 b	13,497 \pm 0.131 a	102,737	0,000
U5	22,434 \pm 3.326 b	19,683 \pm 1.274 b	14,978 \pm 0.802 a	9,596	0,014
U6	20,200 \pm 1.051 b	18,218 \pm 1.038 ab	16,683 \pm 0.933 a	9,156	0,015
U7	22,604 \pm 2.160 b	14,245 \pm 2.472 a	13,425 \pm 0.123 a	21,515	0,002
U8	18,760 \pm 1.063 c	17,015 \pm 0.147 b	11,555 \pm 0.444 a	94,152	0,000
U9	25,667 \pm 6.772 b	14,259 \pm 1.578 a	13,144 \pm 0.362 a	8,916	0,016

Varyans analizi sonucunda uygulamaların tür bazında değişiminin en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Tür bazında değişimler incelendiğinde en düşük elektrolit sızıntı değerleri U1, U3, U4, U5, U6, U7, U8, U9 uygulamalarında TT türünde, U2 uygulamasında ise TC türünde elde edilirken en yüksek elektrolit sızıntı U1, U2, U3, U4 uygulamalarında TP türünde, U5, U6, U7, U8, U9 uygulamalarında ise TC türünde elde edilmiştir. Genel olarak incelendiğinde uygulamalar bazında elektrolit sızıntının değişimi TC>TP>TT şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca TP türünün diğer türlerden farklı cevaplar vermesinin sebebi strese diğer türlerden daha erken cevap vermesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

4.1.14. Stres Uygulamalarının Net Fotosentez (Asimilasyon) Oranı Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında net fotosentez

(asimilasyon) oranına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Net fotosentez (asimilasyon) oranının (A_{net} $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	9,729 \pm 0,965 ef	8,511 \pm 4,138 b	5,528 \pm 2,014 bcd
U2	10,105 \pm 1,436 f	8,990 \pm 2,965 b	7,396 \pm 1,780 cd
U3	8,179 \pm 1,499 de	9,17 \pm 2,016 b	7,835 \pm 1,644 d
U4	5,098 \pm 0,692 c	10,113 \pm 3,568 b	5,294 \pm 1,779 bc
U5	4,710 \pm 1,324 bc	2,720 \pm 0,473 a	5,148 \pm 2,448 bc
U6	10,614 \pm 1,557 f	10,629 \pm 2,234 b	5,454 \pm 1,184 bcd
U7	7,499 \pm 2,224 d	9,469 \pm 1,949 b	5,751 \pm 1,834 bcd
U8	3,242 \pm 0,914 ab	0,687 \pm 0,208 a	3,573 \pm 0,603 ab
U9	2,132 \pm 1,100 a	1,834 \pm 0,424 a	2,132 \pm 1,100 a
F	26,029	13,506	5,336
P	0,000	0,000	0,000

Varyans analizi sonuçlarına göre A_{net} değerleri incelendiğinde tüm türlerde uygulamaya bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Duncan testine göre A_{net} değerleri incelendiğinde TC türünde altı grup, TP türünde iki grup ve TT türünde de dört grup oluşmuştur. Tüm türlerde en düşük değer U9 uygulamasında, en yüksek değerler ise TC türünde U2 uygulamasında, TP türünde U2 ve U3 uygulamalarında, TT türünde de U3 uygulamasında elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında net fotosentez (asimilasyon) oranına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Net fotosentez (asimilasyon) oranının (Anet $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	9,729 ± 0,965 a	8,511 ± 4,138 a	5,528 ± 2,014 a	3,170	0,078
U2	10,105 ± 1,436 a	8,990 ± 2,965 a	7,396 ± 1,780 a	1,984	0,180
U3	8,179 ± 1,499 a	9,17 ± 2,016 a	7,835 ± 1,644 a	0,811	0,467
U4	5,098 ± 0,692 a	10,113 ± 3,568 b	5,294 ± 1,779 b	7,390	0,008
U5	4,710 ± 1,324 ab	2,720 ± 0,473 a	5,148 ± 2,448 b	3,151	0,079
U6	10,614 ± 1,557 b	10,629 ± 2,234 b	5,454 ± 1,184 a	15,143	0,001
U7	7,499 ± 2,224 ab	9,469 ± 1,949 b	5,751 ± 1,834 a	4,287	0,039
U8	3,242 ± 0,914 b	0,687 ± 0,208 a	3,573 ± 0,603 b	3,114	0,000
U9	2,132 ± 1,100 a	1,834 ± 0,424 a	2,132 ± 1,100 a	0,171	0,845

Varyans analizi sonuçlarına göre uygulamaların türlere bağlı değişimleri incelendiğinde U4, U6, U7 ve U8 uygulamalarının istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Anet oranı en düşük U4 uygulamasında TC türünde, U6 ve U7 uygulamasında TT türünde, U8 uygulamasında ise TP türünde elde edilmiştir. En yüksek değerler ise U4, U6 ve U7 uygulamalarında TP türünde, U8 uygulamasında TT türünde elde edilmiştir.

4.1.15. Stres Uygulamalarının Stoma İletkenliğine Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında stoma iletkenliğine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Stoma iletkenliğinin (Sİ, $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	0,160 ± 0,037 d	0,166 ± 0,036 c	0,061 ± 0,024 c
U2	0,144 ± 0,023 d	0,110 ± 0,032 b	0,062 ± 0,029 c
U3	0,062 ± 0,021 bc	0,145 ± 0,032 bc	0,064 ± 0,023 c
U4	0,056 ± 0,011 bc	0,120 ± 0,050 b	0,056 ± 0,037 bc
U5	0,050 ± 0,014 abc	0,028 ± 0,014 a	0,0361 ± 0,016 abc
U6	0,131 ± 0,051 d	0,162 ± 0,029 c	0,029 ± 0,012 ab
U7	0,075 ± 0,031 c	0,129 ± 0,027 bc	0,035 ± 0,015 abc

Çizelge 4.29. (Devam) Stoma iletkenliğinin (Sİ, $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.

U8	0,030 \pm 0,009 ab	0,007 \pm 0,001 a	0,026 \pm 0,009 ab
U9	0,017 \pm 0,010 a	0,012 \pm 0,002 a	0,017 \pm 0,010 a
F	18,814	24,539	3,478
P	0,000	0,000	0,005

Varyans analizi sonuçlarına göre Sİ değerleri incelendiğinde tüm türlerde uygulamaya bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre türlerin uygulama bazında değişimleri incelendiğinde en yüksek değerlerin TC türünde U1, U2 ve U6 uygulamalarında, TP türünde U1 ve U6 uygulamalarında, TT türünde U1, U2 ve U3 uygulamalarında elde edilmiştir. En düşük Sİ değerleri TC türünde U9 uygulamasında, TP türünde U5, U8 ve U9 uygulamalarında, TT türünde ise U9 uygulamasında elde edilmiştir. Değerler incelendiğinde TC türünün dört grup, TP ve TT türünün ise üç grup olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerlere göre en düşük değer tür olarak TT’de elde edilmiştir. TC ve TP arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark bulunmamaktadır. Uygulamalar bakımından ise en düşük değerler U5, U8 ve U9 uygulamalarında, en yüksek değer ise U1 uygulamasında elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında stoma iletkenliğine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.30’ da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Stoma iletkenliğinin (Sİ, $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>	F	P
U1	0,160 \pm 0,037 b	0,166 \pm 0,036 b	0,061 \pm 0,024 a	15,960	0,000
U2	0,144 \pm 0,023 b	0,110 \pm 0,032 b	0,062 \pm 0,029 a	1,661	0,002
U3	0,062 \pm 0,021 a	0,145 \pm 0,032 b	0,064 \pm 0,023 a	16,792	0,000
U4	0,056 \pm 0,011 a	0,120 \pm 0,050 b	0,056 \pm 0,037 a	5,167	0,024
U5	0,050 \pm 0,014 ab	0,028 \pm 0,014 a	0,036 \pm 0,016 b	2,907	0,093
U6	0,131 \pm 0,051 b	0,162 \pm 0,029 b	0,029 \pm 0,012 a	2,345	0,000
U7	0,075 \pm 0,031 b	0,129 \pm 0,027 c	0,035 \pm 0,015 a	17,259	0,000
U8	0,030 \pm 0,009 b	0,007 \pm 0,001 a	0,026 \pm 0,009 b	12,824	0,001
U9	0,017 \pm 0,010 a	0,012 \pm 0,002 a	0,017 \pm 0,010 a	0,757	0,490

Varyans analizi sonuçlarına göre uygulamaların türlere bağlı değişimleri incelendiğinde U5 ve U9 dışındaki tüm uygulamaların istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Sİ'de en düşük değerler U1, U2, U6 ve U7 uygulamalarında TT türünde, U3 uygulamasında TC türünde, U8 uygulamasında TP türünde, U4 uygulamasında ise TC ve TP türlerinde elde edilmiştir. En yüksek değerler U1, U3, U4, U6 ve U7 uygulamalarında TP türünde, U2 ve U8 uygulamalarında ise TC türünde elde edilmiştir.

4.1.16. Stres Uygulamalarının Evapotranspirasyon (Terleme) Oranına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında evapotranspirasyon (terleme) etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Evapotranspirasyonun (terleme, T) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>
U1	0,006 ± 0,001 d	0,005 ± 0,001 bc	0,002 ± 0,001 a
U2	0,005 ± 0,001 cd	0,004 ± 0,001 b	0,001 ± 0,001 a
U3	0,002 ± 0,001 b	0,005 ± 0,001 c	0,001 ± 0,001 a
U4	0,002 ± 0,000 b	0,004 ± 0,002 b	0,001 ± 0,001 a
U5	0,002 ± 0,001 b	0,001 ± 0,001 a	0,001 ± 0,001 a
U6	0,004 ± 0,002 c	0,006 ± 0,001 c	0,001 ± 0,000 a
U7	0,002 ± 0,001 b	0,005 ± 0,001 bc	0,001 ± 0,000 a
U8	0,001 ± 0,000 ab	0,0003 ± 0,000 a	0,001 ± 0,000 a
U9	0,001 ± 0,001 a	0,0005 ± 0,000 a	0,001 ± 0,001 a
F	18,459	28,502	2,039
P	0,000	0,000	0,069

T değerleri incelendiğinde Varyans analizi sonuçlarına göre türe bağlı uygulama bazında değişiminin TC ve TP türünde istatistiki olarak anlamlı olduğu ve TT türünde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre türlerin uygulama bazındaki değişimleri incelendiğinde TC türü dört gruba, TP türü ise üç gruba ayrılmıştır. TC türünde U9 birinci grupta, U8 birinci ve ikinci grupta, U3, U4, U5 ve U7 uygulamaları ikinci grupta, U6 üçüncü grupta, U2 üçüncü ve

dördüncü grupta, U1 ise dördüncü grupta yer almaktadır. TC türünde en yüksek değerler U1 ve U2 uygulamalarında en düşük değerler ise U8 ve U9 uygulamalarında görülmüştür. TP türünde ise U5, U8 ve U9 birinci grupta, U2 ve U4 ikinci grupta, U1 ve U7 birinci ve ikinci grupta, U2 ve U4 ikinci grupta, U3 ve U6 üçüncü grupta yer almaktadır. TP türünde en yüksek değerler U3 ve U6 uygulamalarında en düşük değerler ise U8 ve U9 uygulamalarında görülmektedir. Uygulamalara bakıldığında ise en düşük değerlerin U8 ve U9 uygulamalarında, en yüksek değerlerin ise U1 uygulamasında elde edildiği görülmektedir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında evapotranspirasyona etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Evapotranspirasyonun (terleme, T) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	0,006 ± 0,001 b	0,005 ± 0,001 b	0,002 ± 0,001 a	24,150	0,000
U2	0,005 ± 0,001 b	0,004 ± 0,001 b	0,001 ± 0,001 a	22,014	0,000
U3	0,002 ± 0,001 a	0,005 ± 0,001 b	0,001 ± 0,001 a	24,367	0,000
U4	0,002 ± 0,000 a	0,004 ± 0,002 b	0,001 ± 0,001 a	5,465	0,021
U5	0,002 ± 0,001 b	0,001 ± 0,001 a	0,001 ± 0,001 a	6,547	0,012
U6	0,004 ± 0,002 b	0,006 ± 0,001 c	0,001 ± 0,000 a	3,703	0,000
U7	0,002 ± 0,001 b	0,005 ± 0,001 c	0,001 ± 0,000 a	25,085	0,000
U8	0,001 ± 0,000 b	0,0003 ± 0,000 a	0,001 ± 0,000 b	17,271	0,000
U9	0,001 ± 0,001 a	0,0005 ± 0,000 a	0,001 ± 0,001 a	1,415	0,281

Uygulamaların türe bağlı değişimleri incelendiğinde U9 uygulaması hariç diğer uygulamalarda tür bazında değişim en az %95 güven düzeyinde anlamlıdır. T değerleri en düşük U1, U2, U3, U4, U5, U6 ve U7 uygulamalarında TT türünde, U8 uygulamasında TP türünde elde edilmiştir. En yüksek E değerleri ise U1, U2, U5 ve U8 uygulamalarında TC türünde elde edilirken U3, U4, U6 ve U7 uygulamalarında TP türünde elde edilmiştir.

4.1.17. Stres Uygulamalarının Dışsal CO₂ Oranına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında dışsal CO₂ oranına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.33’te verilmiştir.

Çizelge 4.33. Dışsal CO₂ oranının (DCO, µmol mol⁻¹) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	378,06 ± 2,555 ab	381,37 ± 8,000 a	388,67 ± 4,131 abc
U2	378,07 ± 3,008 ab	38,89 ± 6,026 a	385,58 ± 3,588 ab
U3	389,22 ± 4,539 de	379,63 ± 4,139 a	384,60 ± 3,144 a
U4	386,72 ± 6,286 cd	378,95 ± 7,362 a	389,62 ± 3,950 bc
U5	389,52 ± 2,871 de	394,09 ± 1,152 b	389,142 ± 3,972 abc
U6	377,78 ± 3,788 a	376,83 ± 4,602 a	389,57 ± 2,415 bc
U7	383,28 ± 5,537 bc	379,44 ± 4,047 a	389,044 ± 3,689 abc
U8	393,00 ± 1,692 ef	398,50 ± 0,406 b	392,61 ± 1,343 cd
U9	395,43 ± 2,359 f	396,27 ± 0,839 b	395,43 ± 2,359 d
F	14,791	15,564	4,885
P	0,000	0,000	0,000

Varyans analizi sonuçlarına göre DCO değerleri incelendiğinde tüm türlerde uygulamaya bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre türler uygulama bazında incelendiğinde TC türünde altı grup, TP türünde iki grup ve TT türünde dört grup oluşmuştur. Tüm türlerde en yüksek değerler U5, U8 ve U9 uygulamalarında görülmüştür. En düşük değerler ise TC’de U6, U1 ve U2 uygulamalarında, TP’de U3, U4, U6 ve U7 uygulamalarında, TT’de ise U2 ve U3 uygulamalarında elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında dışsal CO₂ oranına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.34’te verilmiştir.

Çizelge 4.34. Dışsal CO₂ oranının (DCO, µmol mol⁻¹) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	378,06 ± 2,555 a	381,37 ± 8,000 ab	388,67 ± 4,131 b	5,048	0,026
U2	378,07 ± 3,008 a	38,89 ± 6,026 a	385,58 ± 3,588 a	3,702	0,056
U3	389,22 ± 4,539 b	379,63 ± 4,139 a	384,60 ± 3,144 ab	7,237	0,009
U4	386,72 ± 6,286 ab	378,95 ± 7,362 a	389,62 ± 3,950 b	4,175	0,042
U5	389,52 ± 2,871 a	394,09 ± 1,152 b	389,142 ± 3,972 a	4,494	0,035
U6	377,78 ± 3,788 a	376,83 ± 4,602 a	389,57 ± 2,415 b	18,261	0,000

Çizelge 4.34. (Devam) Dışsal CO₂ oranının (DCO, µmol mol⁻¹) türlere bağlı değişimi.

U7	383,28 ± 5,537 ab	379,44 ± 4,047 a	389,044 ± 3,689 b	5,780	0,017
U8	393,00 ± 1,692 a	398,50 ± 0,406 b	392,61 ± 1,343 a	33,652	0,000
U9	395,43 ± 2,359 a	396,27 ± 0,839 a	395,43 ± 2,359 a	0,297	0,749

Varyans analizi sonuçlarına göre DCO değerleri incelendiğinde U2 ve U9 uygulamaları hariç tüm uygulamalarda türe bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. DCO değerleri en düşük U1 uygulamasında TC türünde, U5 ve U8 uygulamasında TT türünde, U3, U4, U6 ve U7 uygulamalarında TP türünde elde edilmiştir. En yüksek DCO değerleri ise U1, U4, U6 ve U7 uygulamalarında TT türünde, U3 uygulamasında TC türünde, U5 ve U8 uygulamalarında TP türünde elde edilmiştir.

4.1.18. Stres Uygulamalarının İçsel CO₂ Oranına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında içsel CO₂ oranına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir.

Çizelge 4.35. İçsel CO₂ oranının (İCO, µmol mol⁻¹) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>
U1	253,48 ± 13,742 c	269,75 ± 27,776 d	219,94 ± 35,785 a
U2	242,18 ± 16,688 c	229,31 ± 15,908 bc	166,54 ± 35,785 a
U3	219,69 ± 39,013 bc	252,82 ± 25,883 cd	214,99 ± 85,774 a
U4	216,32 ± 10,532 abc	217,95 ± 28,414 bc	155,09 ± 65,408 a
U5	208,47 ± 35,671 abc	20,04 ± 44,120 b	153,97 ± 40,331 a
U6	218,45 ± 26,280 bc	248,76 ± 16,324 cd	140,96 ± 69,365 a
U7	178,12 ± 31,951 ab	237,97 ± 15,481 cd	169,22 ± 37,955 a
U8	184,62 ± 56,097 ab	235,04 ± 25,796 bcd	143,41 ± 35,893 a
U9	172,19 ± 23,792 a	136,36 ± 10,974 a	172,19 ± 23,792 a
F	3,978	11,914	1,542
P	0,002	0,000	0,177

İCO değerleri incelendiğinde Varyans analizi sonuçlarına göre TC ve TP türlerinde uygulamaya bağlı değişiminin en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre türler uygulama bazında incelendiğinde TC türünde üç grup, TP türünde ise dört grup oluşmuştur. TC türünde en yüksek değerler U1 ve U2 uygulamalarında, TP türünde ise U1 ve U3 uygulamalarındadır. En düşük değerler ise TC ve TP türünde de U9 uygulamasında olmuştur. TC türünde en yüksek değer olan U1 uygulaması en düşük değere sahip U9 uygulamasın yaklaşık 1,5 katıdır. TP uygulamasında en yüksek değer olan U1 uygulaması ise U9 uygulamasının yaklaşık 2 katı kadardır. Varyans analizi sonucuna göre TT türünün uygulamaya bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında içsel CO₂ oranına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.36. İçsel CO₂ oranının (İCO, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	253,48 ± 13,742 ab	269,75 ± 27,776 b	219,94 ± 35,785 a	4,318	0,039
U2	242,18 ± 16,688 b	229,31 ± 15,908 b	166,54 ± 35,785 a	13,558	0,001
U3	219,69 ± 39,013 a	252,82 ± 25,883 a	214,99 ± 85,774 a	0,668	0,531
U4	216,32 ± 10,532 b	217,95 ± 28,414 b	155,09 ± 65,408 a	3,705	0,056
U5	208,47 ± 35,671 a	20,04 ± 44,120 a	153,97 ± 40,331 a	2,664	0,110
U6	218,45 ± 26,280 b	248,76 ± 16,324 b	140,96 ± 69,365 a	8,037	0,006
U7	178,12 ± 31,951 a	237,97 ± 15,481 b	169,22 ± 37,955 a	7,763	0,007
U8	184,62 ± 56,097 ab	235,04 ± 25,796 b	143,41 ± 35,893 a	6,192	0,014
U9	172,19 ± 23,792 b	136,366 ± 10,974 a	172,19 ± 23,792 b	5,125	0,025

İCO değerleri incelendiğinde Varyans analizi sonuçlarına göre U3, U4 ve U5 uygulamaları hariç uygulamaların türe bağlı değişimlerinin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. İCO değerleri en düşük U1 uygulamasında TC türünde, U5 ve U8 uygulamasında TT türünde, U3, U4, U6 ve U7 uygulamalarında TP türünde elde edilmiştir. En yüksek İCO değerleri ise U1, U4, U6 ve U7 uygulamalarında TT türünde, U3 uygulamasında TC türünde, U5 ve U8 uygulamalarında TP türünde elde edilmiştir.

4.1.19. Stres Uygulamalarının İçsel Su Kullanım Etkinliğine Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında içsel su kullanım etkinliğine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.37'de

verilmiştir.

Çizelge 4.37. İçsel su kullanım etkinliğinin (İSKE, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	62,43 \pm 10,001 a	50,69 \pm 19,231 a	93,66 \pm 22,869 a
U2	70,63 \pm 9,909 ab	80,60 \pm 7,694 bcd	127,38 \pm 24,701 ab
U3	141,01 \pm 36,070 e	64,54 \pm 15,352 ab	135,39 \pm 50,359 abc
U4	91,72 \pm 9,388 abc	87,59 \pm 17,707 cde	117,74 \pm 51,452 ab
U5	93,41 \pm 11,340 bcd	106,09 \pm 28,593 e	186,18 \pm 58,809 cd
U6	86,38 \pm 19,004 abc	65,44 \pm 8,720 abc	194,20 \pm 37,828 d
U7	107,13 \pm 24,330 cd	73,61 \pm 9,062 bcd	170,98 \pm 48,513 bcd
U8	113,98 \pm 35,948 cde	88,15 \pm 16,277 de	141,37 \pm 23,455 abcd
U9	122,56 \pm 16,020 de	15,65 \pm 8,493 e	122,56 \pm 16,020 ab
F	6,663	16,936	3,548
P	0,000	0,000	0,004

Varyans analizi sonuçlarına göre İSKE değerleri incelendiğinde tüm türlerin uygulamaya bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Türlerin uygulamaya bağlı değişimleri incelendiğinde TC türünde beş grup, TP türünde altı grup, TT türünde ise dört grup olduğu görülmektedir. En düşük değerler tüm türlerde U1 uygulamasında görülürken en yüksek değerler TC türünde U3, TP türünde U9, TT türünde ise U6 uygulamasında görülmüştür. TP türünde en yüksek değere sahip U9 uygulaması en düşük değerden (U1 uygulamasından) 5 kat daha fazladır. TC ve TT türlerinde ise en düşük değer ile en yüksek değer arasında iki kattan daha fazla fark olduğu belirlenmiştir.

Ortalama değerlere göre Duncan testi sonucunda TC ve TP türleri ilk grupta, TT türü diğer grupta yer almıştır. Uygulamalarda ise en yüksek değerler U5 ve U9 uygulamalarında, en düşük değer ise U1 uygulamasında elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında içsel su kullanım etkinliğine etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.38'de

verilmiştir.

Çizelge 4.38. İçsel su kullanım etkinliğinin (İSKE, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	62,43 ± 10,00 a	50,69 ± 19,231 a	93,66 ± 22,869 b	7,452	0,008
U2	70,63 ± 9,90 a	80,60 ± 7,694 a	127,38 ± 24,701 b	17,943	0,000
U3	141,01 ± 36,07 b	64,54 ± 15,352 a	135,39 ± 50,359 b	6,689	0,011
U4	91,72 ± 9,38 a	87,59 ± 17,707 a	117,74 ± 51,452 a	1,315	0,305
U5	93,41 ± 11,34 a	106,09 ± 28,593 a	186,18 ± 58,809 b	8,616	0,005
U6	86,38 ± 19,00 a	65,44 ± 8,720 a	194,20 ± 37,828 b	38,333	0,000
U7	107,13 ± 24,33 a	73,61 ± 9,062 a	170,98 ± 48,513 b	12,123	0,001
U8	113,98 ± 35,94 ab	88,15 ± 16,277 a	141,37 ± 23,455 b	5,042	0,026
U9	122,56 ± 16,02 a	150,65 ± 8,493 b	122,56 ± 16,020 a	6,740	0,011

Varyans analizi sonuçlarına göre İSKE değerleri incelendiğinde U4 uygulaması dışındaki uygulamalarda türe bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre uygulamaların türe bağlı değişimlerinde en yüksek değerlerin U9 uygulaması hariç tüm uygulamalarda TT türünde olduğu görülmüştür. U9 uygulamasında en yüksek değer TP türünde olduğu belirlenmiştir. En düşük değerler ise U1, U3, U6, U7 ve U8 uygulamalarında TP türünde, U2 ve U5 uygulamalarında TC türünde olduğu belirlenmiştir.

4.1.20. Stres Uygulamalarının Su kullanım Etkinliğine Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında su kullanım etkinliğinin etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.39’da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Su kullanım etkinliğinin (SKE, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	1502,10 ± 175,66 a	1559,75 a ± 605,99	2692,03 ± 619,14 ab
U2	1835,14 ± 233,82 ab	2042,95 abc ± 221,99	4415,97 ± 645,06 cd
U3	3144,10 ± 959,99 d	1620,39 ab ± 316,28	4380,74 ± 1376,99 cd
U4	2071,15 ± 170,64 ab	2413,40 c ± 366,06	3010,49 ± 990,58 abc
U5	1671,87 ± 167,45 a	2144,34 bc ± 524,76	3683,25 ± 1059,11 bc
U6	2370,59 ± 438,48 bc	1698,34 ab ± 248,21	5621,75 ± 962,74 d
U7	2767,36 ± 529,9 cd	1803,07 ab ± 192,81	4409,81 ± 1716,40 cd

Çizelge 4.39. (Devam) Su kullanım etkinliğinin (SKE, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.

U8	2083,73 \pm 645,61 ab	1903,98 ab \pm 361,27	2773,22 \pm 374,67 ab
U9	2113,659 \pm 286,77 ab	3078,541 d \pm 191,84	2113,65 \pm 286,77 a
F	6,001	8,616	6,347
P	0,000	0,000	0,000

Varyans analizi sonuçlarına göre SKE tüm türlerde uygulamalara bağlı değişimin istatistiki olarak en az %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Türlerin uygulamaya bağlı değişimleri incelendiğinde TC türünde en düşük değerler U1 ve U5 uygulamalarında, TP türünde U1 uygulamasında ve TT türünde ise U9 uygulamasında olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerlerin ise TC türünde U3 uygulamasında, TP türünde U9 uygulamasında ve TT türünde ise U6 uygulamasında olduğu görülmüştür.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında su kullanım etkinliğinin etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.40'ta verilmiştir.

Çizelge 4.40. Su kullanım etkinliğinin (SKE, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	1502,10 \pm 175,66 a	1559,75 \pm 605,99 a	2692,03 \pm 619,14 b	8,642	0,005
U2	1835,14 \pm 233,82 a	2042,95 \pm 221,99 a	4415,97 \pm 645,06 b	59,296	0,000
U3	3144,10 \pm 959,99 b	1620,39 \pm 316,28 a	4380,74 \pm 1376,99 b	9,828	0,003
U4	2071,15 \pm 170,64 a	2413,40 \pm 366,06 a	3010,49 \pm 990,58 a	2,962	0,090
U5	1671,87 \pm 167,45 a	2144,34 \pm 524,76 a	3683,25 \pm 1059,11 b	11,643	0,002
U6	237,59 \pm 438,48 a	1698,34 \pm 248,21 a	5621,75 \pm 962,74 b	55,928	0,000
U7	2767,36 \pm 529,9 b	1803,07 \pm 192,81 b	4409,81 \pm 1716,40 b	7,983	0,006
U8	2083,73 \pm 645,61 a	1903,98 \pm 361,27 a	2773,22 \pm 374,67 b	4,592	0,033
U9	2113,65 \pm 286,77 a	3078,541 \pm 191,84 b	2113,65 \pm 286,77 a	23,127	0,000

Varyans analizi sonuçlarına göre SKE U4 uygulaması hariç tüm uygulamalarda türe bağlı değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre uygulamaların türe bağlı değişimlerinde en yüksek değerlerin U9 uygulaması hariç tüm uygulamalarda TT türünde olduğu belirlenmiştir. U9

uygulamasında ise en yüksek değerin TP türünde olduğu görülmüştür. En düşük değerler ise U1, U2, U4 ve U5 uygulamalarında TC türünde, U3, U6, U7 ve U8 uygulamalarında TP türünde, U9 uygulamasında ise TC ve TT türlerinde elde edilmiştir.

4.1.21. Stres Uygulamalarının Hücreler arası CO₂'nin ortamdaki CO₂'ye Oranına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında hücreler arası CO₂'nin ortamdaki CO₂'ye oranına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Hücreler arası CO₂'nin ortamdaki CO₂'ye oranının (HCO, $\mu\text{mol mol}^{-1}$) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>
U1	0,670 ± 0,040 d	0,706 ± 0,060 e	0,565 ± 0,091 a
U2	0,640 ± 0,043 cd	0,601 ± 0,036 cd	0,432 ± 0,097 a
U3	0,564 ± 0,102 bcd	0,665 ± 0,065 de	0,557 ± 0,218 a
U4	0,559 ± 0,033 bcd	0,575 ± 0,074 bc	0,399 ± 0,172 a
U5	0,535 ± 0,091 abc	0,507 ± 0,113 b	0,396 ± 0,107 a
U6	0,578 ± 0,075 bcd	0,659 ± 0,039 cde	0,361 ± 0,177 a
U7	0,465 ± 0,086 ab	0,627 ± 0,039 cde	0,434 ± 0,096 a
U8	0,469 ± 0,141 ab	0,589 ± 0,064 bcd	0,365 ± 0,093 a
U9	0,435 ± 0,061 a	0,344 ± 0,027 a	0,435 ± 0,061 a
F	4,763	14,840	1,595
P	0,000	0,000	0,161

Varyans analizi sonuçlarına göre HCO değerleri incelendiğinde TT türü hariç tüm türlerde uygulamaya bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre türlerin uygulamaya bağlı değişimleri incelendiğinde TC türünde beş grup ve TP türünde de dört grup olduğu görülmektedir. TC ve TP türlerinde en düşük değerler U9 uygulamasında görülürken, en yüksek değerlerin ise (TC ve TP) her iki türde de U1 uygulamasında olduğu görülmüştür. TP türünde U1 uygulamasındaki değer U9 uygulamasındaki değerden iki kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ortalama

değerlere göre Duncan testi sonucunda TT türü ilk grupta, TC ve TP türleri diğer grupta yer almıştır. Uygulamalarda ise en yüksek değer U1 uygulamasında elde edilirken en düşük değer U9, sonraki en düşük değerler ise U5 ve U8 uygulamalarında elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında hücreler arası CO₂'in ortamdaki CO₂'ye oranına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Hücreler arası CO₂'in ortamdaki CO₂'ye oranının (HCO, (μmol mol⁻¹) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>	F	P
U1	0,670 ± 0,040 b	0,706 ± 0,060 b	0,565 ± 0,091 a	5,913	0,016
U2	0,640 ± 0,043 b	0,601 ± 0,036 b	0,432 ± 0,097 a	14,695	0,001
U3	0,564 ± 0,102 a	0,665 ± 0,065 a	0,557 ± 0,218 a	0,884	0,438
U4	0,559 ± 0,033 b	0,575 ± 0,074 b	0,399 ± 0,172 a	3,922	0,049
U5	0,535 ± 0,091 a	0,507 ± 0,113 a	0,396 ± 0,107 a	2,487	0,125
U6	0,578 ± 0,075 b	0,659 ± 0,039 b	0,361 ± 0,177 a	9,314	0,004
U7	0,465 ± 0,086 a	0,627 ± 0,039 b	0,434 ± 0,096 a	8,858	0,004
U8	0,469 ± 0,141 ab	0,589 ± 0,064 b	0,365 ± 0,093 a	5,781	0,017
U9	0,435 ± 0,061 b	0,344 ± 0,027 a	0,435 ± 0,061 b	5,166	0,024

Varyans analizi sonuçlarına göre HCO değerleri incelendiğinde U3 ve U5 uygulamaları hariç tüm uygulamalarda da türe bağlı değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların türe bağlı değişimlerinde en yüksek değerlerin U2 uygulamasında TC türünde, U1, U4, U6, U7 ve U8 uygulamalarında TP türünde, U9 uygulamasında TC ve TT türlerinde elde edilmiştir. En düşük değerler ise U1, U2, U4, U6, U7 ve U8 uygulamalarında TT türünde, U9 uygulamasında TP türünde elde edilmiştir.

4.2. STRES UYGULAMALARININ BİYOKİMYASAL PARAMETRELERE ETKİSİ

4.2.1. Stres Uygulamalarının Prolin Miktarına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında prolin miktarına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.43'te verilmiştir.

Çizelge 4.43. Prolin miktarının (mg/g) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>
U1	0,130 ± 0,001 a	0,160 ± 0,000 a	0,178 ± 0,002 a
U2	0,186 ± 0,000 b	0,336 ± 0,024 c	0,212 ± 0,002 def
U3	0,218 ± 0,004 cd	0,259 ± 0,004 bc	0,191 ± 0,010 b
U4	0,196 ± 0,019 bc	0,212 ± 0,030 ab	0,204 ± 0,002 cd
U5	0,316 ± 0,017 e	0,890 ± 0,123 e	0,312 ± 0,006 g
U6	0,225 ± 0,008 d	0,226 ± 0,005 ab	0,196 ± 0,014 bc
U7	0,230 ± 0,020 d	0,220 ± 0,070 ab	0,222 ± 0,000 f
U8	0,319 ± 0,0127 e	0,238 ± 0,006 ab	0,207 ± 0,009 cde
U9	0,207 ± 0,013 bcd	0,749 ± 0,0304 d	0,220 ± 0,003 ef
F deg,	610,919	820,423	840,912
P	0,000	0,000	0,000

Prolin miktarının uygulamalar bazında değişimi bütün türlerde istatistiki olarak anlamlı düzeydedir ($p < 0,001$). Genel olarak bütün türlerde en düşük değerler U1 uygulamasında elde edilirken en yüksek değerler ise TC türünde U5 ve U8 uygulamalarında, TP ve TT türlerinde ise U5 uygulamasında elde edilmiştir. UV-B uygulamalarında UV-B dozu artıkça TC türünde prolin miktarı artarken TP ve TT türlerinde ise azalmaktadır. TT türünde kuraklık+ düşük doz UV- B uygulamaları (U6 ve U8), kuraklık+ yüksek doz UV- B (U7 ve U9) uygulamaları ile karşılaştırıldığında daha düşük prolin miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle kuraklık (U5) ve kuraklık+ yüksek doz UV-B (U9) uygulamaları ile karşılaştırıldığında Kuraklık+ düşük doz UV-B (U8) uygulamalarının TP ve TT türleri için prolin miktarının daha düşük olduğu ölçülmüştür. Bu durum kuraklık stresinin olumsuz etkilerini belli bir doz UV-B miktarının baskılayabildiği şeklinde yorumlanmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında prolin miktarına

etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.44'te verilmiştir.

Çizelge 4.44. Prolin miktarının (mg/g) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>	F	P
U1	0,130 ± 0,001 a	0,160 ± 0,000 b	0,178 ± 0,002 c	6770,307	0,000
U2	0,186 ± 0,000 a	0,336 ± 0,024 b	0,212 ± 0,002 a	92,124	0,000
U3	0,218 ± 0,004 b	0,259 ± 0,004 c	0,191 ± 0,010 a	92,124	0,000
U4	0,196 ± 0,019 a	0,212 ± 0,030 a	0,204 ± 0,002 a	,423	0,673
U5	0,316 ± 0,01 a	0,890 ± 0,123 b	0,312 ± 0,006 a	63,647	0,000
U6	0,225 ± 0,008 b	0,226 ± 0,005 b	0,196 ± 0,014 a	8,361	0,018
U7	0,230 ± 0,020 a	0,220 ± 0,070 a	0,222 ± 0,000 a	,042	0,960
U8	0,319 ± 0,012 c	0,238 ± 0,006 b	0,207 ± 0,009 a	104,375	0,000
U9	0,207 ± 0,013 a	0,749 ± 0,030 b	0,220 ± 0,003 a	763,628	0,000

Varyans analizi sonucunda prolin miktarının U4 ve U7 dışındaki tüm uygulamalarda türler arasında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). TT türü U1 uygulaması dışında tüm uygulamalarda en düşük değere sahipken TP türü ise U1 ve U8 uygulaması dışında en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarında TT türü kontrol dışındaki tüm uygulamalarda diğer türlerle kıyaslandığında en düşük prolin miktarına sahip türdür. Bu sonuç TT nin stres uygulamalarına bağlı olarak en az prolin üreten tür olduğunu göstermektedir.

4.2.2. Stres Uygulamalarının Toplam Karbohidrat Miktarına Etkisi

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının tür bazında toplam karbohidrat miktarına etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.45'te verilmiştir.

Çizelge 4.45. Toplam karbohidrat miktarının (mg/100 g) uygulamalara bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T.tomentosa</i>
U1	1,285 ± 0.031 a	1,133 ± 0.099 a	1,308 ± 0.175 ab
U2	1,137 ± 0.169 a	0,824 ± 0.012 a	1,121 ± 0.104 ab
U3	1,076 ± 0.088 a	1,100 ± 0.139 a	1,048 ± 0.183 a
U4	1,390 ± 0.068 a	1,529 ± 0.158 b	1,748 ± 0.370 c
U5	2,578 ± 0.352 b	2,304 ± 0.287 c	2,199 ± 0.198 d
U6	1,173 ± 0.120 a	1,878 ± 0.108 b	1,353 ± 0.152 abc

Çizelge 4.45. (Devam) Toplam karbohidrat miktarının (mg/100 g) uygulamalara bağlı değişimi.

U7	1,270 ± 0.155 a	1,644 ± 0.347 b	1,491 ± 0.110 bc
U8	2,720 ± 0.219 b	3,321 ± 0.413 d	2,239 ± 0.287 d
U9	2,395 ± 0.242 b	3,354 ± 0.103 d	2,268 ± 0.298 d
F	40,210	51,457	14,048
P	0,000	0,000	0,000

Yapılan varyans analizi sonucunda toplam karbohidrat miktarının uygulamalar bazında değişimi bütün türlerde %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Genel olarak bütün türlerde en düşük değerler TC türünde U1, U2, U3, U4, U6 ve U7, TP ve TT türünde U1, U2, U3, uygulamalarında elde edilirken en yüksek değerler ise TC türünde U5, U8, U9, TP türünde U8 ve U9, TT türünde U5, U8 ve U9 uygulamalarında elde edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda TC ve TT türlerinde uygulama bazında UV-B'nin toplam karbohidrat miktarında önemli bir değişime sahip olmadığı görülürken TP türünde ise Şiddetli kuraklık+UV-B uygulamasının şiddetli kurak uygulaması ile kıyaslandığında daha fazla toplam karbohidrat miktarını arttırdığı görülmektedir. Bu durum TP türünde iki stresin birlikte daha fazla toplam karbohidrat üretimini sağladığı görülmektedir.

Çalışma kapsamında yapılan stres uygulamalarının türler arasında toplam karbohidrat miktarına (mg /g) etkisini gösteren varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.46'da verilmiştir.

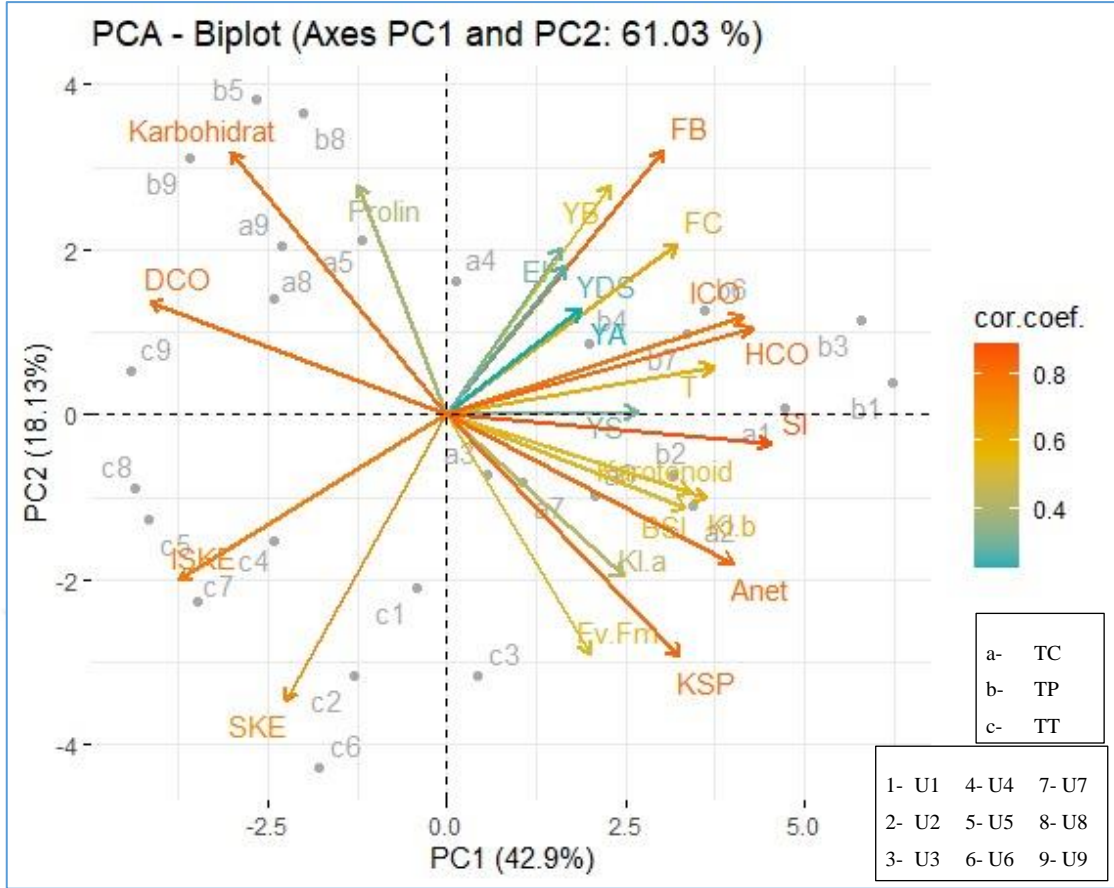
Çizelge 4.46. Toplam karbohidrat miktarının (mg/100 g) türlere bağlı değişimi.

Uygulama	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. tomentosa</i>	F	P
U1	1,285 ± 0.031 a	1,133 ± 0.099 a	1,308 ± 0.175 a	1,944	0,223
U2	1,137 ± 0.169 b	0,824 ± 0.012 a	1,121 ± 0.104 b	7,042	0,027
U3	1,076 ± 0.088 a	1,100 ± 0.139 a	1,048 ± 0.183 a	0,103	0,904
U4	1,390 ± 0.068 a	1,529 ± 0.158 a	1,748 ± 0.370 a	1,757	0,251
U5	2,578 ± 0.352 a	2,304 ± 0.287 a	2,199 ± 0.198 a	1,395	0,318
U6	1,173 ± 0.120 a	1,878 ± 0.108 b	1,353 ± 0.152 a	24,340	0,001
U7	1,270 ± 0.155 a	1,644 ± 0.347 a	1,491 ± 0.110 a	2,020	0,213
U8	2,720 ± 0.219 ab	3,321 ± 0.413 b	2,239 ± 0.287 a	8,768	0,017
U9	2,395 ± 0.242 a	3,354 ± 0.103 b	2,268 ± 0.298 a	20,026	0,002

Uygulamaların tür bazında değişiminin ise sadece U2, U6, U8 ve U9 uygulamalarında en %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu, diğer uygulamalarda ise en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Türler arasında en düşük değerler U2 uygulamasında TP türünde, U6, U8 ve U9 uygulamalarında ise TC ve TT türlerinde olduğu görülürken en yüksek değerler U2 uygulamasında TC ve TT türlerinde, U6, U8 ve U9 uygulamalarında TP türünde olduğu belirlenmiştir. Bu durum şiddetli kuraklık+UV-B uygulamalarının TP türünde diğer türlerden daha fazla toplam karbohidrat miktarında artışa neden olduğu belirlenmiştir.

4.3. STRES UYGULAMALARININ TÜR BAZINDA FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLER ÜZERİNE ETKİSİ

Kuraklık ve UV-B stres uygulamalarının tür bazında fizyolojik ve biyokimyasal değişimler üzerine etkisi ile birlikte fizyolojik ve biyokimyasal parametreler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için ordinasyon tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu analizde parametreler arasındaki ilişkiyi görsel açıdan değerlendirebilmek amacıyla R programı kullanılarak PCA analizi (Temel Bileşenler Analizi) uygulanmıştır. Yapılan analiz sonucunda eksnelere ait varyans açıklama oranları (%) Şekil 3.15'te verilmiştir.



FB: Fidan boyu, FÇ: Kök boğazı çapı, YDS: Yan dal sayısı, YS: Yaprak sayısı, YB: Yaprak boyu, YA: Yaprak alanı, BSİ: Bağlı su içeriği, Kl-a: Klorofil a miktarı, Kl-b: Klorofil b miktarı, KSP: Ksilem su potansiyeli, Fv/Fm: Klorofil floresansı, ES: Elektrolit sızıntı, Anet: Net fotosentez oranı, Sİ: Stoma iletkenliği, T: Terleme, DCO: Dışsal CO₂ oranı, İCO: İçsel CO₂ oranı, İSKE: İçsel su kullanım etkinliği, SKE: Su kullanım etkinliği, HCO: Hücreler arası CO₂'nin ortamdaki CO₂'ye oranı

Şekil 4.1.Fizyolojik ve biyokimyasal parametreler ile stres uygulaması yapılan üç ıhlamur türü arasındaki ilişkinin temel bileşen analizi ile değerlendirilmesi.

Şekil 4.1'e göre Eksen 1 ve Eksen 2'nin toplam varyans açıklama oranı %61,03 olup Eksen 1 ve Eksen 2 üzerinden grafik yorumlaması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca korelasyona en çok etki eden parametreler kırmızı ile en az etki edenler ise mavi ile gösterilmiştir. PCA analizi sonucunda elde edilen grafik incelendiğinde TP ve TC türlerinde U5, U8 ve U9 uygulamalarında prolin miktarı, karbohidrat miktarı ve elektrolit sızıntı değerleri arasında pozitif ilişki bulunurken, klorofil a miktarı, ksilem su potansiyeli, klorofil floresansı ve su kullanım etkinliği değerleri ile negatif ilişkiye sahiptir. TT türünde U9, U8 ve U5 uygulamalarında içsel su kullanım etkinliği, dışsal karbondioksit oranı ve toplam karbohidrat miktarı değerleri arasında pozitif ilişki bulunurken fidan boyu, fidan çapı, yaprak sayısı, yaprak boyu, bağlı su içeriği, klorofil a, b miktarı, toplam karotenoid miktarı, ksilem su potansiyeli, klorofil floresansı, net

fotosentez oranı, stoma iletkenliği, terleme ve hücreler arası CO₂'nin ortamdaki CO₂'ye oranı değerleri ile negatif ilişkiye sahiptir. TP türünde U1, U2, U3, U4, U6 ve U7 uygulamalarında, TC türün ise U1, U2 ve U6 uygulamalarında fidan boyu, fidan çapı, yaprak sayısı, yaprak boyu, bağıl su içeriği, klorofil a, b miktarı toplam karotenoid miktarı, elektrolit sızıntı, ksilem su potansiyel, klorofil floresansı, net fotosentez oranı, stoma iletkenliği, terleme, hücreler arası CO₂'nin ortamdaki CO₂'ye oranı değerleri arasında pozitif ilişkiye sahipken dışsal karbondioksit oranı, su kullanım etkinliği ve toplam karbohidrat miktarı değerleri ile negatif ilişkiye sahiptir. TC türü U3, U4 ve U7 uygulamalarında ksilem su potansiyeli, klorofil floresansı, içsel su kullanım etkinliği ve klorofil a miktarı değerleri aralarında pozitif ilişkiye sahipken fidan boyu, fidan çapı, yaprak boyu, elektrolit sızıntı, prolin ve toplam karbohidrat miktarı değerleri ile negatif ilişkiye sahiptir. TT türünde U1, U2, U3, U6 uygulamalarında su kullanım etkinliği, içsel su kullanım etkinliği, klorofil floresansı, ksilem su potansiyeli ve klorofil a değerleri aralarında pozitif ilişkiye sahipken fidan boyu, fidan çapı, yaprak boyu, elektrolit sızıntı, prolin miktarı ve toplam karbohidrat miktarı değerleri ile negatif ilişkiye sahiptir. Genel olarak değerlendirildiğinde TP türünde U5, U8, U9 uygulamalarının, TC türündeki U5, U8, ve U9 uygulamalarına göre daha çok etkilendiği söylenebilir. Ayrıca çalışma genelinde kuraklık stresinin UV-B stresine göre daha fazla baskın etki gösterdiği görölmektedir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bitkiler fizyolojik yapısından dolayı sıklıkla biyotik ve abiyotik stres koşullarıyla karşı karşıya kalmaktadır (Tekin ve ark., 2022). Bu stresler bitki büyümesi ve gelişimi üzerine olumsuz etkilere sahiptir (Yiğit ve ark., 2016). Bununla birlikte, bitkiler doğal koşullar altında aynı anda iki veya daha fazla abiyotik strese aynı anda maruz kalabilir. Bunlar, kırsal ve kentsel alanlarda bulunan bitkilerin gelişimini, metabolizmasını ve verimini, bireysel olarak uygulanan farklı streslerin neden olduğu yollardan farklı olabilecek yeni şekillerde etkileyebilir. Bu tür çoklu abiyotik stresten kaçınmak için, bitkiler birçok morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal mekanizma geliştirmiştir. Birden çok stresin birlikte ortaya çıkması durumunda, her stres faktörü diğer stresin olumsuz etkilerini hafifletebilir veya artırabilir (Mittler, 2006). Çoklu strese karşı bitki reaksiyonları, türlerin duyarlılığına ve stres faktörlerinin yoğunluğuna, süresine, maruziyetine ve etki şekline bağlıdır. Bu tez çalışmasında, bazı ıhlamur türlerinin UV-B ve kuraklık stresine morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri incelenmiştir.

Fidan boyu, fidan çapı, yaprak sayısı ve yan dal sayısının uygulamaya bağlı değişimlerinin tüm türlerde istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı görülürken yaprak boyu ve yaprak alanının uygulamaya bağlı değişimlerinin tüm türlerde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerlere göre stres uygulamalarının kontrol grubu ile kıyaslandığında fidan boyunda en az artışın TC türünde yüksek doz UV-B uygulamasında, TT ve TP türlerinde ise şiddetli kuraklık uygulamalarında görülürken uygulamaların tür bazında değişiminin kontrol gruplarına kıyasla en az TP türünde en fazla artışın ise TT türünde olduğu görülmektedir. Fidan çapında en az artışı TC şiddetli kuraklık+ düşük doz UV-B uygulamasında, TP türünde yüksek doz UV-B uygulamasında TT türünde ise şiddetli kuraklık+yüksek doz UV-B uygulamasında görülürken uygulamaların tür bazında değişiminin kontrol gruplarına kıyasla en az TC türünde en fazla artışın ise TT türünde olduğu görülmektedir. Yan dal sayısı artışı en az TC türünde düşük doz UV-B uygulamasında, TP türünde ılımlı kuraklık+düşük doz UV-B uygulamalarında, TT türünde ılımlı+yüksek doz UV-B

uygulamasında görülürken uygulamaların tür bazında değişiminin kontrol gruplarına kıyasla en az TP türünde en fazla artışın ise TT türünde olduğu görülmektedir. Yaprak sayısının en az artışı TC türünde şiddetli kuraklık uygulamasında, TP türünde şiddetli kuraklık+düşük doz UV-B uygulamasında TT türünde ılımlı kuraklık+ yüksek doz UV-B uygulamasında görülürken uygulamaların tür bazında değişiminin kontrol gruplarına kıyasla en az TT türünde en fazla artışın ise TC türünde olduğu görülmektedir. Yaprak boyunun en az artışı TC türünde yüksek doz UV-B uygulamasında, TP türünde şiddetli kuraklık uygulamasında, TT türünde şiddetli kuraklık+düşük doz UV-B uygulamasında görülürken uygulamaların tür bazında değişiminin kontrol gruplarına kıyasla en az TP türünde en fazla artışın ise TT türünde olduğu görülmektedir. Yaprak alanının en az artışı TC türünde şiddetli kuraklık+ düşük doz UV-B uygulamasında, TP türünde ılımlı kuraklık uygulamasında, TT türünde ılımlı kuraklık+yüksek doz UV-B uygulamasında görülürken uygulamaların tür bazında değişiminin kontrol gruplarına kıyasla en az TP türünde en fazla artışın ise TT türünde olduğu görülmektedir. Önceki yapılan çalışmalarda *Betula pendula* (Robson ve ark., 2015) ve *Picea asperata* (Duan ve ark., 2011) türlerinde UV-B bağlı olarak fidan boyunda artış olduğu belirlenmiştir. Fakat yapılan başka çalışmalarda fidan boyuna UV-B'nin kontrol ile karşılaştırıldığında olumsuz, kuraklık ve kurak+UV-B stresleri ile karşılaştırıldığında olumlu etki gösterdiğini belirtmişlerdir (Turtola ve ark., 2006; Ren ve ark., 2007; Araújo ve ark., 2016; Wijewardana ve ark., 2016;). Fidan çapı ve yan dal sayısının değişiminin ise istatistiksel olarak anlamsız düzeyde olduğu bildirilmiştir (Sangtarash ve ark., 2009; Robson ve ark., 2015; Díaz-Guerra ve ark., 2019). UV-B radyasyonunun bitki gelişimine etkisini belirlemeyi amaçlayan çalışmalarda artan UV-B radyasyonunun bitkilerde çap, boy, yaprak sayısı ve biyokütle kaybına sebep olduğu (Liu ve ark., 2016; Fu ve Shen, 2017; Skórska ve ark., 2019) hatta bitki fenolojisini dahi etkilediği (Stromme ve ark., 2019) belirlenmiştir. *Morus alba* (Zhang ve ark., 2019), *Populus tremula* (Randriamanana ve ark., 2015), *Populus kangdingensis* (Ren ve ark., 2007), *Vitis vinifera* (Martínez-Lüscher ve ark., 2015), *Moringa oleifera* (Araújo ve ark., 2016) türleri üzerine yapılan çalışmalarda yaprak alanının UV-B stresi uygulamasına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Ayrıca diğer bazı çalışmalarda UV-B stresi uygulamaları yaprak alanında azalma meydana geldiğini göstermektedir (Matthew Robson ve ark., 2015; Díaz-Guerra ve ark., 2019; Jansen ve ark., 2022). Bizim çalışmada da UV-B stresi, kuraklık stresi ve bu iki

stresinin kombinasyonlarının türler arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum yaprak morfolojik yapısı ile ilgili olabilir. Nitekim bu konuda yapılan çalışmalarda yaprak büyüklüğü, kalınlığı, tüylü yapısı, mumsu tabakanın varlığı gibi yaprak anatomik ve morfolojik özelliklerinin stres etmenlerine verilen tepkide belirleyici olduğu vurgulanmıştır (Bhusal ve ark., 2020; Yiğit ve ark., 2021; Yang ve ark., 2021).

Ksilem su potansiyelinin uygulamalar arası değişiminin tüm türlerde %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Tüm türlerde en düşük KSP değerleri şiddetli kuraklık uygulamalarında elde edilirken en yüksek değerler kontrol ve sadece UV-B uygulamalarında elde edilmiştir. Uygulamaların tür bazında değişiminin kontrol gruplarına kıyasla ksilem su potansiyelinde en fazla azalma TP türünde en az ise TC türünde olduğu görülmektedir. Daha önceki çalışmalar, gelişmiş UV-B radyasyonu altında büyüyen bitkilerin, artan UV-B seviyelerine yanıt olarak yaprak su potansiyelindeki veya yaprak nispi su içeriğindeki artışla ilişkili olan su stresine karşı daha toleranslı olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, artan UV-B radyasyonu ve kuraklığın kombinasyonu altında gelişen bitkilerde su durumunu açıklayacak mekanizmalar hakkındaki bilgi miktarı oldukça sınırlıdır (Perez-Martin ve ark., 2014; Bernal ve ark., 2015; Robson ve ark., 2015; Dias ve ark. 2018).

Yaprak su durumunun bir göstergesi olan BSİ (bağlı su içeriği)'nin uygulamalar arası değişiminin TC ve TT türlerinde %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu ve TT türünde ise istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı belirlenmiştir. BSİ değerleri tüm türlerde en düşük şiddetli kuraklık uygulamalarında elde edilirken en yüksek kontrol ve sadece UV-B uygulamalarında elde edilmiştir. Ayrıca tüm türlerde şiddetli kuraklık+UV-B uygulamalarının şiddetli kuraklık uygulamaları ile kıyaslandığında, kuraklık+UV-B uygulamalarının daha yüksek BSİ değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum belli bir dereceye kadar UV-B miktarının kuraklık stresinin olumsuz etkisini azalttığı görülmektedir. Bizim sonuçlarımız ile benzer önceki birkaç çalışma, düşük su mevcudiyeti ve UV-B streslerine maruz bırakılan bitkilerde su açığının düzeldiğini bildirmişlerdir (Manetas ve ark., 1997; Nogués ve ark., 1998; Schmidt ve ark., 2000; Poulson ve ark., 2006; Feng ve ark., 2007; Ennajeh ve ark., 2010; Hassan ve ark., 2011). Diğer çalışmalarda, yüksek UV-B radyasyonunun osmolit üretimi veya kütikül kalınlığındaki artışlar yoluyla BSİ'ni koruduğu bildirilmiştir (Bandurska ve ark., 2013; Dias ve ark., 2020).

Hideg ve arkadaşlarına göre (2013), UV-B radyasyonu, Klorofil a ve b bozulmasına neden olan serbest radikaller üretir ve bununla birlikte fotosentetik mekanizmanın bozulmasına yol açmaktadır (Piccini ve ark. 2020; Çiçek ve ark., 2020). Klorofil a ve klorofil b miktarının uygulamalar arası değişiminin tüm türlerde %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Klorofil a ve b bakımından en yüksek değerler kontrol grubunda elde edilirken en düşük değerler TC ve TP türünde şiddetli kuraklık uygulamasında, TT türünde ise şiddetli kuraklık+ yüksek doz UV-B uygulamasında elde edilmiştir. Ayrıca şiddetli kuraklık+ yüksek doz UV-B uygulamalarının klorofil a ve b miktarlarında ektili bir düşüşe neden olduğu belirlenmiştir. *Vitis vinifera* (Doupis ve ark. 2012), *Moringa oleifera* (Araújo ve ark., 2016), *Olea europaea* L. (Dias ve ark, 2020), *Populus yunnanensis*, *Populus szechuanica* (Yang ve ark., 2016), *Prunus dulcis* (Ranjbarfordoei ve ark. 2011), *Camptotheca acuminata* (Agarwal ve ark., 2005) türleri üzerinde yapılan kontrollü çalışmalar klorofil a ve b miktarının kuraklık ve UV stresine bağlı olarak azaldığını ortaya koymaktadır.

Karotenoidler, yardımcı ışık toplayan pigmentler olarak işlev görmelerinin yanı sıra, klorofilleri fotooksidasyondan koruyan antioksidanlar olarak da işlev görürler (Sandmann, 2019; Maoka, 2020). Toplam karotenoid miktarının TP'de diğer türlerden daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar bazında ise en düşük değerler TC türünde ılımlı kuraklık uygulamalarında, TP ve TT türlerinde şiddetli kuraklık+ düşük doz UV-B uygulamalarında en yüksek değer ise TC ve TP türlerinde kontrol uygulamasında, TT türünde yüksek doz UV-B uygulamasında elde edilmiştir. Ayrıca kuraklık stresi ve kuraklık+UV-B stresi uygulamaları ile sadece UV-B stresini karşılaştırdığımızda karotenoid miktarının sadece UV-B uygulamalarında artış gösterdiği görülmektedir. Bu artışlarda UV-B dozu artıkça artmaktadır. Daha önce yapılan benzer çalışmalarda, artan UVB radyasyonunun karotenoidlerin sentezini indüklediği bildirilmiştir (Sangtarash ve ark., 2009). Benzer şekilde *M. oleifera* (Araújo ve ark. 2016), *V. vinifera* (Doupis ve ark., 2012) ve *P. dulcis* (Ranjbarfordoe., 2009) türleri üzerine yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar da bizim bulduğumuz sonuçları desteklemektedir. Özellikle, UVB stresinden sonra karotenoid artışı fotosentetik aparatı koruyabilir ve fotoinhibisyonu önleyerek fazla enerjinin dağılmasına yardımcı olabilir (Takahashi ve Badger, 2011).

Hem kuraklık hem de UV-B stresi ile artan ROT miktarı fotosentetik parametrelere zarar

verdiğinden, fotosistem fonksiyonunun klorofil floresansı ile ölçülmesi, genellikle abiyotik stresin etkisinin bitki organlarına zarar vermeden ölçülmesine olanak sağlamaktadır (Murchie & Lawson, 2013). Bu tez çalışmada da klorofil floresansı değerlerinin uygulamalar arası değişiminin TP ve TT türünde en az %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu ve TC türünde ise anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Uygulamalar bazında ise en düşük değerler TP türünde şiddetli kuraklık uygulamasında, TT türünde ise şiddetli kuraklık ve Şiddetli kuraklık+ yüksek doz UV-B uygulamalarında elde edilmiştir. Daha önceki yapılan çalışmalarda *Olea europaea* (Piccini ve ark., 2020; Silva ve ark., 2018), *Nicotiana benthamiana* (Mátai ve ark., 2019), *Moringa oleifera* (Araújo ve ark., 2016), türlerinde UV-B stresine bağlı olarak klorofil floresansında kayda değer azalma olduğu belirtilmiştir. Ranjbarfordoei ve ark, (2011), UV-B stresinin *Prunus dulcis* bitkisi üzerindeki etkisini gözlemlemişler ve UV-B stresinin fotosistem II (PSII) aktivitesi üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı PSII'nin ışık toplama kompleksinin bozulmasına işaret eden F0'da bir artış bulmuşlardır. Fv'de önemli bir azalma olduğunu ve bu değişken floresanı (Fv, Fv/Fm ve F0/Fm) etkileyen PSII kuantum veriminde bir düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir.

Elektrolit sızıntısının ölçülmesi, hücre zarı termostabilitesini tahmin etmek için uzun süredir kullanılan bir yöntemdir. Hücre zarları, birçok çevresel stresin ilk hedeflerinden biri olduğu için, kararlılıkları ve bütünlükleri, çoklu stres koşulları altındaki bitkilerde stres toleransının önemli bir bileşenidir (Shen ve ark, 2015; Torun, 2022). Elektriksel iletkenlik ölçümleri kullanılarak ifade edilen toplam elektrolit sızıntısı, çeşitli abiyotik stres koşullarında göreceli hasarı değerlendirmek için başarıyla kullanılmıştır. (Reddy ve ark., 2004; Koti ve ark., 2007; Sevik ve Karaca, 2016; Wijewardana ve ark., 2016). Bu çalışmada ortalama değerlere göre EL'nin değişiminin uygulamalar bazında en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Tür bazında ise EL'nin değişimi TC>TP>TT şeklinde sıralanmaktadır. Ayrıca TC türünde kontrol ile karşılaştırıldığında en yüksek sızıntının sırasıyla şiddetli kuraklık+yüksek doz UV-B (U9), Şiddetli kuraklık (U5) ve Şiddetli kuraklık+ Düşük Doz UV-B (U8) meydana gelirken TP ve TT türlerinde ise kontrol ile karşılaştırıldığında elektrolit sızıntı miktarının yakın olduğu görülmektedir. Türler arasındaki farklılıkların yaprak yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Daha önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde *Moringa oleifera* fidanlarında stres uygulamalarının başlaması ile birlikte oluşan membran hasarları belli bir süre sonra,

toplam antioksidan sistemin (ABTS ve GR aktivitesi) genel artışı ile elektrolit sızıntısının kontrol bitkilerine yakın seviyelere geri dönmesine katkı sağladığı (Araújo ve ark., 2016), *Prunus dulcis* fidanlarına uygulanan 4 farklı UV-B stresinin yüksek dozlarda sırasıyla %21 ve % 39 kadar elektrolit sızıntı artış olduğu belirlenmiştir (Ranjbarfordoei ve ark., 2009).

Fotosentetik ölçüm verileri incelendiğinde ortalama değerlere göre Net fotosentez (asimilasyon, Anet) oranı değerinin tür bazında değişimi istatistiki olarak anlamlı düzeyde değildir. Uygulamalar bazında ise en düşük değerler şiddetli kuraklık+ UV-B uygulamalarında elde edilirken en yüksek değerler düşük doz UV-B (U2) ve ılımlı kuraklık + düşük doz UV-B (U6) uygulamalarında elde edilmiştir. Bu sonuç A değerinin ılımlı + UV-B uygulamalarından olumlu şiddetli kuraklık uygulamalarından ise olumsuz yönde etkilendiği şeklinde yorumlanabilir.

Stoma iletkenliği değerlerinin tür olarak TT’de diğer türlerden daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar bakımından ise en düşük değerler şiddetli kuraklık ve Şiddetli kuraklık+ UV-B uygulamalarında, en yüksek değer ise kontrol grubunda elde edilmiştir. Daha önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde *Pistacia lentiscus* (Llusia ve ark., 2012), *Vicia faba* (Hassan ve ark., 2011, 2013), *Betula pendula* (Robson ve ark., 2015), *Picea asperata* (Lu ve ark., 2007), *Picea asperata* (Duan ve ark., 2011), *Populus yunnanensis* (Duan ve ark., 2008), *Arbutus unedo*, *Quercus suber* (Díaz-Guerra ve ark., 2019) türlerinde stoma iletkenliğinin kuraklık stresinin olumsuz etkisini kuraklık+UV-B stresi pozitif yönde etkilediği görülmüştür. Diğer çalışmalarda ise *Vitis vinifera* (Doupis ve ark., 2012), *Populus cathayana* (Lu ve ark., 2009), *Arbutus unedo* ve *Phillyrea angustifolia* (Verdaguer ve ark., 2018) türlerinde yapılan çalışmalarda stoma iletkenliğinin kontrol, kuraklık, UV-B, Kuraklık+UV-B streslerinde azaldığı görülmektedir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızı desteklemektedir ve türler arasında yapılan uygulamaların stoma iletkenliğini farklı şekilde etkilediğini göstermektedir.

İçsel su kullanım etkinliği ortalama değerine göre TT türünde elde edilen değerlerin diğer türlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Uygulamalarda ise en yüksek değerler şiddetli kuraklık ve şiddetli kuraklık + yüksek doz UV-B uygulamalarında, en düşük değer ise kontrol grubunda elde edilmiştir. Çalışma sonuçları hem kuraklık hem de UV-B uygulamalarının İçsel su kullanım etkinliği değerini önemli ölçüde artırdığını

göstermektedir. Bu veriler toplam karbohidrat ve prolin miktarındaki artışa ek olarak azalan stoma iletkenliğinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Ortalama değerlere göre Terleme ortalama değerlerine göre en düşük TT türün elde edilirken, TC ve TP türleri birbirine yakın ortalama değerlere sahiptir. Uygulamaların E değerine etkisi incelendiğinde ise en düşük değerlerin şiddetli kuraklık + UV-B uygulamalarında, en yüksek değer ise kontrol grubunda elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre hem UV-B uygulamalarının hem de kuraklık uygulamalarının E değerini olumsuz yönde etkilediği ancak, kuraklık uygulamalarının etkisinin daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu elde edilen değerler ise stoma iletkenliğinin ve yaprak su potansiyelindeki azalıştan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Ortalama değerlere göre su kullanım etkinliğinin uygulamalara bağlı değişimi istatistiki olarak anlamlı düzeyde değilken tür bazında ortalama değerlerin en yüksek TT türünde elde edilirken, TC ve TP türlerinin ortalama değerleri birbirine yakındır.

Dışsal CO₂ oranı değerlerinin ortalama olarak en düşük TC ve TP’de elde edildiği belirlenmiştir. Uygulamalar bakımından ise en yüksek değerler şiddetli kuraklık uygulamasında elde edilirken, şiddetli kuraklık ile birlikte uygulanan, artan UV-B uygulamasının da değerini yükselttiği belirlenmiştir.

Ortalama değerlere göre İçsel CO₂ oranı ortalama değerinin en düşük TT türünde olduğu ve TC ile TP türü arasında ortalama değerlerin yakın olduğu bulunmuştur. Uygulamalarda ise en düşük değer şiddetli kuraklık + yüksek doz UV-B uygulamasında, sonraki düşük değerler ise şiddetli kuraklık + düşük doz UV-B ve şiddetli kuraklık uygulamalarında elde edilmiştir. En yüksek değer ise kontrol grubunda elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre hem UV-B uygulamalarının hem de kuraklık uygulamalarının İCO değerini olumsuz yönde etkilediği ancak, kuraklık uygulamalarının etkisinin daha yüksek düzeyde olduğu söylenebilir.

Hücreler arası CO₂’nin ortamdaki CO₂’ye oranı ortalama değerinin en düşük TT türünde olduğu ve TC ile TP türü arasında ortalama değerlerin yakın olduğu bulunmuştur. Uygulamalarda ise en yüksek değer kontrol grubunda elde edilirken en düşük değer şiddetli kuraklık + yüksek doz UV-B, sonraki en düşük değerler ise şiddetli kuraklık ve şiddetli kuraklık + düşük doz UV-B uygulamalarında elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre hem UV-B hem de kuraklık uygulamalarının HCO değerini olumsuz yönde etkilediği

ancak, kuraklık uygulamalarının etkisinin daha yüksek düzeyde olduğu söylenebilir.

Daha önceki yapılan çalışmalarda *Betula pendula* türünde kuraklık ve kuraklık +artan UV-B stresine bağlı olarak Net fotosentez oranında ve Stoma iletkenliğinde azalış, içsel su kullanım etkinliğinde artış olduğu belirlenmiştir (Robson ve ark., 2015). Kuraklık sterine bağlı olarak hücreler arası CO₂'nin ortamdaki CO₂'ye oranında da azalış meydana geldiği belirtilmektedir (Robson ve ark., 2015). *Laurus nobilis* türünde kuraklık stresi uygulamalarının kontrol ile karşılaştırıldığında daha düşük terleme miktarına sahip olduğu görülmüştür (Bernal ve ark., 2015). Ayrıca kuraklık+UV-B stresi ve UV-A+UV-B radyasyonu ile desteklenmiş yaprak gazı değişim parametrelerinde hiçbir değişiklik olmadığı, su kullanım etkinliğinin ise kontrol uygulamalarında düşük, kuraklık ve kuraklık+ UV-B uygulanan bitkilerde önemli ölçüde daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Bernal ve ark., 2015).

Morus alba türünde UV-B, kuraklık ve bunların kombinasyonunun net fotosentez oranı (Anet), stoma iletkenliği, terleme ve hücreler arası CO₂ konsantrasyonu gibi fotosentez parametrelerini azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca tek başına kuraklık stresi fotosentez parametrelerini önemli ölçüde azaltırken, iki stresin kombinasyonu dışı bitkilerde net fotosentez oranında ve erkek bitkilerde ise terleme oranında daha fazla düşüşe neden olmaktadır. Hücreler arası karbondioksitin ortamdaki karbondioksit oranı tüm stres uygulamaları altında önemli ölçüde azalırken içsel su kullanım etkinliği stres uygulamalarında etkilenmemiştir (Zhang ve ark. 2020). *Iris tectorum* türünde gelişmiş UV-B radyasyonunun net fotosentetik oranını, stoma iletkenliğini ve terleme oranını önemli ölçüde azalttığı, hücreler arası CO₂ oranını önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir (Chu ve ark., 2022).

Fotosentetik sistem, yapısında ve işlevinde dinamik değişiklikler olan ve karmaşık çevre koşullarından etkilenen bir sistemdir. Net fotosentez oranı, stoma iletkenliği ve hücreler arası CO₂ oranı ile yakından ilişkilidir. Artan UV-B stresinin Net fotosentez oranı üzerindeki etkisi, stoma iletkenliği ve içsel karbondioksit oranı tepkileri aracılığıyla belirlenmektedir (Ke, 2006). Net fotosentez oranındaki değişikliklere stoma ile ilgili olan ve olmayan faktörlere neden olabilir. Net fotosentez oranının azalması, içsel karbondioksit oranının azalmasıyla ilişkilendirilirse, stoma iletkenliğinin azalmasının fotosentetik oranın azalmasının ana nedeni olduğu söylenebilir. Aksine, Net fotosentez

oranı ve stoma iletkenliğindeki azalma içsel karbondioksit oranındaki artışla ilişkilendirilirse, fotosentetik oranın azalmasından sorumlu ana faktörün stoma dışı faktör olduğunu söylemek mümkündür. Bunun nedeni, mezofil hücrelerinin fotosentetik aktivitesinin azalmasıdır (Chu ve ark., 2022).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, fotosentez oranındaki azalmanın stoma dışı faktörlerden kaynaklandığını göstermektedir. Kuraklık, gelişmiş UV-B radyasyonu ve bunların birlikte uygulamalarının birçok bitkide fotosentez oranının azalmasına neden olur. UV-B radyasyonunun, ışık reaksiyonu merkezi proteini D1 ve D2'nin bozulmasına neden olur, ışık toplayıcı proteinini azaltır ve Fotosistem II'nin elektron transferini engeller (Jumrani ve ark 2023). Ayrıca strese maruz kalınmayla birlikte protein kayıpları yaprakların başlıca çözünür proteini olan ve CO₂ fiksasyonunda önemli rol alan Ribulos Bifosfat Karboksilas (RuBPCase) enziminin parçalanmasıyla başlar. (Zhang ve ark., 2015). Bunların hepsi fotosentezi kısıtlayan stoma dışı faktörler olabilir.

Prolin miktarının uygulamalar arası değişiminin tüm türlerde %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. En yüksek prolin miktarı tüm türlerde şiddetli kuraklık uygulamalarında belirlenmiştir. Ayrıca tüm türlerin şiddetli kuraklık uygulaması yapılan gruplar içerisinde kuraklık+ Düşük doz UV-B (U8) uygulamasının kuraklık (U5) ve kuraklık+ Yüksek doz UV-B (U9) uygulamasına göre daha düşük prolin miktarının ölçülmesi belirli doza kadar UV-B'nin kuraklık stresini baskılayabileceğini düşündürmektedir. Daha önceki yapılan çalışmalarda kuraklık, UV-B ve bu iki stresin aynı anda uygulanması prolin miktarı üzerine etkileri, *Vitis vinifera* (Doupis ve ark. 2011), *Populus cathayana*, *Populus kangdingensis* (Ren ve ark, 2007), *Olea europaea* (Dias ve ark., 2020), *Camptotheca acuminata* (Wang ve ark., 2016) türleri üzerinde incelenmiştir. Sonuçlar bizim çalışmamıza benzer şekilde en yüksek değerlerin kuraklık uygulamalarında elde edildiğini, kuraklık +UV-B uygulamalarında elde edilen değerlerin sadece kuraklık uygulamasına göre daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Stresli koşullara maruz kaldığında bitkiler bir dizi metabolit, özellikle amino asitler biriktirir (Liang ve ark 2012; Torun, 2019;). Bir amino asit olan prolin, bitki metabolizması ve gelişiminde önemli bir rol oynarlar. Daha önce yapılan çalışmalar, prolin birikimi ile bitki stresi arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Mükemmel bir ozmolit olarak hareket etmesinin yanı sıra prolin, stres durumunda antioksidan savunma molekülü ve stres sinyal molekülü olarak görev yapmaktadır (Ghosh ve ark., 2022). Literatüre göre

stresli bir ortam bitkilerde aşırı prolin üretimine yol açmaktadır ve bunun da hücre turgorunu veya ozmotik dengeyi koruyarak stres toleransı kazandırdığı belirtilmektedir. Stabilize edici membranlar böylece elektrolit sızıntısını önler ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) konsantrasyonlarının normal aralıklara getirilerek bitkilerde oksidatif hasarın önlenmesinde etkili olur (Rejeb ve ark., 2014; Torun ve ark., 2020).

Toplam karbohidrat miktarının uygulamalar arası değişiminin tüm türlerde en az %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerlerin elde edildiği uygulamaların şiddetli kuraklık uygulaması yapılan gruplar olduğu belirlenmiştir. TC ve TT türlerinde UV-B stresi uygulamaları kontrol ile karşılaştırıldığın doz miktarı arttıkça toplam karbohidrat miktarının azaldığı görülmektedir. TP türünde ise kontrol (U1), düşük doz UV-B (U2) ve yüksek doz UV-B (U3) stres uygulamaları karşılaştırıldığında en yüksek kontrol ve en düşük ise düşük doz UV-B (U2) stres uygulamasında görülmüştür. Mevcut çalışmada, UV-B radyasyonunun toplam çözümlü karbohidratlar üzerindeki önemli etkileri yüksek doz UVB ve şiddetli kuraklık stresine maruz fidanlarda olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni bitki dokusunun çeşitliliği, bitki türü veya deneysel ortam koşulları olabilir. UV-B radyasyonunun bitki karbohidratları üzerindeki etkileri konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır, ancak bu çalışmaların sonuçları çelişkilidir. Bazı çalışmalar UV-B'ye tepki olarak artışlar gösterdiğini (Conde, ve ark., 2007; Ranjbarfordoei ve Damme, 2009; Goswami ve ark., 2014; Dias ve ark., 2020) diğer çalışmalar ise azaldığını belirtmektedir (Richard ve ark., 2000). Çözümlü karbohidratlar yani sükröz, glikoz ve fruktoz bitkilerin yapısının korunmasında ve büyümesinde önemli rol oynamaktadır (Rosa ve ark., 2009). Karbohidrat molekülleri bir besin olmanın yanı sıra metabolizma, büyüme, stres tepkileri gibi temel fonksiyonlar için düzenleyici olarak işlev görür ve embriyogenez aşamasından yaşlanmaya kadar bitki gövdesinin genel gelişimine katılır (O'Hara ve ark., 2013). Toplam karbohidrat miktarının ayrıca fotosentez, karbon bölünmesi, protein sentezi, zar stabilizasyonu (Hoekstra ve ark., 2001) ve abiyotik streslere yanıt olarak ortaya çıktığı görülmektedir (Rosa ve ark., 2009).

PCA analizi sonuçlarına göre prolin miktarı, karbohidrat miktarı ve dışsal CO₂ oranı parametreleri ile stoma iletkenliği, karoteneoid miktarı, klorofil a, klorofil b, bağıl su içeriği, net fotosentez oranı, ksilem su potansiyeli ve klorofil floresansı parametreleri arasında negatif ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. İçsel su kullanım etkinliği ve su kullanım etkinliği ile elektrolit sızıntı, fidan boyu, fidan kök boğazı çapı, yaprak boyu,

yaprak sayısı, yaprak alanı, içsel CO₂ oranı, hücreler arası CO₂'nin ortamdaki CO₂'ye oranı ve terleme parametreleri arasında negatif ilişki bulunmaktadır. Karbohidrat miktarı ve prolin miktarı ile içsel su kullanım etkinliği ve su kullanım etkinliği parametreleri arasında negatif ilişki bulunmaktadır. Ayrıca çalışma sonuçları genel olarak kuraklık ve UV-B streslerine karşı *Tilia tomentosa* türünün en tolerant, *Tilia platyphyllos* türünün ise en hassas tür olduğunu göstermiştir. Bunun dışında kuraklığın çalışmaya konu parametreler üzerine etkisinin UV-B etkisinden daha baskın olduğu, UV-B'nin tek başına etkisinin genellikle önemsiz düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Küresel iklim değişikliği, dünyadaki bütün canlıları doğrudan veya dolaylı olarak etkileyecek bir süreç olarak görülmektedir ve bu sürecin en önemli etkilerinin başında kuraklık ve UV-B artışı geldiği vurgulanmaktadır (Varol ve ark., 2022a,b; Ozel ve ark., 2021; Koç, 2022). Kuraklığın bitkiler üzerindeki etkileri konusunda uzun yıllardır çalışmalar yapılmakla birlikte UV-B stresinin bitkiler üzerindeki olası etkileri konusunda yapılmış çalışma sayısı çok daha sınırlı düzeydedir. Oysa artan UV-B radyasyonunun bitkilerde önemli tahribatlara yol açabildiği bilinmektedir.

UV-B radyasyonuna maruz kalmanın DNA'ya, proteinlere, hücre zarına, kloroplastlara ve bununla ilişkili pigment sistemine zarar verdiği (Shaukat ve ark., 2013), fotosentezi ve topraküstü kısımların büyümesini etkileyen besin maddesi ve suyun emilimini baskılayabildiği (Fu ve ark., 2013; Wang ve ark., 2013; Yu ve ark., 2014), morfolojik, biyokimyasal ve sitolojik parametreleri etkileyebildiği (Kumar ve Bhardwaj, 2019) belirtilmektedir (Van de Staa ve ark., 1997; Barbir ve ark., 2014; Koc, 2021; Isinkaralar ve ark 2022b).

Çalışmada elde edilen sonuçlara paralel olarak, farklı türler üzerinde yapılan çalışmalar, türlerin kuraklık ve UV-B streslerine tepkilerinin farklı düzeyde olabildiğini göstermektedir (Newsham ve Robinson 2009; Li ve ark., 2010). Bu durum her şeyden önce bitki metabolizması ve habitusu ile ilgili olabilir. Yapılan çalışmalar bitki büyüklüğü ve yaprak kalınlığının, doğada maruz kalınan UV-B radyasyonu miktarını etkilediğini ve bunun da radyasyonun bitki üzerine etkisinde farklılığa sebep olduğunu göstermektedir (Liu ve ark., 2011; Fu ve Shen, 2017). Bu konuda yapılan çalışmalar farklı stres düzeylerine bitki türlerinin tepkilerinin önemli ölçüde farklılaştığını göstermektedir (Turkyilmaz ve ark., 2018; Aricak ve ark., 2019; Sevik ve ark., 2020).

Kuraklık ve UV-B radyasyonu bitkilerde strese neden olan önemli faktörlerdir (Yan ve ark., 2016). Bitkilerin stres faktörlerine verdiği tepkiler, büyük oranda çevresel faktörler, bitki genetik yapısı, bitki metabolizması, stres düzeyi gibi çok çeşitli faktörlerin karşılıklı etkileşimi altında şekillenir (Sevik ve ark., 2019a,b; Özel ve ark., 2022; Ghoma ve ark., 2022; Kuzmina ve ark., 2023). Ancak bu konularda yapılmış çalışma sayısı, özellikle çoklu streslere karşı bitkilerin tepkilerinin tam olarak belirlenebilmesi için yeterli düzeyde değildir.

6. ÖNERİLER

İhlamur odun dışı orman ürünü olarak kullanılmasının yanında bal ormanlarının kurulumunda en çok plantasyonu yapılan iki türden biridir. Ayrıca odun özelliğinden dolayı birçok alanda tercih edilen ıhlamur ormancılık açısından önemli bir türdür. Süs bitkisi olarak peyzajdaki önemi ile ekonomik, ekolojik ve rekreasyonel değeri yüksek bir orman ağacıdır. İhlamur kent ekosistemlerin önemli bir parçası olmasının yanında canlılar için çok çeşitli ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Yağmur sularının süzülmesini, havanın filtrelenmesi, gürültünün azaltılması, rüzgâr kontrolü, kentsel biyolojik çeşitliliğin sağlanması, yüzeylerin gölgelenmesi, mikro iklimin dengelenmesi ve yüzey ısısının depolanması gibi birçok yararlı etkileri ile çevresel kalitenin ve sürdürülebilir kentsel gelişimin iyileştirilmesini sağlamakla birlikte daha pek çok ekonomik, sosyal ve ekolojik fonksiyonu yerine getirmektedirler. Bundan dolayı Orman Genel Müdürlüklerine ait fidanlıklarda ve özel fidanlıklarda çok fazla ıhlamur fidanı üretimi yapılmaktadır. İyi kalitede fidan üretimi ve üretilen fidanların yetiştirme ortamına plantasyonu için bitkileri etkileyen önemli çevresel streslerden olan kuraklık ve UV-B stresine karşı tolerans ve hassasiyetlerinin iyi derecede bilinmesi gerekmektedir.

Çalışma sonuçları artan kuraklık ve UV-B radyasyonunun çalışmaya konu türlerde stres mekanizmalarını tetiklediğini, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere neden olduğunu belirlenmiştir. Bu durum, özellikle ozon tabakasındaki degradasyon ve küresel iklim değişikliğinin olası etkileri açısından değerlendirildiğinde bitkiler açısından büyük bir risk olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bundan dolayı konu ile ilgili çalışmaların genişletilerek olası iklim değişikliklerin kuraklık ve UV-B radyasyonunu hangi seviyelere çıkartabileceği, bu seviyelerde bitkilerin tepkilerinin neler olabileceği konuları araştırılmalı, risklere karşı stratejiler geliştirilmelidir. Örneğin bu olumsuzluklardan en az etkilenecek bitki türleri belirlenerek yapılacak ağaçlandırma alanlarında yetiştirme ortamlarına uygun koşullarda fidanların yetiştirilip ve bu fidanlar ile yapılacak ağaçlandırma çalışmaları, fidanların hayatta kalma başarısını arttırmayı sağlayacaktır.

Bu çalışma kapsamında ülkemizde doğal yayılış yapan gümüşü ıhlamur, küçük yapraklı

ıhlamur ve büyük yapraklı ıhlamur türlerine kuraklık stresi ve UV-B stresi uygulanmış. Stres uygulamaların çok yönlü etkisini incelemek için fizyolojik ve biyokimyasal değişimleri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre fidan boyu, fidan çapı, yan dal sayısı, yaprak sayısı değerlerinin uygulamalar bazında değişiminin bütün türlerde istatistiki olarak anlamlı olmadığı, yaprak boyu, yaprak alanı, ksilem su potansiyeli, bağıl su içeriği, klorofil b miktarı, klorofil a miktarı, toplam karotenoid miktarı, klorofil floresansı, elektrolit sızıntı, net fotosentez oranı, stoma iletkenliği, terleme, dışsal karbondioksit oranı, içsel karbondioksit oranı, içsel su kullanım etkinliği, su kullanım etkinliği ve hücreler arası karbondioksitin ortamdaki karbondioksite oranı değerlerinin türlerde uygulamalara bağlı değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu durum üç ıhlamur türünde de kuraklık ve UV-B streslerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklılıkların olduğu parametrelerde ilk olarak etkisini gösterdiği görülmektedir. Bu türlerin stresten nasıl etkilendiğini en hızlı şekilde net fotosentez oranı, stoma iletkenliği, klorofil a, b miktarı, ksilem su potansiyeli, içsel su kullanım etkinliği ölçümleri ile belirlenebileceği önerilmektedir.

Çalışmaya göre ıhlamur türlerinde kuraklık stresinin UV-B stresine göre daha baskın olduğunu ve UV-B'nin tek başına etkisinin genellikle önemsiz düzeyde olduğu belirlenmiştir. Hatta sonuçlar UV-B belli doz miktarına kadar kuraklığın olumsuz etkisini azalttığı görülmektedir. Yapılan çalışma kuraklık stresinin ve UV-B streslerine karşı *Tilia tomentosa* türünün en toleran, *Tilia platyphyllos* türünün ise en hassas tür olduğunu göstermiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında fidanlıklarda yapılacak fidan üretiminde, kentsel açık yeşil alanların peyzaj düzenlemesinde ve kurak ve yarı kurak alanların plantasyon çalışmalarında yapılacak bitkilendirme çalışmalarında yoğunlukla gümüşü ıhlamur (*Tilia tomentosa*) türü kullanılması önerilmektedir. Bal ormanların kurulumunda ise farklı ıhlamur türlerin kullanılması gerektiği durumlarda yoğunlukla gümüşü ıhlamur (*Tilia tomentosa*) türü tercih edilmesi iklim değişikliğine bağlı oluşabilecek çevresel streslerinden kuraklık ve UV-B stresine karşı önlem olabileceği önerilmektedir.

Ayrıca bundan sonraki yapılacak çalışmalarda UV-B doz miktarı ve uygulama süresi artırılarak veya farklı stres faktörü (ağır metal, yüksek sıcaklık, tuzluluk gibi) veya faktörleri eklenerek yeni çalışmalar yapılması önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Adams, H. D., Guardiola-Claramonte, M., Barron-Gafford, G. A., Villegas, J. C., Breshears, D. D., Zou, C. B., Peter, A. T., & Travis, E. H. (2009). Temperature sensitivity of drought-induced tree mortality portends increased regional die-off under global-change-type drought. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, *106*, 7063–7066.
- Agarwal, S., Sairam, R. K., Srivastava, G. C., & Meena, R. C. (2005). Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum*, *49*(4), 541-550.
- Alaçık, Ö. (2014). “Ultraviyole (UV-B) stresinin bazı sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) soylarına etkilerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Alan, M., Güngöroğlu, C., & Coşgun, U. (2022). *Gümüşi İhlamur (Tilia tomentosa): Biyolojisi, Ekolojisi, Çiçek Toplayıcılığı ve Değerlendirilmesi*. Lyon: Livre de Lyon.
- Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S., & Karanov, E., (2001). The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat, *Plant Cell Environment*, *24*, 1337–1344.
- Ali, F., Bano, A., & Fazal, A. (2017). Recent methods of drought stress tolerance in plants. *Plant Growth Regulation*, *82*(3), 363-375.
- Alonso, R., Berli, F. J., Fontana, A., Piccoli, P., & Bottini, R. (2016). Malbec grape (*Vitis vinifera* L.) responses to the environment: Berry phenolics as influenced by solar UV-B, water deficit and sprayed abscisic acid. *Plant Physiology and Biochemistry*, *109*, 84-90.
- Araújo, M., Santos, C., Costa, M., Moutinho-Pereira, J., Correia, C., & Dias, M. C. (2016). Plasticity of young *Moringa oleifera* L. plants to face water deficit and UVB radiation challenges. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, *162*, 278-285.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, *17*(3), 6723-6734.
- Arnon, D. (1949). Estimation of total chlorophyll. *Plant Physiology*, *24*(1), 1-15.
- Ateş, F. (2021). ‘İhlamur çiçeğinin (*Tilia tomentosa* Moench.) Üretim, tüketim ve pazarlama yapısıyla orman köylülerine katkılarının belirlenmesi:(Karabük ili/yenice ilçesi örneği)’, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi ve Planlaması Ana Bilim, Karabük.

- Balakumar, T., Vincent, V. H. B. & Paliwal, K. (1993). On the interaction of UV-B radiation (280-315 nm) with water stress in crop plants. *Physiology Plant*, *87*, 217–222.
- Ballaré, C. L., Caldwell, M. M., Flint, S. D., Robinson, A., Bornman, J. F. (2011). Effects of solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. Patterns, mechanisms, and interactions with climate change. *Photochemistry and Photobiology*, *10*, 226–241.
- Bandurska, H., & Cieślak, M. (2013). The interactive effect of water deficit and UV-B radiation on salicylic acid accumulation in barley roots and leaves. *Environmental and Experimental Botany*, *94*, 9-18.
- Bandurska, H., Niedziela, J., & Chadzinikolau, T. (2013). Separate and combined responses to water deficit and UV-B radiation. *Plant Science*, *213*, 98-105.
- Bandurska, H., Pietrowska-Borek, M., Cieślak, M. (2012). Response of barley seedlings to water deficit and enhanced UV-B irradiation acting alone and in combination. *Acta Physiologiae Plantarum*, *34*, 161–171.
- Barbir, J., Dorado, J., Fernandez-Quintanilla, C., Blanusa, T., Maksimovic, C., & Badenes-Perez, F. R. (2014). Wild rocket-effect of water deficit on growth, flowering, and attractiveness to pollinators. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, *64*, 482–492. <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.925575>
- Basu, S., Ramegowda, V., Kumar, A., & Pereira, A. (2016). Plant adaptation to drought stress. *F1000Research*, *5*. <https://doi.org/10.12688/f1000research.7678.1>
- Bates, L. S., Waldren, R. P., Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, *39*(1), 205-207.
- Bayer, C., & Kubitzki, K. (2003). *Malvaceae*. Berlin: Springer, Heidelberg.
- Baytop, T. (1999). *Therapy with medicinal plants in Turkey past and present*, (2. Baskı). Istanbul: Nobel Tıp Kitabevi.
- Bernal, M., Llorens, L., Badosa, J., & Verdaguer, D. (2013). Interactive effects of UV radiation and water availability on seedlings of six woody Mediterranean species. *Physiologia Plantarum*, *147*(2), 234-247.
- Bernal, M., Verdaguer, D., Badosa, J., Abadía, A., Llusà, J., Peñuelas, J., ... & Llorens, L. (2015). Effects of enhanced UV radiation and water availability on performance, biomass production and photoprotective mechanisms of *Laurus nobilis* seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, *109*, 264-275.
- Bhusal, N., Lee, M., Han, A. R., Han, A., & Kim, H. S. (2020). Responses to drought stress in *Prunus sargentii* and *Larix kaempferi* seedlings using morphological and physiological parameters. *Forest Ecology and Management*, *465*, 118099.
- Browicz, K. (1968). Distribution of woody *Rosaceae* in W. Asia II. on the distribution of *Mespilus germanica* L. *Arboretum Kórnickie*, *13*, 27-36.
- Butler, A. H., Daniel, J.S., Portmann, R. W., Ravishankara, A. R., Young, P. J., Fahey, D. W., Rosenlof, K. H. (2016). Diverse policy implications for future ozone and surface UV in a changing climate. *Environmental Research Letters*, *11*(6), 064017
- Caldwell, M. M., Bornman, J. F., Ballaré, C. L., Flint, S. D., & Kulandaivelu, G. (2007).

- Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation, and interactions with other climate change factors. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 6(3), 252-266.
- Canelles, Q., Aquilué, N., James, P., Lawler, J., & Brotons, L. (2021). Global review on interactions between insect pests and other forest disturbances. *Landscape Ecology*, 36(4), 945-972.
- Cantürk, Ö. (2020). “Samsun’da bazı iklim parametreleri ve kuraklık durumunun küresel ısınmaya bağlı olarak değişimi”, Yüksek lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı, Kastamonu, Türkiye.
- Cetin, M., & Sevik, H. (2016). Measuring the Impact of Selected Plants on Indoor CO2 Concentrations. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(3), 973-979
- Cetin, M., Sevik, H., Koc, I., & Cetin, I. Z. (2023). The change in biocomfort zones in the area of Muğla province in near future due to the global climate change scenarios. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103434.
- Chang, Y. N., Zhu, C., Jiang, J., Zhang, H., Zhu, J. K., & Duan, C. G. (2020). Epigenetic regulation in plant abiotic stress responses. *Journal of integrative plant biology*, 62(5), 563-580.
- Chaudhry, S., & Sidhu, G. P. S. (2022). Climate change regulated abiotic stress mechanisms in plants: A comprehensive review. *Plant Cell Reports*, 41(1), 1-31.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. *Functional plant biology*, 30(3), 239-264.
- Choudhary, K. K., Agrawal, S. B. (2014). Cultivar specificity of tropical mung bean (*Vigna radiata* L.) to elevated ultraviolet-B: Changes in antioxidative defense system, nitrogen metabolism and accumulation of jasmonic and salicylic acids, *Environmental, Experimental Botany*, 1(99), 122-132.
- Choudhary, K. K., Agrawal, S.B. (2015). Effect of elevated ultraviolet-B on four tropical soybean cultivars: Quantitative and qualitative aspects with special emphasis on gas exchange, chlorophyll fluorescence, biomass and yield. *Acta Physiologiae Plantarum*. 37, 31-43.
- Christie J. M, Arvai A. S, Baxter K. J, Heilmann M, Pratt A. J, O’Hara A., Kelly S. M., Hothorn M., Smith B.O., Hitomi K., Jenkins G. I., Getzoff, E. D. (2012). Plant UVR8 photoreceptor senses UV-B by tryptophan-mediated disruption of cross-dimer salt bridges. *Science* 335, 1492–1496.
- Chu, R., Zhang, Q. H., & Wei, Y. Z. (2022). Effect of enhanced UV-B radiation on growth and photosynthetic physiology of *Iris tectorum maxim.* *Photosynthesis Research*, 153(3), 177-189.
- Cleary, B., D. and Zaerr, J., B., 1984. *Guidelines for Measuring Plant Moisture Stress With a Pressure Chamber*. Corvallis, Oregon: PMS Instrument Co., 2750 N. W. Royal Oaks Drive.
- Cobanoglu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do Annual Rings Really Reveal Cd, Ni, and

- Zn Pollution in the Air Related to Traffic Density? An Example of the Cedar Tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65.
- Cochard, H., Forestier, S., & Améglio, T. (2001). A new validation of the Scholander pressure chamber technique based on stem diameter variations. *Journal of Experimental Botany*, 52(359), 1361-1365.
- Comont, D., Winters, A., Gwynn-Jones, D. (2012). Acclimation and interaction between drought and elevated UV-B in *A. thaliana*: Differences in response over treatment, recovery and reproduction. *Ecology and Evolution*, 2, 2695–2709.
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A. C. P., Tavares, R. M., Sousa, M. J., ... & Gerós, H. (2007). Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food*, 1(1), 1-22
- Çiçek, N., Kalaji, H. M., & Ekmekçi, Y (2020). Probing the photosynthetic efficiency of some European and Anatolian Scots pine populations under UV-B radiation using polyphasic chlorophyll a fluorescence transient. *Photosynthetica*, 58(2), 468-478.
- Dalfes, H. N., Karaca, M., & Sen, O. L. (2007). *Climate change scenarios for Turkey in Climate Change & Turkey: Impact, Sectoral Analyses, Socio-Economic Dimensions*. Ankara: United Nations Development Programme (UNDP) Turkey Office.
- De Jaegere, T., Hein, S., & Claessens, H. (2016). A review of the characteristics of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and their implications for silviculture in a changing climate. *Forests*, 7(3), 56.
- Demir, D. (2003). ‘Türkiye’de Doğal Yetişen İhlamur (*Tilia* L) Taksonlarının Morfolojik ve Palinolojik Özellikleri’, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dias, M. C, Correia, C., Serôdio, J., Silva, A. M. S., Freitas, H., Santos, C. (2018). Chlorophyll fluorescence and oxidative stress endpoints to discriminate olive cultivars tolerance to drought and heat episodes. *Scientia Horticulturae* 231, 31–35. doi:10.1016/j.scienta.2017.12.007
- Dias, M. C., Santos, C., Silva, S., Pinto, D. C., & Silva, A. M. (2020). Physiological and metabolite reconfiguration of *Olea europaea* to cope and recover from a heat or high UV–B shock. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(41), 11339–11349.
- Díaz-Guerra, L., Llorens, L., Bell, T. L., Font, J., González, J. A., & Verdaguer, D. (2019). Physiological, growth and root biochemical responses of *Arbutus unedo* and *Quercus suber* seedlings to UV radiation and water availability before and after aboveground biomass removal. *Environmental and Experimental Botany*, 168, 103861.
- Díaz-Guerra, L., Llorens, L., Julkunen-Tiitto, R., Nogués, I., Font, J., González, J.A., & Verdaguer, D. (2019). Leaf biochemical adjustments in two Mediterranean resprouter species facing enhanced UV levels and reduced water availability before and after aerial biomass removal. *Plant Physiology and Biochemistry*, 137, 130–143. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.01.031>.
- Doupis, G., Chartzoulakis, K. S., Taskos, D., & Patakas, A. (2020). The effects of drought

- and supplemental UV-B radiation on physiological and biochemical traits of the grapevine cultivar “Soultanina”. *OENO One*, 54(4), 687-698.
- Doupis, G., Chartzoulakis, K., & Patakas, A. (2012). Differences in antioxidant mechanisms in grapevines subjected to drought and enhanced UV-B radiation. *Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA)*, 24(6), 607-613.
- Doupis, G., Chartzoulakis, K., Beis, A., & Patakas, A. (2011). Allometric and biochemical responses of grapevines subjected to drought and enhanced ultraviolet-B radiation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(1), 36-42.
- Duan, B., Ran, F., Zhang, X., Zhang, Y., Korpelainen, H., & Li, C. (2011). Long-term acclimation of mesophyll conductance, carbon isotope discrimination and growth in two contrasting *Picea asperata* populations exposed to drought and enhanced UV-B radiation for three years. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(1), 116-126.
- Duan, B., Xuan, Z., Zhang, X., Korpelainen, H., & Li, C. (2008). Interactions between drought, ABA application and supplemental UV-B in *Populus yunnanensis*. *Physiologia plantarum*, 134(2), 257-269.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- Dyderski, M. K., Paź, S., Frelich, L. E., & Jagodziński, A. M. (2018). How much does climate change threaten European forest tree species distributions?. *Global Change Biology*, 24(3), 1150–1163.
- Eaton, E., Caudullo, G., & De Rigo, D. (2016). *Tilia cordata*, *Tilia platyphyllos* and other limes in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European atlas of forest tree species*, 184-185.
- Ennajeh, M., Vadel, A. M., Cochard, H., & Khemira, H. (2010). Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought-resistant and a drought-sensitive olive cultivar. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(4), 289-294.
- Ertugrul, M., Varol, T., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2021). Influence of climatic factor of changes in forest fire danger and fire season length in Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 193(1), 1-17.
- European Medicines Agency, 2012, *European Medicines Agency’s Management Board endorses work programme 2013*, Erişim 20 Mart 2022, http://www.ema.europa.eu/ema/index.jsp?curl=pages/news_and_events/news/2012/12/news_detail_001680.jsp&mid=WC0b01ac058004d5c1.
- Feng, H., Li, S., Xue, L., An, L., & Wang, X. (2007). The interactive effects of enhanced UV-B radiation and soil drought on spring wheat. *South African Journal of Botany*, 73(3), 429-434.
- Fina, J., Casadevall, R., AbdElgawad, H., Prinsen, E., Markakis, M. N., Beemster, G. T., & Casati, P. (2017). UV-B inhibits leaf growth through changes in growth regulating factors and gibberellin levels. *Plant Physiology*, 174(2), 1110-1126.

- Fu, G., Shen, Z. X. (2017). Effects of enhanced UV-B radiation on plant physiology and growth on the Tibetan Plateau: a meta-analysis. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39,85-93.
- Gadoum, A., Adda, A., Sahnoune, M., & Aid, F. (2019). Physiological and biochemical responses of three ecotypes of carob (*Ceratonia siliqua* L.) against drought stress in Algeria. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 1929-1945.
- Gbif, 2023, Erişim 10 Ocak 2023, <https://www.gbif.org/occurrence/download?publishing_org=da86174a-a605-43a4-a5e8-53d484152cd3&taxon_key=4259350>.
- Genç, M., (1992). 'Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler', Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(3), 415-424.
- Ghosh, U. K., Islam, M. N., Siddiqui, M. N., Cao, X., & Khan, M. A. R. (2022). Proline, a multifaceted signalling molecule in plant responses to abiotic stress: understanding the physiological mechanisms. *Plant Biology*, 24(2), 227-239.
- Gillner, S., Vogt, J., & Roloff, A. (2013). Climatic response and impacts of drought on oaks at urban and forest sites. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(4), 597-605.
- Gómez-Pineda, E., Blanco-García, A., Lindig-Cisneros, R., O'Neill, G. A., Lopez-Toledo, L., & Sáenz-Romero, C. (2021). *Pinus pseudostrobus* assisted migration trial with rain exclusion: maintaining Monarch Butterfly Biosphere Reserve forest cover in an environment affected by climate change. *New Forests*, 52(6), 995-1010.
- Gómez-Pineda, E., Sáenz-Romero, C., Ortega-Rodríguez, J. M., Blanco-García, A., Madrigal-Sánchez, X., Lindig-Cisneros, R., ... & Rehfeldt, G. E. (2020). Suitable climatic habitat changes for Mexican conifers along altitudinal gradients under climatic change scenarios. *Ecological applications*, 30(2), e02041.
- Gondor, O. K., Szalai, G., Kovács, V., Janda, T., Pál, M. (2014). Impact of UV-B on drought-or cadmium-induced changes in the fatty acid composition of membrane lipid fractions in wheat. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 108, 129-134.
- Goswami, L., Sengupta, S., Mukherjee, S., Ray, S., Mukherjee, R., & Lahiri Majumder, A. (2014). Targeted expression of L-myo-inositol 1-phosphate synthase from *Porteresia coarctata* (Roxb.) Tateoka confers multiple stress tolerance in transgenic crop plants. *Journal of plant biochemistry and biotechnology*, 23, 316-330.
- Gupta, A., Rico-Medina, A., & Caño-Delgado, A. I. (2020). The physiology of plant responses to drought. *Science*, 368(6488), 266-269.
- Hassan, I. A., Aou-Zeid, H. M., & Basahi, J. M. (2011). Photosynthetic response of Egyptian cultivar of broad bean (*Vicia faba* L.) to UV-B and drought, singly and in combination. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil*

Science, 1(11), 455-461.

- Hassan, I. A., Basahi, J. M., & Ismail, I. M. (2013). Gas exchange, chlorophyll fluorescence and antioxidants as bioindicators of airborne heavy metal pollution in Jeddah, Saudi Arabia. *Current World Environment*, 8(2), 203-213.
- Hideg, E., Jansen, M. A. K., Strid, A. 2013. UV-B exposure, ROS, and stress: inseparable companions or loosely linked associates?. *Trends in Plant Science*, 18, 107-115.
- Hoekstra, F. A., Golovina, E. A., Tetteroo, F. A., & Wolkers, W. F. (2001). Induction of desiccation tolerance in plant somatic embryos: how exclusive is the protective role of sugars?. *Cryobiology*, 43(2), 140-150.
- Hrivnák, M., Paule, L., Krajmerová, D., Kulaç, Ş, Şevik, H., Turna, İ, Tvauri, I., & Gömöry, D. (2017). Genetic variation in Tertiary relics: The case of eastern-Mediterranean *Abies* (Pinaceae). *Ecology and Evolution*, 7(23), 10018–10030.
- Inostroza-Blancheteau, C., Acevedo, P., Loyola, R., Arce-Johnson, P., Alberdi, M., Reyes-Díaz, M. (2016). Short-term UV-B radiation affects photosynthetic performance and antioxidant gene expression in high bush blueberry leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*, 107, 301–309.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). (2004). Statement related to the use of security and similar devices utilizing electromagnetic fields. *Health Physics*, 87(2), 187-196.
- Isinkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., & Sevik, H. (2022). Atmospheric Cd, Cr, and Zn deposition in several landscape plants in Mersin, Türkiye. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 120.
- Isinkaralar, K., Koç, İ., Kuzmina, N. A., Menshchikov, S. L., Erdem, R., & Arıcak, B. (2022). Determination of heavy metal levels using *Betula pendula* Roth. under various soil contamination in Southern Urals, Russia. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(12), 12593-12604.
- Ivanova, V., Semkova, N., Nacheva, L., & Kosev, K. (2016). Study of the influence of time collection of seeds of certain species of Linden (*Tilia* ssp.) on growth and vegetative behaviours of seedlings. *Dekoratyvniuju ir sodo augalu sortimento, tehnologiju ir aplinkos optimizavimas = Optimization of Ornamental and Garden Plant Assortment, Technologies and Environment*, 7(12), 152-156.
- Jaleel, C.A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, H.J. Al-Juburi, R. Somasundaram, and R. & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology* 11 (1):100–105.
- Jamra, B., Bapna, R., Kataria, S., & Jain, M. (2021). Interactional effects of UV-B radiation and drought stress. In R. Upadhyay (Ed.). *The Life of Plants in a Changing Environment*, Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing, 171-190.
- Jansen, M. A., Ač, A., Klem, K., & Urban, O. (2022). A meta-analysis of the interactive effects of UV and drought on plants. *Plant, Cell & Environment*, 45(1), 41-54.
- Jansen, M. A., Hectors, K., O'Brien, N. M., Guisez, Y., Potters, G. (2008). Plant stress

- and human health: Do human consumers benefit from UV-B acclimated crops?. *Plant Science*, 175(4), 449-458.
- Januškaitienė, I., & Kacienė, G. (2017). The effect of foliar spray fertilizers on the tolerance of *Hordeum vulgare* to UV-B radiation and drought stress. *Cereal Research Communications*, 45(3), 390-400.
- Jaspars, E. M. J. (1965). Pigmentation of tobacco crown-gall tissues cultured in vitro in dependence of the composition of the medium. *Physiologia Plantarum*, 18(4), 933-940.
- Jogawat, A., Yadav, B., Lakra, N., Singh, A. K., & Narayan, O. P. (2021). Crosstalk between phytohormones and secondary metabolites in the drought stress tolerance of crop plants: a review. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 1106-1132.
- Johnson, N., E. and Nielson, D., G., (1969). Pressure Chamber Measurements of Water in Individual Pine Fascicles. *Forest Science*, 15, 452-453.
- Jumrani, K., & Joshi-Paneri, J. (2023). Major Influence on Photosynthetic Apparatus Under UV-B Exposure. In *UV-B Radiation and Crop Growth*. Singapore: Springer Nature Singapore, 55-70.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekci, Y. (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi University Journal of Science*, 18(4), 723-740.
- Kataria, S., Jajoo, A., Guruprasad, K. N. (2015). Impact of increasing Ultraviolet-B (UV-B) radiation on photosynthetic processes. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 137, 55–66.
- Kaur, G., & Asthir, B. (2017). Molecular responses to drought stress in plants. *Biologia Plantarum*, 61, 201-209.
- Kebbas, S., Benseddik, T., Makhlouf, H., & Fatiha, A. I. D. (2018). Physiological and biochemical behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. young seedlings under drought stress conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2), 585-592.
- Kenar, N., & Ketenoğlu, O. (2009). Güneş kaynaklı ultraviyole radyasyonunun karasal ekosistemler üzerine etkileri. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 2(33), 67-77.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 1-13.
- Klooster, W.S., B.M. Cregg, R. Thomas Fernandez, and P. Nzokou. (2010). Growth and photosynthetic response of pot-in-pot-grown conifers to substrate and controlled-release fertilizer. *HortScience* 45(1), 36–42.
- Koc, I. (2021). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35880-35886.
- Koca, D., Smith, B., & Sykes, M. (2006). Modelling regional climate change effects on potential natural ecosystems in Sweden. *Climate Change*, 78, 381–406.
- Koç, İ. (2019). 'Conifers Response to Water Stress: Physiological Responses and Effects

- on Nutrient Use Physiology’, Doktora Tezi, Michigan State Üniversitesi, Michigan, USA.
- Koç, İ. (2022). Determining the biocomfort zones in near future under global climate change scenarios in Antalya. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 6-17.
- Koç, İ. (2022). Determining the near-future biocomfort zones in Samsun province by the global climate change scenarios. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(2), 181-192.
- Koç, İ., & Nzokou, P. (2022). Gas exchange parameters of 8-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. seedlings under different irrigation regimes. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(12), 2421-2429.
- Koç, İ., & Nzokou, P. (2023). Combined effects of water stress and fertilization on the morphology and gas exchange parameters of 3-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(3), 49.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2022). Do various conifers respond differently to water stress? A comparative study of white pine, concolor and balsam fir. *Kastamonu University Journal of Forest Faculty*, 22(1), 1-16.
- Koç, İ., Nzokou, P., & Cregg, B. (2022). Biomass allocation and nutrient use efficiency in response to water stress: Insight from experimental manipulation of balsam fir, concolor fir and white pine transplants. *New Forests*, 53(5), 915-933.
- Koç, S. (2019). ‘Yaz ıhlamuru (*Tilia platyphyllos* scop.)nun bazı morfolojik özellikleri ile yaprak ve çiçek uçucu bileşenlerinin belirlenmesi’, Yüksek lisans tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isparta.
- Koti, S., Reddy, K. R., Kakani, V. G., Zhao, D., & Gao, W. (2007). Effects of carbon dioxide, temperature and ultraviolet-B radiation and their interactions on soybean (*Glycine max* L.) growth and development. *Environmental and Experimental Botany*, 60(1), 1-10.
- Kulaç, S. (2010). ‘Kuraklık stresine maruz bırakılan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) fidanlarında bazı morfolojik fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin araştırılması’, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon.
- Kumar, G., & Bhardwaj, M. (2019). Induced genetic variations in *Cuminum cyminum* through supplemental UV-B radiation. *Journal of Environmental Biology*, 40(3), 342-348.
- Kumar, I., & Sharma, R. K. (2018). Production of secondary metabolites in plants under abiotic stress: an overview. *Significances of Bioengineering & Biosciences*, 2(4), 196-200.
- Kumar, S., Sachdeva, S., Bhat, K. V., & Vats, S. (2018). Plant responses to drought stress: physiological, biochemical and molecular basis. In *Biotic and abiotic stress tolerance in plants*. Singapore: Springer, 1-25.
- Kumari, R., Singh, S., Agrawal, S. (2009). Effects of supplemental ultraviolet- B radiation

on growth and physiology of *Acorus calamus* L. (sweet flag). *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 51, 19–27

- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., Aricak, B., Onat, S. M. & Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density. *BioResources*, 18(1), 792-803.
- Lambers, H., (1998). Chapin, F., S. and Pons, T., L., *Plant Physiological Ecology*. New York: SpringerVerlag, 540.
- Landis, T. D. (1989). Irrigation and Water Management, In: T. D. Landis, R. W. Tinus, S. E. McDonald, J. P. Barnett (Eds.), *The Container Tree Nursery Manual*, Volume Washington, DC: US. Department of Agriculture. Forest Service, 69-118.
- Langenbruch, C., Helfrich, M., & Flessa, H. (2012). Effects of beech (*Fagus sylvatica*), ash (*Fraxinus excelsior*) and lime (*Tilia spec.*) on soil chemical properties in a mixed deciduous forest. *Plant and Soil*, 352, 389-403.
- Leister, D. (2012). Retrograde signaling in plants: from simple to complex scenarios. *Frontiers in plant science*, 3, 135.
- Li, F. R., Peng, S. L., Chen, B. M., & Hou, Y. P. (2010). A meta-analysis of the responses of woody and herbaceous plants to elevated ultraviolet-B radiation. *Acta Oecologica*, 36, 1–9, <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.09.002>.
- Li, X., Ma, M., Shao, W., Wang, H., Fan, R., Chen, X., Wang, X., Zhan Y., & Zeng, F. (2018). Molecular cloning and functional analysis of a UV-B photoreceptor gene, BpUVR8 (UV Resistance Locus 8), from birch and its role in ABA response. *Plant Science*, 274, 294-308.
- Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S. K., & Becker, D. F. (2013). Proline mechanisms of stress survival. *Antioxidants & redox signaling*, 19(9), 998-1011.
- Liang, X., Zhu, X., Butler, E. C. (2011). Comparison of four advanced oxidation processes for the removal of naphthenic acids from model oil sands process water. *Journal of Hazardous Materials*, 190(1-3), 168-176.
- Lidon, F. J., Reboredo, F. H., Silva, M. M. A., Duarte, M. P., & Ramalho, J. C. (2012). Impact of UV-B radiation on photosynthesis-an overview. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 546-556.
- Lisar, S. Y., & Bakhshayeshan-Agdam, H. (2016). Drought stress in plants: causes, consequences, and tolerance. *Drought Stress Tolerance in Plants, Vol 1: Physiology and Biochemistry*, 1-16.
- Lisar, S. Y., Motafakkerzad, R., Hossain, M. M., & Rahman, I. M. (2012). Causes, effects and responses. *Water stress*, 25(1), 33.
- Liu, J. G., Hou, C. W., Lee, S. Y., Chuang, Y., & Lin, C. C. (2011). Antioxidant effects and UVB protective activity of *Spirulina (Arthrospira platensis)* products fermented with lactic acid bacteria. *Process biochemistry*, 46(7), 1405-1410.
- Liu, X. B., Qi, Y., & Chin, K. L. (2016). Growth and development responses to UV-B exclusion in crops. *International Journal of Plant Production (IJPP)*, 10(4), 543–550.

- Llusia, J., Llorens, L., Bernal, M., Verdaguer, D., & Penuelas, J. (2012). Effects of UV radiation and water limitation on the volatile terpene emission rates, photosynthesis rates, and stomatal conductance in four Mediterranean species. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34(2), 757-769.
- Lu, Y., Duan, B., & Li, C. (2007). Physiological responses to drought and enhanced UV-B radiation in two contrasting *Picea asperata* populations. *Canadian journal of forest research*, 37(7), 1253-1262.
- Lu, Y., Duan, B., Zhang, X., Korpelainen, H., Berninger, F., & Li, C. (2009). Intraspecific variation in drought response of *Populus cathayana* grown under ambient and enhanced UV-B radiation. *Annals of forest Science*, 66(6), 613-613.
- Lum, M. S., Hanafi, M. M., Rafii, Y. M., & Akmar, A. S. N. (2014). Effect of drought stress on growth, proline and antioxidant enzyme activities of upland rice. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(5), 1487-1493.
- Ma, X., Li, T., Zhao, Y. N., Yang, Y., Luo, Y., & Gao, Y. (2015). Response of photosynthetic pigments and antioxidant system to ultraviolet-B radiation and NaCl stress in two species of *Populus*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 35(10), 2042-2049.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A. F., Bahramnejad, B., Struik, P. C., & Sohrabi, Y. (2010). Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Australian journal of crop science*, 4(8), 580-585.
- Maiorano, L., Falcucci, A., Zimmermann, N. E., Psomas, A., Pottier, J., Baisero, D., & Boitani, L. (2011). The future of terrestrial mammals in the Mediterranean basin under climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society b: Biological Sciences*, 366(1578), 2681–2692.
- Manetas, Y., Petropoulou, Y., Stamatakis, K., Nikolopoulos, D., Levizou, E., Psaras, G., & Karabourniotis, G. (1997). Beneficial effects of enhanced UV-B radiation under field conditions: improvement of needle water relations and survival capacity of *Pinus pinea* L. seedlings during the dry Mediterranean summer. In *UV-B and Biosphere*. Dordrecht: Springer, 100-108.
- Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of natural medicines*, 74(1), 1-16.,
- Martínez-Lüscher, J., Morales, F., Delrot, S., Sánchez-Díaz, M., Gomès, E., Aguirreolea, J., & Pascual, I. (2015). Characterization of the adaptive response of grapevine (cv. Tempranillo) to UV-B radiation under water deficit conditions. *Plant Science*, 232, 13-22.
- Matai, A., Nagy, D., Hideg, E. (2019). UV-B strengthens antioxidant responses to drought in *Nicotiana benthamiana* leaves not only as supplementary irradiation but also as pre-treatment. *Plant Physiology and Biochemistry*, 134, 9–19.
- Michael A. (2009). Manual of Woody Landscape Plants. *Stripes* (6th ed.). Champaign, IL. pp. 1148–1149. ISBN 978-1-58874-868-3.
- Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in plant science*, 11(1), 15-19.

- Moser, A., Rötzer, T., Pauleit, S., & Pretzsch, H. (2016). The urban environment can modify drought stress of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). *Forests*, 7(3), 71.
- Mumcu Küçükler, D. (2014). ‘Odun dışı orman ürünlerinin ekosistem tabanlı çok amaçlı planlara yansıtılması: Kanlıca mantarı (*Lactarius* sp.) örneği’, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon.
- Murchie, E. H., & Lawson, T. (2013). Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. *Journal of experimental botany*, 64(13), 3983-3998.
- Neugart, S., Schreiner, M. (2018). UVB and UVA as eustressors in horticultural and agricultural crops. *Scientia Horticulturae*, 234, 370-381.
- Newsham, K. K., & Robinson, S. A. (2009). Responses of plants in polar regions to UVB exposure: a meta-analysis. *Global change biology*, 15(11), 2574-2589.
- Ning, H., Ling, L., Sun, X., Kang, X., & Chen, H. (2021). Predicting the future redistribution of Chinese white pine *Pinus armandii* Franch. Under climate change scenarios in China using species distribution models. *Global Ecology and Conservation*, 25, e01420.
- Nogués, S., Allen, D. J., Morison, J. I., & Baker, N. R. (1998). Ultraviolet-B radiation effects on water relations, leaf development, and photosynthesis in droughted pea plants. *Plant physiology*, 117(1), 173-181.
- Nzokou, P., ve Cregg, B. M. (2010). Morphology and foliar chemistry of containerized *Abies Fraseri* (Pursh) Poir. seedlings as affected by water availability and nutrition.” *Annals of Forest Science*, 67(6), 602.
- O’Hara, L. E., Paul, M. J., & Wingler, A. (2013). How do sugars regulate plant growth and development? New insight into the role of trehalose-6-phosphate. *Molecular plant*, 6(2), 261-274.
- Online Atlas of the British and Irish Flora 2012, Erişim 10 Ocak 2023, <<https://plantatlas.brc.ac.uk/finder/plant/Tilia>>.
- Oral, D., 2018. *Tilia* L. In Ü. Akkemik (Ed.), *Türkiye’nin Doğal-Egzotik Ağaçları ve Çalıları*. Ankara: OGM Yayınları.
- Oze, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Varol, T., Isik, B., & Yaman, B. (2021). The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura*, 72, 359-365. <https://doi.org/10.1007/s42977-021-00085-1>
- Örücü, Ö. K., & Akyol, A. (2019). İklim değişikliğinin Türkiye’de *Myrtus communis* subsp. *communis* L.’nin potansiyel dağılımına etkilerinin Maxent ile araştırılması. In A. Atik (Ed), *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Yeni Ufuklar*. Ankara: Gece Kitaplığı, 31–49.
- Özel, H. B., Şevik, H., Onat, S. M., & Yigit, N. (2022). The effect of geographic location and seed storage time on the content of fatty acids in Stone Pine (*Pinus pinea* L.) seeds. *BioResources*, 17(3), 5038-5048.

- Parker, C., W. & Pallardy, G., S. (1978). The influence of resaturation method and tissue type on pressure-volume analysis of *Quercus alba* L. seedling. *Journal of Experimental Botany*, 38(188), 535-549.
- Passaglia, A., da Silva, R., Moreno, K., Jorge, N., & Martins, C. F. (2009). Development of a DNA-dosimeter system for monitoring the effects of solar-ultraviolet radiation. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 8, 111–120.
- Pedranzani, H., Racagni, G., Alemano, S., Miersch, O., Ramírez, I., Peña-Cortés, H., ... & Abdala, G. (2003). Salt tolerant tomato plants show increased levels of jasmonic acid. *Plant Growth Regulation*, 41, 149-158.
- Peng, Q., & Zhou, Q. (2010). Effects of enhanced UV-B radiation on the distribution of mineral elements in soybean (*Glycine max*) seedlings. *Chemosphere*, 78 (7), 859–863.
- Peñuelas, J., Sardans, J., Filella, I., Estiarte, M., Llusà, J., Ogaya, R., & Terradas, J. (2018). Assessment of the impacts of climate change on Mediterranean terrestrial ecosystems based on data from field experiments and long-term monitored field gradients in Catalonia. *Environmental and Experimental Botany*, 152, 49–59.
- Perez-Martin, A., Michelazzo, C., Torres-Ruiz, J. M., Flexas, J., Fernández, J. E., Sebastiani, L., & Diaz-Espejo, A. (2014). Regulation of photosynthesis and stomatal and mesophyll conductance under water stress and recovery in olive trees: correlation with gene expression of carbonic anhydrase and aquaporins. *Journal of experimental botany*, 65(12), 3143-3156.
- Petropoulou, Y., Kyprisissis, A., Nikolopoulos, D., & Manetas, Y. (1995). Enhanced UV-B radiation alleviates the adverse-effects of summer drought in 2 Mediterranean pines under field conditions. *Plant Physiology*, 94, 37–44.
- Piccini, C., Cai, G., Dias, M. C., Romi, M., Longo, R., & Cantini, C. (2020). UV-B radiation affects photosynthesis-related processes of two Italian *Olea europaea* (L.) varieties differently. *Plants*, 9(12), 1712.
- Pigott, D. (2012). *Lime-trees and basswoods: a biological monograph of the genus Tilia*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pirasteh-Anosheh, H., Saed-Moucheshi, A., Pakniyat, H., & Pessarakli, M. (2016). Stomatal responses to drought stress. *Water stress and crop plants: A sustainable approach*, 1, 24-40.
- Plantfinder, 2018, *Tilia cordata*, Erişim 25 Mart 2022, <<https://www.rhs.org.uk/plants/18225/i-tilia-cordata-i/details>>.
- Pollastrini, M., Di Stefano, V., Ferretti, M., Agati, G., Grifoni, D., Zipoli, G., ... & Bussotti, F. (2011). Influence of different light intensity regimes on leaf features of *Vitis vinifera* L. in ultraviolet radiation filtered condition. *Environmental and Experimental Botany*, 73, 108-115.
- Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S., Havlik, P., Humpenöder, F., Stehfest, E., & Hasegawa, T. (2017). Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change*, 42, 331–345.
- Poulson, M. E., Boeger, M. R. T., & Donahue, R. A. (2006). Response of photosynthesis

- to high light and drought for *Arabidopsis thaliana* grown under a UV-B enhanced light regime. *Photosynthesis Research*, 90(1), 79-90.
- Prado, F. E., Rosa, M., Prado, C., Podazza, G., Interdonato, R., González, J. A., Hilal, M. (2012). UV-B radiation, its effects and defense mechanisms in terrestrial plants. P. Ahmad, & M. Prasad (Eds.), *Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change*. New York: Springer, 57-83.
- Radoglou, K., Dobrowolska, D., Spyroglou, G., & Nicolescu, V. N. (2009). A review on the ecology and silviculture of limes (*Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. and *Tilia tomentosa* Moench.) in Europe. *Die Bodenkultur*, 60(3), 7-17.
- Radoglou, K., Dobrowolska, D., Spyroglou, G., & Nicolescu, V. N. (2008). A review on the ecology and silviculture of limes (*Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. and *Tilia tomentosa* Moench.) in Europe. *Romania*, 15, 1-29.
- Randriamanana, T. R., Lavola, A., Julkunen-Tiitto, R. (2015a). Interactive effects of supplemental UV-B and temperature in European aspen seedlings: Implications for growth, leaf traits, phenolic defense and associated organisms. *Plant Physiology and Biochemistry* 93, 84-93
- Randriamanana, T. R., Nissinen, K., Moilanen, J., Nybakken, L., & Julkunen-Tiitto, R. (2015b). Long-term UV-B and temperature enhancements suggest that females of *Salix myrsinifolia* plants are more tolerant to UV-B than males. *Environmental and Experimental Botany*, 109, 296-305.
- Ranjbarfordoei, A., Samson, R., & Van Damme, P. (2011). Photosynthesis performance in sweet almond [*Prunus dulcis* (Mill) D. Webb] exposed to supplemental UV-B radiation. *Photosynthetica*, 49(1), 107-111
- Ranjbarfordoei, A., Van Damme, P., & Samson, R. (2009). Elevated ultraviolet-B radiation influences photosynthetic pigments and soluble carbohydrates of sweet almond [*Prunus dulcis* (Miller) D. Webb]. *Electronic journal of environmental, agricultural and food chemistry*., 8(11), 1077-1084.
- Reddy, K. R., Kakanl, V. G., Zhao, D., Kotl, S., & Gao, W. (2004). Interactive EFFECTS OF Ultraviolet-B radiation and temperature on cotton physiology, growth, development and hyperspectral reflectance. *Photochemistry and Photobiology*, 79(5), 416-427.
- Rejeb, K. B., Abdelly, C., & Savouré, A. (2014). How reactive oxygen species and proline face stress together. *Plant Physiology and Biochemistry*, 80, 278-284.
- Ren, J., Dai, W., Xuan, Z., Yao, Y., Korpelainen, H., & Li, C. (2007). The effect of drought and enhanced UV-B radiation on the growth and physiological traits of two contrasting poplar species. *Forest Ecology and Management*, 239(1-3), 112-119.
- Richard, S., Morency, M. J., Drevet, C., Jouanin, L., & Séguin, A. (2000). Isolation and characterization of a dehydrin gene from white spruce induced upon wounding, drought and cold stresses. *Plant molecular biology*, 43(1), 1-10.
- Rivers, M. C., Barstow, M. & Khela, S. 2017, Small-leaved Lime, *Tilia cordata*, Erişim 12 Aralık 2022, <https://profilbaru.com/article/Tilia_cordata>.

- Robson, T. M., Hartikainen, S. M., & Aphalo, P. J. (2015). How does solar ultraviolet-B radiation improve drought tolerance of silver birch (*Betula pendula* Roth.) seedlings?. *Plant, Cell & Environment*, *38*(5), 953-967..
- Robson, T. M., Klem, K., Urban, O., & Jansen, M. A. (2015). Re-interpreting plant morphological responses to UV-B radiation. *Plant, cell & environment*, *38*(5), 856-866.
- Rogelj, J., Popp, A., Calvin, K. V., Luderer, G., Emmerling, J., Gernaat, D., Fujimori, S., Jessica, S., Hasegawa, T., Marangoni, G., Krey, V., Kriegler, E., Riahi, K., Detlef, P. V., Doelman, J., Drouet, L., Edmonds, J., Fricko, O., Harmsen, M., Havlik, P., Humpenöder, F., Stehfest, E., & Tavoni, M. (2018). Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5 C. *Nature Climate Change*, *8*(4), 325.
- Rojas-Soto, O. R., Sosa, V., & Ornelas, J. F. (2012). Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: Conservation insights under future climate change scenarios. *Biodiversity and Conservation*, *21*(10), 2671–2690.
- Rosa, M., Prado, C., Podazza, G., Interdonato, R., González, J. A., Hilal, M., & Prado, F. E. (2009). Soluble sugars: Metabolism, sensing and abiotic stress: A complex network in the life of plants. *Plant signaling & behavior*, *4*(5), 388-393.
- Royce, B. & Barbour, M. G. (2001). Mediterranean Climate Effects. I. Conifer water use across a Sierra Nevada ecotone. *American Journal Of Botany*, *88*, 911-918.
- Ruiz-Labourdette, D., Nogués-Bravo, D., Ollero, H. S., Schmitz, M. F., & Pineda, F. D. (2012). Forest composition in Mediterranean mountains is projected to shift along the entire elevational gradient under climate change. *Journal of Biogeography*, *39*(1), 162–176.
- Salvi, P., Manna, M., Kaur, H., Thakur, T., Gandass, N., Bhatt, D., & Muthamilarasan, M. (2021). Phytohormone signaling and crosstalk in regulating drought stress response in plants. *Plant Cell Reports*, *40*(8), 1305-1329.
- Sandmann, G. (2019). Antioxidant protection from UV-and light-stress related to carotenoid structures. *Antioxidants*, *8*(7), 219.
- Sangtarash, M. H., Qaderi, M. M., Chinnappa, C. C., & Reid, D. M. (2009). Differential responses of two *Stellaria longipes* ecotypes to ultraviolet-B radiation and drought stress. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, *204*(8), 593-603.
- Sarwat, M., & Tuteja, N. (2017). Hormonal signaling to control stomatal movement during drought stress. *Plant Gene*, *11*, 143-153.
- Schenke, D., Utami, H. P., Zhou, Z., Gallegos, M. T., & Cai, D. (2019). Suppression of UV-B stress induced flavonoids by biotic stress: Is there reciprocal crosstalk?. *Plant Physiology and Biochemistry*, *134*, 53-63.
- Schlesinger, W. H., Dietze, M. C., Jackson, R. B., Phillips, R. P., Rhoades, C. C., Rustad, L. E., & Vose, J. M. (2016). Forest biogeochemistry in response to drought. *Global Change Biology*, *22*(7), 2318-2328.
- Schmidt, A. M., Ormrod, D. P., Livingston, N. J., & Misra, S. (2000). The interaction of

- ultraviolet-B radiation and water deficit in two *Arabidopsis thaliana* genotypes. *Annals of Botany*, 85(4), 571-575.
- Seppä, H., Alenius, T., Bradshaw, R. H. W., Giesecke, T., Heikkilä, M., & Muukkonen, P. (2009). Invasion of Norway spruce (*Picea abies*) and the rise of the boreal ecosystem in Fennoscandia. *Journal of Ecology*, 97, 629–640.
- Sevik, H., & Karaca, U. (2016). Determining the resistances of some plant species to frost stress through ion leakage method. *Feb-fresenius environmental bulletin*, 25(8), 2745-2750.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019a). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(8), 983-991.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (2), 78.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019b). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (6), 12843-12857.
- Sharma, S., Chatterjee, S., Kataria, S., Joshi, J., Datta, S., Vairale, M. G., & Veer, V. (2017). A review on responses of plants to UV-B radiation related stress. *UV-B Radiation: From Environmental Stressor to Regulator of Plant Growth*, 75-97.
- Shaukat, S. S., Zaidi, S., & Khan, M. A. (2013). Combined effect of UV-B radiation and allelopathy on germination, seedling growth and physiological responses of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *International Journal of Biology and Biotechnology*, 10(3), 353-362.
- Shen, X., Dong, Z., & Chen, Y. (2015). Drought and UV-B radiation effect on photosynthesis and antioxidant parameters in soybean and maize. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37, 1-8.
- Shine, M. B., & Guruprasad, K. N. (2012). Oxyradicals and PSII activity in maize leaves in the absence of UV components of solar spectrum. *Journal of biosciences*, 37(4), 703-712.
- Shinozaki, K., & Yamaguchi-Shinozaki, K. (2007). Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *Journal of experimental botany*, 58(2), 221-227.
- Silva, S., Santos, C., Serodio, J., Silva, A. M., & Dias, M. C. (2018). Physiological performance of drought-stressed olive plants when exposed to a combined heat–UV-B shock and after stress relief. *Functional Plant Biology*, 45(12), 1233-1240.
- Singh, R. K., Sinha, V. S. P., Joshi, P. K., & Kumar, M. (2020). Modelling agriculture, forestry and other land use (AFOLU) in response to climate change scenarios for the SAARC nations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(4), 1–18.
- Skórska, E., Grzeszczuk, M., Barańska, M., & Wójcik-Stopczyńska, B. (2019). Long wave UV-B radiation and asahi SL modify flavonoid content and radical scavenging activity of *Zea mays* var. *saccharata* leaves. *Acta Biologica*

- Cracoviensia s. Botanica, 61(1), 87-92.
- Soma, F., Takahashi, F., Yamaguchi-Shinozaki, K., & Shinozaki, K. (2021). Cellular phosphorylation signaling and gene expression in drought stress responses: ABA-dependent and ABA-independent regulatory systems. *Plants*, 10(4), 756.
- Stratmann, J. (2003). Ultraviolet-B radiation co-opts defense signaling pathways. *Trends in Plant Science*, 8(11), 526-533.
- Strømme, C., Sivadasan, U., Nissinen, K., Lavola, A., Randriamanana, T., Julkunen-Tiitto, R., & Nybakken, L. (2019). Interannual variation in UV-B and temperature effects on bud phenology and growth in *Populus tremula*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 134, 31-39.
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, Development and Sustainability*, 194,1-20.
- Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E. & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203, 32–43.
- Taalas, P., Kaurola, J., Kylling, A., Shindell, D., Sausen, R., Dameris, M., Grewe, V., Herman, J., Damski, J., Steil, B. (2000). The impact of greenhouse gases and halogenated species on future solar UV radiation doses. *Geophysical Research Letters*, 27, 1127–1130.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology* (3. baskı). Massachusetts: Sinauer Associates Inc. Publishers.
- Takahashi, S., & Badger, M. R. (2011). Photoprotection in plants: a new light on photosystem II damage. *Trends in plant science*, 16(1), 53-60.
- Talu, N., Özden, M. S., Özgün, S., Dougherty, W., & Fencel, A. (2010). *Turkey's National Climate Change Adaptation Strategy and Action Plan (Draft)*. TR Ministry of Environment and urbanization, General Directorate of Environmental Management, Department of Climate Change, Ankara.
- Tardieu, F., Parent, B., & Simonneau, T. (2010). Control of leaf growth by abscisic acid: hydraulic or non-hydraulic processes?. *Plant, cell & environment*, 33(4), 636-647.
- Tekin, M., Emiralioğlu, O., Yeken, M. Z., Nadeem, M. A., Çiftçi, V., & Baloch, F. S. (2022). Wild Relatives and Their Contributions to Wheat Breeding. In *Ancient Wheats* (pp. 197-233). Springer, Cham.
- Terzi, R., & Kadioglu, A. (2006). Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 48(2),89–96. http://www2.ib.uj.edu.pl/abc/pdf/48_2/89-96.pdf.
- Toczydlowski, A. J., Slesak, R. A., Kolka, R. K., & Venterea, R. T. (2020). Temperature and water-level effects on greenhouse gas fluxes from black ash (*Fraxinus nigra*) wetland soils in the Upper Great Lakes region, USA. *Applied Soil Ecology*, 153, 103565.
- Toker, M. C., Toker, G., & Yılmaz, R. (1997). Ihlamur (*Tilia*) meyvaları üzerinde morfolojik ve anatomik çalışmalar. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 26(2), 89-94.

- Topacoglu, O., Sevik, H., & Akkuzu, E. (2016). Effects of water stress on germination of *Pinus nigra* Arnold. *Seeds Pakistan Journal of Botany*, 48(2), 447–453.
- Torun, H. (2012). ‘Tuz stresine maruz bırakılan arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinde salisilik asit muamelesinin içsel fitohormonlar düzeyinde fizyolojik ve biyokimyasal etkilerinin araştırılması’, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, Trabzon.
- Torun, H. (2019). Time-course analysis of salicylic acid effects on ROS regulation and antioxidant defense in roots of hulled and hullless barley under combined stress of drought, heat and salinity. *Physiologia plantarum*, 165(2), 169-182.
- Torun, H. (2022). Combined efficiency of salicylic acid and calcium on the antioxidative defense system in two different carbon-fixative turfgrasses under combined drought and salinity. *South African Journal of Botany*, 144, 72-82.
- Torun, H., Eroğlu, E., Yalçın, V., & Elmas, U. S. T. A. (2021). Physicochemical and antioxidant responses of st. john’s wort (*Hypericum perforatum* L.) under drought stress. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(1), 40-50.
- Torun, H., Novák, O., Mikulík, J., Pěňčík, A., Strnad, M., & Ayaz, F. A. (2020). Timing-dependent effects of salicylic acid treatment on phytohormonal changes, ROS regulation, and antioxidant defense in salinized barley (*Hordeum vulgare* L.). *Scientific Reports*, 10(1), 13886.
- Tossi, V., Cassia, R., Bruzzone, S., Zocchi, E., & Lamattina, L. (2012). ABA says NO to UV-B: a universal response?. *Trends in plant science*, 17(9), 510-517.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., & Ahmaida Saleh, E. A. (2018). Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(5), 2277–2284
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M. (2019). Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(5), 5122-5130.
- Turner, N. C. (1988). Measurement of plant water status by the pressure chamber technique. *Irrigation science*, 9(4), 289-308.
- Turtola, S., Sallas, L., Holopainen, J. K., Julkunen-Tiitto, R., & Kainulainen, P. (2006). Long-term exposure to enhanced UV-B radiation has no significant effects on growth or secondary compounds of outdoor-grown Scots pine and Norway spruce seedlings. *Environmental Pollution*, 144(1), 166-171.
- Tuttu, G., Ursavas, S., & Soyler, R. (2017). Harvest amounts and ethnobotanical uses of the linden flowers in Turkey. *Anatolian Journal of Forestry Research*, 3, 60–66.
- Tyree, M. T., Cheung, Y. N. S., MacGregor, M. E., & Talbot, A. J. B. (1978). The characteristics of seasonal and ontogenetic changes in the tissue–water relations of Acer, Populus, Tsuga, and Picea. *Canadian Journal of Botany*, 56(6), 635-647.
- Ueda, T., & Nakamura, C. (2011). Ultraviolet-defense mechanisms in higher plants. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 25(1), 2177-2182.
- UNDP (United Nations Development Programme) (2019). *Annual Report (2019)*. New York: One United Nations Plaza NY 10017.

- Urgenc, S., & Cepel, N. (2001). Agaclandirmalar icin tur secimi, tohum ekimi ve fidan dikiminin pratik esaslari. *The Turkish Foundation for Combating Soil Erosion for Reforestation and the Protection of Natural Habitats (TEMA)*, (33).
- USDA, 2015, *Tilia cordata*, The PLANTS Database, Erişim 30 Aralık 2022, <plants.usda.gov>.
- Van de Staaij, J. W. M., Bolink, E., Rozema, J., & Ernst, W. H. O. (1997). The impact of elevated UV-B (280–320 nm) radiation levels on the reproduction biology of a highland and a lowland population of *Silene vulgaris*. *Plant Ecology*, 128, 173–179. https://doi.org/10.1007/978-94-011-5718-6_16
- Vanhaelewyn, L., Prinsen, E., Van Der Straeten, D., & Vandebussche, F. (2016). Hormone-controlled UV-B responses in plants. *Journal of experimental botany*, 67(15), 4469-4482.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2021). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 491, 119199.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022b). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1), 637-647.
- Varol, T., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022a). The effects of climate change scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(2), 1-13.
- Verdaguer, D., Díaz-Guerra, L., Font, J., González, J. A., & Llorens, L. (2018). Contrasting seasonal morphological and physio-biochemical responses to UV radiation and reduced rainfall of two mature naturally growing Mediterranean shrubs in the context of climate change. *Environmental and Experimental Botany*, 147, 189-201.
- Visentin, I., Vitali, M., Ferrero, M., Zhang, Y., Ruyter-Spira, C., Novák, O., ... & Cardinale, F. (2016). Low levels of strigolactones in roots as a component of the systemic signal of drought stress in tomato. *New Phytologist*, 212(4), 954-963.
- Wang, L., Zhou, X., & Liu, W. (2016). Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on physiological indices and camptothecin content in *Camptotheca acuminata* Decne. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 36(5), 979-986.
- Wang, Y., Papanatsiou, M., Eisenach, C., Karnik, R., Williams, M., Hills, A., Lew, V.L., & Blatt, M. R. (2012). Systems dynamic modeling of a guard cell CI- channel mutant uncovers an emergent homeostatic network regulating stomatal transpiration. *Plant Physiology*, 160, 1956–1967.
- Wang, Z., Luo, T. X., Li, R. C., Tang, Y. H., & Du, M. Y. (2013). Causes for the unimodal pattern of biomass and productivity in alpine grasslands along a large altitudinal gradient in semi-arid regions. *Journal of Vegetable Science*, 24, 189–201. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01442.x>
- Ward, E. J., Domec, J. C., Laviner, M. A., Fox, T. R., Sun, G., McNulty, S., ... & Noormets, A. (2015). Fertilization intensifies drought stress: water use and

- stomatal conductance of *Pinus taeda* in a midrotation fertilization and throughfall reduction experiment. *Forest ecology and management*, 355, 72-82.
- Wijewardana, C., Henry, W. B., Gao, W., & Reddy, K. R. (2016). Interactive effects on CO₂, drought, and ultraviolet-B radiation on maize growth and development. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 160, 198-209.
- Yahyaoglu, Z. (1987). Orman ağacı fidanlarının kalite özellikleri. Scholender tekniği yardımıyla su potansiyelinin ölçülmesi ve önemi. *KTÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 10, 1-2.
- Yaltirik, F., & Efe, A. (2000). Dendrology Handbook, Gymnospermae-Angiospermae. Faculty of Forestry Publication. Istanbul: University of Istanbul Publication.
- Yan, F., Liu, Y., Sheng, H., Wang, Y., Kang, H., & Zeng, J. (2016). Salicylic acid and nitric oxide increase photosynthesis and antioxidant defense in wheat under UV-B stress. *Biologia plantarum*, 60(4), 686-694.
- Yang, C., Ren, J., & Ma, X. (2016). Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on growth and physiological characteristics of *Populus yunnanensis* and *Populus szechuanica*. *Journal of West China Forestry Science*, 45(6), 79-88.
- Yang, Q., Li, Y., Wang, L., Zhou, Q., & Huang, X. (2014). Effect of lanthanum (III) on the production of ethylene and reactive oxygen species in soybean seedlings exposed to the enhanced ultraviolet-B radiation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 104, 152-159.
- Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., & Chen, S. (2021). Response mechanism of plants to drought stress. *Horticulturae*, 7(3), 50.
- Yigit, N., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S. M., Ozel, H. B., Cetin, M., & Olgun, C. (2021). Identification of some fiber characteristics in *Rosa* sp. and *Nerium oleander* L. wood grown under different ecological conditions. *BioResources*, 16(3), 5862-5874.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Kaya, N. (2016). Determination of the effect of drought stress on the seed germination in some plant species. *Water stress in plants*, 43, 62.
- Yu, C. Q., Shen, Z. X., Zhang, X. Z., Sun, W., & Fu, G. (2014). Response of soil C and N, dissolved organic C and N, and inorganic N to short-term experimental warming in an Alpine meadow on the Tibetan Plateau. *Science World Journal*, 1(10), 152576. <https://doi.org/10.1155/2014/152576>
- Yu, L., Cao, M., & Li, K. (2006). Climate-induced changes in the vegetation pattern of China in the 21st century. *Ecological Research*, 21(6), 912-919.
- Zhang, C., Chen, M., Liu, G., Huang, G., Wang, Y., Yang, S., & Xu, X. (2020). Enhanced UV-B radiation aggravates negative effects more in females than in males of *Morus alba* saplings under drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 169, 103903.
- Zhang, C., Stratopoulos, L. M. F., Pretzsch, H., Rötzer, T. (2019). How do *Tilia cordata* Greenspire trees cope with drought stress regarding their biomass allocation and ecosystem services?. *Forests*, 10(8), 676.

- Zhang, T., Cao, Y., Chen, Y., & Liu, G. (2015). Non-structural carbohydrate dynamics in *Robinia pseudoacacia* saplings under three levels of continuous drought stress. *Trees*, 29, 1837-1849.
- Zhang, X., Tang, X., Zhou, B., Hu, S., & Wang, Y. (2015). Effect of enhanced UV-B radiation on photosynthetic characteristics of marine microalgae *Dunaliella salina* (Chlorophyta, Chlorophyceae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 469, 27-35.
- Zheng, H., Zhang, X., Ma, W., Song, J., Rahman, S. U., Wang, J., & Zhang, Y. (2017). Morphological and physiological responses to cyclic drought in two contrasting genotypes of *Catalpa bungei*. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 77-87.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Uğur CANTÜRK

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Doktora	Orman Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2023
Y. Lisans	Peyzaj Mimarlığı	Kastamonu Üniversitesi	2019
Lisans	Peyzaj Mimarlığı	Kastamonu Üniversitesi	2017
Lise		Balıca 60. Yıl Çok Programlı Lisesi	2006

YAYINLAR

- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1-2), 637-647.
- Canturk, U., & Kulaç, Ş. (2021). The effects of climate change scenarios on *Tilia* ssp. in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(12), 771.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2021). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 491, 119199.
- Cetin, M., Sevik, H., Canturk, U., & Cakir, C. (2018). Evaluation of the recreational potential of Kutahya Urban Forest. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5), 2629-2634.
- Cetin, M., Onac, A. K., Sevik, H., Canturk, U., & Akpinar, H. (2018). Chronicles and geoheritage of the ancient Roman city of Pompeiopolis: a landscape plan. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 1-12.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Aricak, B., & Canturk, U. (2017). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish Fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *Bornmulleriana* Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6579-6587.