

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOĞU LADINI [*Picea orientalis* (L.) Link] FİDANLARININ BAZI FİZYOLOJİK
VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE KURAKLIK STRESİNİN
ETKİSİ İLE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER ARASINDAKİ İLİŞKİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Kerem SERTER

EKİM 2024
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

ÖNSÖZ

“Doğu Ladini [*Picea orientalis* (L.) Link] Fidanlarının Bazı Fizyolojik Ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Kuraklık Stresinin Etkisi İle Morfolojik Özellikler Arasındaki İlişki” adlı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tezimin bilimsel danışmanlığını üstlenerek, tez konusu seçiminde, çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında ve yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Fahrettin ATAR’a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Değerli görüş ve fikirlerinden yararlandığım değerli hocalarım sayın Prof. Dr. İbrahim TURNA ve Prof. Dr. Deniz GÜNEY’e katkı ve desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışma sürecimde değerli bilgi ve yardımlarını esirgemen değerli hocalarım Dr. Ebru ATAR ve Dr. Ali BAYRAKTAR’a çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans sürecinin yoğun fidanlık ve laboratuvar çalışmalarında özverili çalışması ile bana destek ve katkı sağlayan ve çalışmamın analiz kısımlarında değerli bilgi ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemen sevgili arkadaşım Orm. Müh. Ahmetcan AKYÜZ’e çok teşekkür ederim. Ayrıca Araştırma ve Uygulama Serası çalışanlarına fidanlık çalışmalarına katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Beni bu günlere getiren aileme, hayatımın her anında destekleri ile yanımda olan sevgili babam Mürsel SERTER ve annem Gülnur SERTER’e ve kardeşim Furkan SERTER’e sonsuz sevgilerimi sunarım.

Yüksek lisans sürecim boyunca çalışmamın başlangıcından sonuna kadar ki geçen zorlu zaman diliminde her zaman yanımda olan ve desteğini her daim arkamda hissettiğim, sevgili arkadaşım Harita müh. Merve BÜYÜKTAŞ’a sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmanın ülkemiz ormancılığına ve bilim dünyasına faydalı olmasını dilerim.

Ahmet Kerem SERTER
Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doğu Ladini [*Picea orientalis* (L.) Link] Fidanlarının Bazı Fizyolojik Ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Kuraklık Stresinin Etkisi İle Morfolojik Özellikler Arasındaki İlişki” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Fahrettin ATAR’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

30/10/2024

Ahmet Kerem SERTER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Doğu Ladini (<i>Picea orientalis</i> L.) Hakkında Genel Bilgiler	4
1.2. Bitkilerdeki Stres Faktörleri.....	5
1.3. Kuraklık Koşullarının Bitkiler Üzerindeki Etkileri	6
1.4. Bitki Morfolojisi ve Fizyolojisi Üzerinde Kuraklık Koşullarının Etkileri	9
1.5. Literatür Özeti.....	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	14
2.1. Tohum Materyalinin Temini.....	14
2.2. Fidan Materyalinin Elde Edilmesi	15
2.3. Kuraklık Stresine İlişkin Deneme Deseni.....	15
2.4. Fidanların Bazı Morfolojik Parametrelerinin Tespiti	16
2.5. Fidanların Bazı Fizyolojik Parametrelerinin Tespiti	18
2.5.1. Ksilem Su potansiyelinin Belirlenmesi	18
2.5.2. Toprak Neminin ve Sıcaklığın Belirlenmesi	19
2.6. Fidanların Bazı Biyokimyasal Parametrelerinin Tespiti.....	20

2.6.1. Fotosentetik Pigment Tayini	20
2.6.2. Toplam Çözünebilir Şeker (Karbonhidrat) İçeriğinin Tespiti.....	21
2.7. Verilerin Değerlendirilmesi	22
3. BULGULAR	23
3.1. Fizyolojik Parametrelere İlişkin Bulgular.....	23
3.1.1. Fidanların Bitki Su Gerilimine İlişkin Bulgular.....	23
3.1.2. Toprak Nem Değerlerine İlişkin Bulgular.....	25
3.1.3. Toprak Sıcaklık Değerlerine İlişkin Bulgular	27
3.2. Biyokimyasal Parametrelere İlişkin Bulgular.....	28
3.2.1. Klorofil a Miktarına İlişkin Bulgular	28
3.2.2. Klorofil b Miktarına İlişkin Bulgular	30
3.2.3. Toplam Klorofil Miktarına İlişkin Bulgular.....	32
3.2.4. Toplam Karotenoid Miktarına İlişkin Bulgular.....	34
3.2.5. Toplam Çözünebilir Karbonhidrat Miktarına İlişkin Bulgular	36
3.3. Morfolojik Parametrelere İlişkin Bulgular	38
3.3.1. Fidan Boyu Değerlerine İlişkin Bulgular	38
3.3.2. Kök Boğaz Çapı Değerlerine İlişkin Bulgular	40
3.3.3. Gövde Taze Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular.....	41
3.3.4. Gövde Kuru Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular	42
3.3.5. Kök Taze Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular.....	43
3.3.6. Kök Kuru Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular	44
3.3.7. Fidan Taze Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular	45
3.3.8. Fidan Kuru Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular.....	46
3.3.9. En Uzun Kök Boyu Değerlerine İlişkin Bulgular	47
3.3.10. Ana Kök Sayısı Değerlerine İlişkin Bulgular.....	47
3.3.11. Kök Yüzdesi Değerlerine İlişkin Bulgular.....	48

3.3.12. Gürbüzlük İndisi Değerlerine İlişkin Bulgular.....	50
3.3.13. Katlılık İndisi Değerlerine İlişkin Bulgular.....	51
3.3.14. Dickson Kalite İndeksi Değerlerine İlişkin Bulgular	52
3.4. Ayırma ve Kümeleme Analizine İlişkin Bulgular	52
3.5. Korelasyon Analizine İlişkin Bulgular	54
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	56
4.1. Bitki Su Gerilimi, Toprak Sıcaklığı ve Nemine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar ...	56
4.2. Fotosentetik Pigment ve Toplam Çözünebilir Karbonhidrat İçeriğine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar	60
4.3. Fidanların Morfolojik Parametrelerine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar.....	63
5. ÖNERİLER	68
6. KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

DOĞU LADİNİ [*Picea orientalis* (L.) Link] FİDANLARININ BAZI FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE KURAKLIK STRESİNİN ETKİSİ İLE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER ARASINDAKİ İLİŞKİ

Ahmet Kerem SERTER

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Fahrettin ATAR
2024, 79 Sayfa

Bu çalışmada, Doğu Ladini türünün tohum meşcerelerinden elde edilen tohumlardan yetiştirilmiş fidanların kuraklık stresine karşı göstermiş olduğu bazı biyokimyasal ve fizyolojik tepkiler araştırılmıştır. Hem türün genel olarak kuraklığa nasıl tepki verdiği hem de farklı populasyonların bu stres faktörüne karşı verdiği tepkilerin nasıl değiştiği incelenmiştir. Bu çerçevede, Doğu ladini fidanlarında şafak öncesi bitki su gerilimi, toprak sıcaklığı ve nemi gibi çevresel parametreler ölçülmüş; klorofil a, klofil b, toplam klorofil, toprak karotenoid ve toplam çözünebilir karbonhidrat içerikleri analiz edilmiştir. Aynı zamanda, dört yaşındaki fidanların bazı morfolojik özellikleri de ölçülerek, bu özellikler ile kuraklık stresine karşı verilen tepkiler arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, biyokimyasal ve fizyolojik parametrelerde olduğu gibi morfolojik özellikler bakımından da populasyonlar arasında belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Kuraklık stresine maruz kalan fidanlarda stres süresi arttıkça, bitki su gerilimi, klorofil, toplam karotenoid ve çözünebilir karbonhidrat miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, morfolojik özelliklerdeki varyasyonlar ile fidanların kuraklık stresine verdikleri biyokimyasal ve fizyolojik tepkiler arasında güçlü korelasyonlar olduğu belirlenmiş; özellikle kuru kök yüzdesi, katlılık indisi ve gürbüzlük indisi gibi parametrelerle bu ilişkiler ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Karbonhidrat, Klorofil, Varyasyon, Su potansiyeli, Karotenoid

Master Thesis

SUMMARY

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE EFFECTS OF DROUGHT STRESS ON SOME PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ORIENTAL SPRUCE [*Picea orientalis* (L.) Link] SEEDLINGS

Ahmet Kerem SERTER

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineer Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Fahrettin ATAR
2024, 79 Pages

In this study, the biochemical and physiological responses of Oriental spruce seedlings, grown from seeds obtained from seed stands, to drought stress were investigated. The research focused on both the general response of the species to drought and the variations in how different populations react to this stress factor. Parameters such as pre-dawn plant water potential, soil temperature, and soil moisture were measured in Oriental spruce seedlings, along with the analysis of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, total carotenoid, and total soluble carbohydrate contents. Additionally, some morphological characteristics of four-year-old seedlings were evaluated, and the relationship between these traits and responses to drought stress was assessed. The results showed significant differences among the populations in terms of biochemical and physiological parameters, as well as morphological traits. As the drought stress duration increased, plant water potential, chlorophyll, total carotenoid, and soluble carbohydrate levels also increased in the stressed seedlings. Moreover, a strong correlation was found between the morphological variations and the biochemical and physiological responses of the seedlings to drought stress, with parameters such as root dry weight percentage, sturdiness index, and Dickson quality index highlighting these relationships.

Key Words: Carbohydrate, Chlorophyll, Variation, Water potential, Carotenoid

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Doğu ladini türünün ülkemizdeki yayılış alanı	5
Şekil 2. Tohum meşcerelerinin konumları	14
Şekil 3. Sera içerisinde kuraklık stresi denemesi	16
Şekil 4. Bir yaşındaki fidanlarda morfolojik karakterlerin ölçülmesi	18
Şekil 5. Fidanlarda su potansiyelinin basınç odası tekniği ile ölçülmesi	19
Şekil 6. Fidanlara ait toprak sıcaklık ve nem değerlerinin belirlenmesi	20
Şekil 7. Fotosentetik pigment tayinine ilişkin ölçümler	21
Şekil 8. Toplam çözünebilir şeker miktarının tespiti	22
Şekil 9. Populasyon, kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine ilişkin bitki su gerilim değerlerine ait sonuçlar	25
Şekil 10. Populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimine göre klorofil a miktarına ait sonuçlar	29
Şekil 11. Populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimine göre klorofil b miktarına ait sonuçlar	31
Şekil 12. Populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimine göre toplam klorofil miktarına ait sonuçlar	33
Şekil 13. Populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimine göre toplam karotenoid miktarına ait sonuçlar	35
Şekil 14. Populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimine göre toplam karbonhidrat miktarlarına ait sonuçlar	38
Şekil 15. Populasyonlara bağlı olarak fidan boylarına ait Duncan testi sonucu.....	39
Şekil 16. Populasyonlara bağlı olarak kök boğaz çapına ait Duncan testi sonucu.....	40
Şekil 17. Populasyonlara bağlı olarak gövde taze ağırlığına ait Duncan testi sonucu	42
Şekil 18. Populasyonlara bağlı olarak gövde kuru ağırlığına ait Duncan testi sonucu	43
Şekil 19. Populasyonlara bağlı olarak kök kuru ağırlığına ait Duncan testi sonucu	44
Şekil 20. Populasyonlara bağlı olarak fidan taze ağırlığına ait Duncan testi sonucu.....	46

Şekil 21. Populasyonlara bağlı olarak fidan kuru ağırlığına ait Duncan testi sonucu	47
Şekil 22. Populasyonlara bağlı olarak AKS'ye ait sonuçları gösteren histogram	48
Şekil 23. Populasyonlara bağlı olarak kök yüzdesine ait Duncan testi sonucu	49
Şekil 24. Populasyonlara bağlı olarak gürbüzlük indisine ait Duncan testi sonucu	50
Şekil 25. Populasyonlara bağlı olarak katlılık indisine ait Duncan testi sonucu	51
Şekil 26. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucu meydana gelen gruplar	53
Şekil 27. Hiyerarşik kümeleme analizi ile elde edilen grupların coğrafi dağılımı	54
Şekil 28. Ölçülen tüm parametrelere ilişkin korelasyon analizi sonucu	55



TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Tohum meşcerelerine ait koordinat bilgileri	14
Tablo 2. Çalışma alanına ilişkin meteoroloji verileri	15
Tablo 3. Bitki su gerilim değerlerine ilişkin sonuçlar	23
Tablo 4. Bitki su gerilim değerlerine ait varyans analizi sonuçları	24
Tablo 5. Toprak nemine ait sonuçlar	26
Tablo 6. Toprak nemine ait varyans analizi sonuçları	26
Tablo 7. Toprak sıcaklığına ait sonuçlar	27
Tablo 8. Toprak sıcaklığına ait varyans analizi sonuçları	28
Tablo 9. Klorofil a miktarına ait sonuçlar	28
Tablo 10. Klorofil a miktarına ait varyans analizi sonuçları	29
Tablo 11. Klorofil b miktarına ait sonuçlar	30
Tablo 12. Klorofil b miktarına ait varyans analizi sonuçları	31
Tablo 13. Toplam klorofil miktarına ait sonuçlar	32
Tablo 14. Toplam klorofil miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	33
Tablo 15. Toplam karotenoid miktarına ait sonuçlar	34
Tablo 16. Toplam karotenoid miktarına ait varyans analizi sonuçları	35
Tablo 17. Toplam karbonhidrat miktarlarına ait sonuçlar	36
Tablo 18. Toplam karbonhidrat miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	37
Tablo 19. Populasyonlara bağlı olarak fidan boylarına ait sonuçlar	39
Tablo 20. Populasyonlara bağlı olarak kök boğaz çapına ait sonuçlar	40
Tablo 21. Populasyonlara bağlı olarak gövde taze ağırlığına ait sonuçlar	41
Tablo 22. Populasyonlara bağlı olarak gövde kuru ağırlığına ait sonuçlar	42
Tablo 23. Populasyonlara bağlı olarak kök taze ağırlığına ait sonuçlar	43

Tablo 24. Populasyonlara bağlı olarak kök kuru ağırlığına ait sonuçlar	44
Tablo 25. Populasyonlara ait fidan taze ağırlığına ilişkin sonuçlar.....	45
Tablo 26. Populasyonlara bağlı olarak fidan kuru ağırlığına ait sonuçlar.....	46
Tablo 27. Populasyonlara bağlı olarak EUKB'ye ait sonuçlar.....	47
Tablo 28. Populasyonlara bağlı olarak AKS'ye ait sonuçlar.....	48
Tablo 29. Populasyonlara bağlı olarak kök yüzdesine ait sonuçlar.....	49
Tablo 30. Populasyonlara bağlı olarak gürbüzlük indisine ait sonuçlar.....	50
Tablo 31. Populasyonlara bağlı olarak katlılık indisine ait sonuçlar.....	51
Tablo 32. Populasyonlara ait Dickson kalite indeksine ilişkin sonuçlar	52

SEMBOLLER DİZİNİ

mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
g	: Gram
°C	: Santigrat derece
BSG	: Bitki Su Gerilimi
Min.	: Minimum
Mak.	: Maksimum
Ort.	: Ortalama
Kla	: Klorofil a
Klb	: Klorofil b
TKl	: Toplam Klorofil
<i>p</i>	: Önem Düzeyi
Tkarb	: Toplam karbonhidrat
Tkrtn	: Toplam karotenoid

1. GENEL BİLGİLER

Ülke ekonomilerine doğrudan katkı sağlayan ve canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için kritik öneme sahip ekolojik hizmetler sunan ormanlar, en önemli doğal kaynaklar arasında yer almaktadır. Ancak yeryüzü genelinde ülkemizin orman varlığına denk büyüklükte alanlar her yıl yok edilmektedir. Orman alanlarındaki bu kayıplar, iklim değişikliği başta olmak üzere ekosistem üzerinde pek çok sorunun ortaya doğmasına yol açmaktadır.

Türkiye, her geçen yıl orman varlığını artırmak ve sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla önemli çalışmalar yürütmektedir. Ülkemiz orman varlığı 1973 yılında 20.199.296 hektar alana sahipken 2015 yılında 22.342.935 hektar alana yükselmiş ve ülke yüzölçümünün %28,6'sını kaplamaktadır. 2022 yılı itibariyle Türkiye orman varlığı 23.245.000 hektar olarak belirlenmiş olup, bu alan ülke yüzölçümünün yaklaşık %29,8'ine karşılık gelmektedir. Normal kapalı orman alanı 13.707.843 hektar ile toplam orman alanının %58,97'sini oluştururken, boşluklu kapalı orman alanı da 9.537.157 hektar ile %41,03'ünü oluşturmaktadır (OGM, 2023). Orman varlığımız içinde geniş alanlar kaplayan bozuk nitelikli ormanlar ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan beklenen hizmetleri sağlayamaz duruma gelmiştir. Bozuk ormanların ağaçlandırma ve bakım çalışmalarıyla beraber yeniden nicelik ve nitelik açısından verimli hale getirilmesi orman ekosistemlerinin doğaya ve özellikle ülkemiz ekonomisi için sunduğu çeşitli fonksiyonel faydaların devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bir ülkenin orman varlığı ülke yüzölçümünün %30'una ulaşması durumunda yeterli olarak kabul görmektedir.

Ülkemiz ormanlarının önemli bir kısmı, dünya genelinde olduğu gibi pek çok tahribata maruz kaldığından, nicelik ve nitelik açısından arzulanan faydaları yeterince sağlayamamaktadır. Nüfusun hızla artması ve orman varlığının daralması, gelecek yıllarda odun hammaddesine olan ihtiyacın daha da yükselmesine yol açacaktır. Bu talebin karşılanabilmesi ve sanayileşmenin neden olduğu su, hava ve toprak kirliliğinin önüne geçilmesi için daha fazla ağaçlandırma çalışmalarına ve orman varlığına ihtiyaç duyulmaktadır (Ürgenç, 1998).

Orman varlığını artırmada doğal ve yapay gençleştirme, ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmaları büyük bir öneme sahiptir. Ağaçlandırma çalışmalarının esas amacı yapay gençleştirme uygulamaları, orman içi ve orman dışı ağaçlandırma çalışmaları

ile ormanların verimli hale getirilmesidir. Orman varlığını artırmayı hedefleyen alanların çoğu kurak ve yarı kurak bölgelerde yer almaktadır. Bu bölgelerde yapılan ağaçlandırma çalışmaları ise yoğun emek ve uğraş gerektiren zorlu faaliyetlerdir. Benzer alanlar, dünya genelinde ve ülkemizde geniş yer kaplamaktadır (Ürgenç, 1998). Yarı nemli ve yarı kurak orta enlem bölgesinde yer alan ülkemiz de bazı dönemlerde daha nemli, bazı dönemlerde ise daha kurak iklim koşulları görülmektedir. Ülkemizin yarı kurak ve kurak alanların toplamı 51 milyon hektardır. Bu bağlamda ülkemizde yarı iklim koşullarına sahip alan miktarı %37,3'dir (Turan, 2018).

Son yıllarda kendisini bariz hissettiren iklim değişikliği başka bir deyişle küresel ısınma birçok sorunun asıl sebebi olarak gösterilmektedir. Küresel iklim değişikliğinin etkileri, su kaynaklarının azalması, sıcak hava dalgaları, kuraklık, sel artışları gibi şekiller de kendini göstermektedir (Turan, 2018). Kuraklık, küresel bir sorun haline gelmiş olup Türkiye de dünya üzerindeki konumu nedeniyle kuraklıktan etkilenen bölgeler arasında yer almaktadır (Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2018).

Orman ağaçlarında büyüme ve uyum süreçleri, tıpkı diğer organizmalarda olduğu gibi, genetik yapı ile çevresel faktörlerin etkileşimi sonucunda şekillenmektedir (Kozłowski ve Pallardy, 1997). Su, vejetasyon dağılımını etkileyen en önemli çevresel unsurlardan biri olarak kabul edilmekte ve bu konuda çok sayıda bilimsel çalışma yapılmıştır (Kramer ve Kozłowski, 1960; Kozłowski ve Pallardy, 1997). Bitki gelişiminde suyun kritik rolü nedeniyle, suyun eksikliği veya fazlalığına bağlı olarak ortaya çıkan su stresinin bitkiler üzerindeki etkileri üzerine birçok araştırma gerçekleştirilmiştir (Bozcuk ve Topçuoğlu, 1984). Bu çalışmalar, bitkilerin suya erişim düzeylerinin gelişim ve adaptasyon süreçlerinde ne kadar hayati olduğunu ortaya koymaktadır.

Ormanların önemli bir kısmı kuraklık koşullarından etkilenmektedir ve günümüzde küresel iklim değişikliği nedeniyle ülkemizde olduğu gibi dünya genelinde de yarı kurak ve kurak bölgelerde artış olduğu bilinmektedir. Ülkeler kuraklığın olumsuz etkilerine yönelik önlemler almak ve kuraklıktan en az düzeyde etkilenmek için pek çok araştırmalar ile çözüm aramaktadır. Kuraklık toleransı yüksek türlerin ve orijinlerin belirlenmesi, bu türlerin uygun yetişme alanlarında kullanılması ve ıslah çalışmaları ve gelecekte kullanılacak tohum transferi açısından büyük önem taşımaktadır. Günümüzde çevresel etkenler hızla değişmektedir. Küresel ısınma, bitkiler üzerindeki kuraklık stresi potansiyelini artırmakta ve çevresel değişim hızı, orman popülasyonlarının bu değişime adapte olma hızını geride bırakmaktadır (Dirik, 2000). Bu durum, özellikle suya duyarlı olan ağaç türlerinin

gelecekteki iklim değişikliği senaryolarında hayatta kalmalarını zorlaştırabilir. Kuraklık stresi, orman ekosistemlerinde önemli biyolojik süreçleri etkileyerek populasyonların sürdürülebilirliğini tehdit eden bir faktör haline gelmiştir. Su yetersizliği sonucunda Şuana kadar ağaç çeşitlerinin evrimi ve ilerlemesini ciddi şekilde etkilemeyen bölgelerde bile gelecekte kuraklık stresinin yaratacağı sorunlarla karşılaşılabilir. Bu nedenle aynı iklim rejimine sahip populasyonların bile kuraklık toleranslarının tespit edilmesi önem arz etmektedir. Bu yaklaşım, belirsiz bir geleceğe yönelik genetik çeşitliliğin korunması için önemli bir temel sağlayacaktır (Namkoong, 1986, Chaves ve Oliveira, 2004). Bu sebeple lokal orijinlerin tek başına yeterli olmayabileceği ve kuraklığa daha dayanıklı orijinlerin tespit edilmesi, gelecekteki ağaçlandırma stratejileri açısından büyük önem taşımaktadır (Çalıkoğlu, 2002).

Ormanlarımızdan maksimum faydayı sağlayabilmek için, öncelikle ormanlarımızı oluşturan asli ağaç türlerinin her açıdan detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Çamgiller (Pinaceae) ailesi, dünyanın her köşesine yayılmış, sağlam yapıları ve genellikle üçgen formlarıyla doğayı süslemiş ve korumuştur. Çok sıcak veya çok soğuk bölgelerde yaşayabilen pek çok çam türü vardır. Ladinler de çamgiller ailesinin en geniş cinslerinden biridir; tamamı iğne yapraklıdır ve kozalaklı tohum üretirler. Ladin, genel inşaat işleri ve sandık yapımından ahşap uçaklardaki özel kullanımlara kadar birçok farklı amaç için tercih edilir.

Doğu ladini, Kafkasya ve Türkiye'de yer alır. Ülkemizdeki yayılımının batı sınırı, Ordu'da Melet Irmağı'nın doğusundan başlayarak, doğuya doğru Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin bölgelerini içine alır. Zaman zaman tek başına veya küçük gruplar halinde deniz kıyısına kadar ulaşabilse de 1000 metre rakımdaki geniş ormanlık alanlarda daha sık rastlanır. Doğu ladini'nin Türkiye'deki farklı bölgelerinde doğal olarak yayılış gösteren populasyonlara ait fidanlarda çalışma yapılmıştır. Bu araştırmada, kuraklık stresine karşı fidanların gösterecekleri fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin ortaya koyulması hedeflenmiştir. Bununla birlikte populasyonlara ait morfolojik özellikler arasındaki farklılıklar ile kuraklık stresine karşı fidanların verecekleri biyokimyasal ve fizyolojik tepkiler arasındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, populasyonların kuraklık toleranslarının belirlenmesi, gelecekteki ağaçlandırma stratejilerine yön vermek, ıslah çalışmalarına katkı sağlamak ve aktif gen koruma programlarının altyapısını oluşturmak hedeflenmiştir.

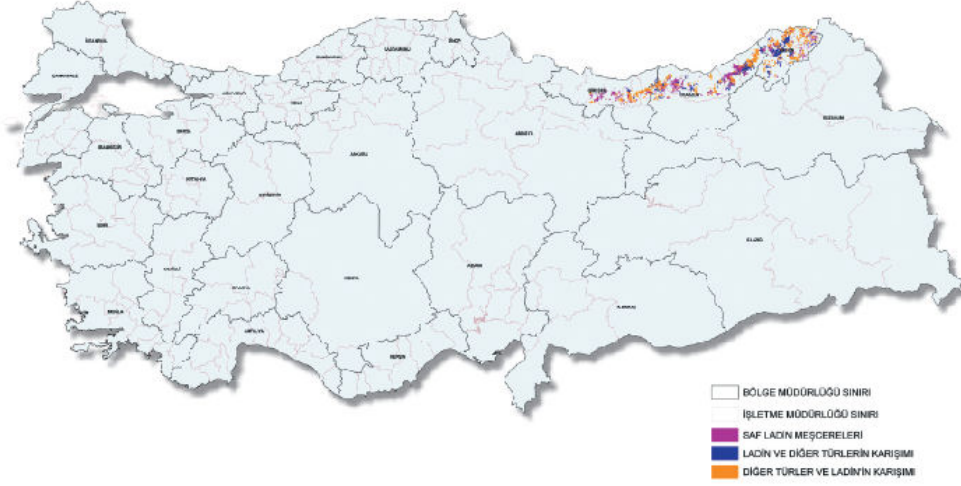
1.1. Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.) Hakkında Genel Bilgiler

Ladin, 60 metreyi aşabilen ve 2 metreye kadar çap yapabilen, düz ve dolgun gövdeli bir ağaç türüdür. Nemli iklimleri tercih eder ve derin, iyi havalandıran, yüksek nem içeriğine sahip, kumlu balçık karışımı, besin açısından zengin, humuslu serin topraklarda çok iyi gelişir. Bu ortamlarda dar ve sivri tepeler oluşturan ladin, sık bir kök sistemine sahiptir. Uygun yetiştirme koşullarında genç yaşlarda gölgeye oldukça dayanıklıdır. Doğal yayılım bölgesinde donlardan etkilenmez ancak bazı yıllarda geç donlardan zarar gördüğü belirlenmiştir. Kuraklığın yanı sıra sık ve bakımsız ormanlık alanlarda fırtına, kar devirmesi ve kar kırılması gibi sorunlar da ortaya çıkabilir.

Ladin ağacı gölgeye dayanıklı olup yarı gölge ağaçları arasında yer alır. Doğu ladini yaprakları diğer ladin türlerine göre daha kısa olup (6-11) mm arasındadır. Yapraklarında 1-4 stoma çizgisi bulunan doğu ladininin kozalakları silindirik ya da ovaldir ve enine kesitleri dört köşelidir. Bu tür ilk yıllarda yavaş bir büyüme gösterirken sonraki yıllarda daha hızlı bir gelişim sergiler (Anşin ve Özkan, 2006).

Türün yayılış alanlarında yıllık ortalama sıcaklık 5-10°C arasında değişiklik göstermektedir. Yaz aylarında sıcaklık nadiren 30 °C'yi aşar (Atalay, 1984). Doğu ladininin bulunduğu bölgeler genellikle dik ve sarp arazilerdir. Bu bölgelerde ortalama eğim %30'un üzerinde olmakla birlikte, %60-70 eğime sahip ve boniteti yüksek olan meşcereler de bulunmaktadır (Akgül, 1975). Doğu Karadeniz bölgesinde yaygın olan ladin meşcerelerinde toprak genellikle kumlu balçık, balçık ve tozlu balçık dokularında bulunmaktadır. Bu topraklarda iskelet miktarı yüksek olduğundan su tutma kapasitesi düşüktür. Ancak bu bölgelerde yeterli yağış alındığı için bu durum bir sorun teşkil etmemektedir (Çepel, 1978).

Doğu Ladini, kendi doğal habitatı dışında, Avrupa'da özellikle süs bitkisi amacıyla yetiştirilmektedir. Cilalı ve koyu renkli görünümüne sahip yapraklarıyla büyük ilgi çeker. Ayrıca peyzaj düzenlemelerinde de yaygın olarak kullanılır.



Şekil 1. Doğu ladini türünün ülkemizdeki yayılış alanı

1.2. Bitkilerdeki Stres Faktörleri

Stres, bir sistemin normal işleyişinin çevresel faktörlerle kısıtlanması olarak ifade edilebilir. Bitki çeşitleri hem ideal çevre şartlarına hem de stresli durumlara karşı duyarlılık açısından değişiklikler gösterir. Araştırmacılardan bazıları sadece bitkilere zarar veren ve özelliklerinde değişikliklere neden olan stresli çevreleri incelemeyi tercih ederken diğerleri stres altındaki sistemlere odaklanırlar. Bu araştırmacılar genellikle deneylerinde şiddetli su kıtlığı veya potansiyel olarak zehirli veya zararlı maddelerin etkisindeki stres altındaki bitkileri ele alırlar (Alam 1999). Bitkilerin karşılaştığı çevresel faktörler, kaliteyi ve verimliliği büyük ölçüde etkiler. Bu faktörler, toprak ve iklim koşulları, yapay kirlenimler, hayvanlar ve diğer bitkilerle olan rekabet olarak kategorize edilebilir. Biyologlar, canlı organizmalar için elverişsiz olan çevre faktörlerine "stres" terimini kullanırken bitkilerin bu tür uygunsuz koşullara karşı hayatta kalma kabiliyeti ise "stres direnci" olarak ifade edilmiştir (Levitt, 1980).

Bitkilerde stres, biyolojik veya çevresel etkenlerin tek başına veya bir arada etkisiyle bitkinin fizyolojik özelliklerinde anlaşılar düzeyde değişiklikler ortaya çıkarması olarak tanımlanır. Diğer bir ifadeyle stres, bir sistemin işleyişinde çevresel etkilerle kısıtlamalara yol açması olarak ifade edilebilir. Stres durumu bitkilerde, önemli fizyolojik ve metabolik değişikliklere sebep olarak gelişimi ve büyümeyi negatif yönde etkiler ve bitkinin yaşamının sonlanmasına neden olabilir. Bir bitkide stres, besin ve su maddelerinin emilimi, büyüme, gelişim, fotosentez, solunum, üreme gibi fizyolojik süreçlerin değişmesiyle ortaya çıkar

(Lambers vd., 1998). Bitkiler hareket edemediklerinden çevresel koşullardaki değişiklikler ve olumsuz şartlar nedeniyle en fazla etkilenen canlılardır. Yaşam döngüleri boyunca karşılaştıkları kuraklık, tuzluluk, aşırı yağış ve soğuk gibi iklimsel faktörlerden kaynaklanan abiyotik stres koşulları bitki gelişimini doğrudan etkiler. (Taiz ve Zeiger, 2010).

1.3. Kuraklık Koşullarının Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Kuraklık, belirli bir zaman zarfında alınan yağış miktarının beklenen düzeyin altında kalması ve nem dengesizliğinin su yetersizliği ile bağlantılı olması şeklinde tanımlanır (Türkeş, 2012). Bir bölgenin "kurak bölge" olarak nitelendirilebilmesi için, o bölgede sürekli olarak yağış azlığı ve su kıtlığının bulunması lazımdır (Uluocak, 1974). Dünyada yıllık 300 mm'den daha az yağış alan bölgeler "kurak alanlar" olarak tanımlanırken, yıllık yağış miktarı 300 ile 600 mm arasında olan bölgeler "yarı kurak alanlar" olarak adlandırılır. Kuraklık, bitkiler için suyun yetersiz olmasından kaynaklanan ve normal fizyolojik süreçlerini sekteye uğratan bir stres türüdür. Su fazlalığı da bitkilerde strese neden olabilese de, genellikle bitkilerin su kıtlığına maruz kalmasından kaynaklanan stres daha yaygın ve belirgin olup, bu duruma "kuraklık stresi" denir (Goor ve Barney, 1968).

Bitkilerde birçok fizyolojik, moleküler ve biyokimyasal tepkileri tetikleyen kuraklık stresi, bitkilerin değişen çevre koşullarına uyum sağlayabilmeleri için adaptasyon mekanizmaları geliştirmesine yol açar. Su eksikliğine karşı bitkilerde ortaya çıkan bu tepkiler genotip, tür, su kaybının şiddeti ve süresi, bitkinin yaşı ve gelişim durumu gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterir (Bray, 1997). Kuraklık stresine karşı farklı orijinlerin dayanıklılığını incelerken, o orijinin kuraklığa dayanma kapasitesini değerlendirmenin yanı sıra, temsil ettiği bölgenin iklimiyle olan bağlantısını belirlemek de önemlidir. Bir tür veya orijin, kuraklık stresine ya kuraklığı tolere ederek ya da ondan kaçınarak direnç gösterebilir. Bu iki strateji aynı tür ya da orijinde bir arada bulunabileceği gibi, farklı türlerde veya orijinlerde ayrı ayrı da baskın olabilir. Ayrıca, kuraklık türü ve süresi de dayanıklılık üzerinde belirleyici bir rol oynar. Örneğin, bazı bölgeler genel olarak düşük yağış miktarına sahip olup sürekli kurak olabilirken, başka bölgeler daha nemli gözüксе bile yaz aylarında yaşanan yoğun kuraklık, o bölgede daha şiddetli bir etki yaratabilir (Çalıköğlu, 2002). Bu nedenle, yalnızca yağış miktarına değil, kuraklık dönemlerinin yoğunluğuna da dikkat etmek gerekmektedir.

Bitkiler, kuraklık stresine karşı üç temel strateji geliştirir: uyum sağlama, kuraklıktan kaçınma ve kuraklık toleransı. Kurak dönemleri atlatabilme yeteneği "kuraklığa adaptasyon" olarak adlandırılırken, bitkilerin protoplazmadaki su potansiyelinin zararlı seviyelere düşmesini önlemeye yönelik geliştirdikleri mekanizma "kuraklıktan kaçınma" olarak bilinir. Diğer yandan, bitkiler su kıtlığı dönemlerinde turgoru korumak amacıyla koruyucu ozmolitler sentezler; bu strateji ise "kuraklık toleransı" olarak tanımlanır (Mundree vd., 2002). Bu stratejiler bitkilerin kuraklık stresine karşı hayatta kalma yeteneklerini önemli ölçüde artırır.

Orta düzeyde kuraklık stresi altında stresten kaçınan bitkiler hayatta kalabilirken daha ağır kuraklık stres koşullarında koruyucu mekanizmalarını devreye sokan strese dayanıklı bitkiler yaşamlarını sürdürebilirler (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Kuraklık stresi altında bitkilerin stomalarını küçültmesi veya tamamen kapatması su kaybını engellemek için geliştirdiği ilk adaptasyon mekanizmasıdır (Osakabe vd., 2014). Bazı bitkiler, kuraklık stresinden korunmak için çeşitli savunma mekanizmaları geliştirirler. Örneğin, yapraklarını güneş ışığına göre yönlendirme, yüzeylerinde koruyucu bir mum tabakası bulundurma ve yapraklarını kıvrırma gibi yöntemler, kuraklıktan kaçınma stratejileri arasında yer alır (Sağlam, 2004). Öte yandan, çöl bitkileri gibi su eksikliği dönemlerinde turgor basıncını koruyabilmek için koruyucu ozmolitler üreten bitkiler, kuraklık toleransına iyi bir örnek teşkil eder (Mundree vd., 2002; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Bu mekanizmalar bitkilerin kurak koşullarda hayatta kalma şanslarını artırmaktadır.

Bir ağaç türüne ait farklı orijinlerin kuraklık dayanıklılığını karşılaştırmak, gelecekte yapılacak tohum transferi ve ıslah çalışmaları açısından kritik bir rol oynamaktadır. Lokal bir orijinin mevcut çevresel koşullara uyum sağlaması, geçmişteki doğal seleksiyon süreçlerinin bir sonucudur. Ancak, günümüzde iklim koşulları hızla değişmekte ve küresel ısınma nedeniyle bitkiler üzerindeki kuraklık stresi giderek artmaktadır (Dirik, 2000). Çevresel değişimlerin hızı, orman popülasyonlarının bu değişikliklere adapte olma hızını aşmakta, bu da popülasyonların hayatta kalma ve uyum kapasitelerini zorlamaktadır (Eriksson vd., 1993). Bu nedenle, kuraklığa dayanıklı orijinlerin belirlenmesi, gelecekteki ağaçlandırma projelerinin başarısı için hayati önem taşır.

Kurak bölgelerdeki doğal bitki popülasyonlarının, binlerce yıl boyunca kuraklık stresine maruz kalarak doğal seçim yoluyla bu zorlu koşullara yüksek derecede uyum sağladıkları bilinmektedir (Gaspar vd., 2002). Bazı orman ağaçlarının sınır bölgelerdeki popülasyonları, daha zorlu çevre koşullarına adapte olmuş ve bu sayede daha elverişli

yetişme ortamlarındaki popölasyonlardan genetik olarak farklılaşmıştır (Van Buijtenen ve Stern, 1967). Bununla birlikte, yabancı kökenli popölasyonların, kendi ekosistemleri dışındaki stresli koşullara, örneğın kuraklığā, maruz kaldıklarında doğāl seçilim süreciyle bu çevresel faktörlere uyum sağlama kapasitesi geliştirebilecekleri belirtilmektedir (Zobel vd., 1987). Bu süreç, bitkilerin genetik çeşitliliğini artırarak uzun vadede bu zorlu koşullara daha iyi dayanabilmelerine olanak sağlar.

Su eksikliğinin şu ana kadar ağāç türlerinin gelişimini önemli derecede etkilemediğı bölgelerde bile yakın gelecekte kuraklık stresinin neden olabileceğı sorunlarla karşılaşılabılır. Bu nedenle aynı iklimsel bölgelerdeki popölasyonların kuraklık stresine karşı dayanıklılıklarının karşılaştırılması önemlidir. Bu yaklaşım belirsiz bir gelecekte aktif gen koruma stratejilerinin oluşturulmasında da kritik bir rol oynayacaktır (Namkoong vd., 1986). Bir ağācın kuraklık toleransı, yani solma noktasının daha düşük ozmotik potansiyel değeriinde gerçekteşmesi, bölgenin yaz aylarındaki kuraklık şiddetiyle yakından ilişkilidir (Dirik, 2000). Aynı zamanda, farklı orijinlerin kuraklığā dayanıklılık düzeyi ile yayılış alanlarındaki iklimsel kuraklık derecesi arasında belirgin bir paralellik gözlenmiştir. Kuraklık stresine karşı türlerin tepkilerini değeriendirirken, temsil edilen bölgenin iklim koşulları ile kuraklığā dayanıklılıkları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak kritik önemdedir. Bir ağāç türü ya da orijin, kuraklık stresine iki temel yolla tepki verebilir: kuraklıktan kaçınma stratejisi ya da kuraklığı tolere etme stratejisi. Bu stratejiler, bir tür ya da orijinde bir arada bulunabileceğı gibi, farklı tür ve orijinlerde biri diğeriine göre daha baskın hale gelebilir (Çalıkoğlu, 2002). Bu nedenle, orijinlerin kuraklığā nasıl adapte olduklarını anlamak, gelecekteki ağāçlandırma ve ekolojik çalışmalar için büyük önem taşımaktadır.

1.4. Bitki Morfolojisi ve Fizyolojisi Üzerinde Kuraklık Koşullarının Etkileri

Su, bitkiler başta olmak üzere tüm canlılar için vazgeçilmez bir yaşam kaynağıdır. Bitkilerde su yetersizliği, hem doğrudan hem de dolaylı olarak çeşitli olumsuz sonuçlar doğurabilir. Su kaybının bitkiler üzerindeki doğrudan etkileri arasında, bitki hücrelerinin turgor basıncını kaybetmesi (dokuların kuruması), hücre uzaması ve bölünmesinde yavaşlama veya tamamen durma, metabolik aktivitelerde ciddi azalmalar ve hatta durma noktası, hücre duvarlarında mekanik deformasyonlar ve protoplazmanın hücre duvarından ayrılması sayılabilir. Dolaylı etkiler ise stomaların kapanması sonucu CO₂ alımının azalması, bu durumun fotosentez oranını düşürmesi, çeşitli enzimlerin inaktif hale gelmesi, hücre içinde fosfor gibi besin maddelerinin alımında düşüş ve proteinlerin parçalanmaya başlaması şeklinde kendini gösterebilir (Levitt, 1980).

Bitkilerin ozmotik dengeyi sağlama süreci “ozmotik uyum” olarak adlandırılmaktadır (Hamada vd., 1992). Bitkiler, yaşamlarını sürdürebilmek için toprak çözeltisindeki belirli iyonları kullanabilir veya bazı organik bileşenleri sentezleyerek ozmotik su kaybını minimumda tutmaya çalışırlar (Ashraf, 1994; Salama vd., 1994). Su eksikliği nedeniyle ortaya çıkan kuraklık zararları yalnızca hücre, doku ve organlardaki su kaybıyla sınırlı kalmaz; aynı zamanda bitkisel madde değişimlerinde de önemli etkiler yaratır. Bu zararlar bitki türlerine göre değişkenlik gösterebilir (Salisbury ve Ross, 1992).

Atmosfer ve topraktaki su yetersizliği, fotosentezi ve bitki gelişimini kısıtlayan en önemli faktörlerden biridir (Shvaleva vd., 2006). Kurak dönemlerde bitkiler, genetik çeşitliliklerinden faydalanarak kuraklıktan kaçınma ve kuraklık toleransı gibi farklı mekanizmalar geliştirirler. Bu mekanizmalar, bitkilerin morfolojik özelliklerinde değişikliklere yol açar. Örneğin, bitkiler kök sistemlerini daha derine doğru geliştirerek suya erişimi artırır (Chavez vd., 2002), yapraklardaki transpirasyon oranlarını azaltır ya da yaprak yüzeyini küçülterek su kaybını en aza indirirler. Böylece bitkiler, abiyotik stres koşullarına karşı daha dayanıklı hale gelir (Munné-Bosch ve Alegre, 2004).

Kuraklık şiddetlendikçe, yapraklardaki stomaların açıklıkları daralır ve hücre büyümesi ile gelişimi yavaşlar. Şiddetli su stresi, fotosentezi durdurabilir, fotosentetik karbon asimilasyonunu sürekli olarak bozabilir, metabolizmayı ciddi şekilde etkileyebilir ve nihayetinde bitkinin ölümüne yol açabilir. Stomaların kapanması, bitkinin CO₂ alımını kısıtlayarak net fotosentez oranında belirgin bir düşüşe neden olur (Dubey, 1997). Kuraklık stresi genel olarak bitkilere su yetersizliği ve kuruma olmak üzere iki ana kategoriye

ayrılabilir (Smirnoff, 1993). Su yetersizliği durumunda, bitkiler orta derecede su kaybı yaşadıklarında stomalarını kapatarak gaz alışverişini sınırlarlar. Su içeriği yaklaşık %70 seviyelerinde kalan bitkilerde stomaların kapanması, karbondioksit alımını ciddi şekilde azaltır. Aşırı su kaybı durumunda, metabolizma ve hücresel yapı tamamen bozulabilir, bu da enzimle katalizlenen reaksiyonların durmasına yol açar ve bu süreç kuruma olarak tanımlanır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Solma durumunda bitkiler turgor basıncını kaybederek hücrelerin çökmeye başlamasına neden olur. Bitkiler su aldıklarında solgunluk azalır ve bitki eski haline dönebilir. Ancak kuruma aşamasında solma ileri düzeye ulaştığı için bitki tekrar eski durumuna gelemmez (Kaçar, 2015). Topraktaki su eksikliği durumunda yapraklardan terleme yoluyla kaybolan suyun köklerden temin edilememesi sonucu turgor kaybı yaşanır ve yaprak hücreleri plazmolize uğrayarak pörsüme gerçekleşir (Günay, 2005). Kuraklık koşullarının başladığı erken dönemlerde bitki su alımını artırmak amacıyla gövde uzamasını azaltır ve kök gelişimini teşvik eder (Öztürk, 2015).

Su stresi, kloroplastlarda yapısal değişikliklere yol açarak fotosentez sürecini olumsuz etkiler (Dubey, 1997). Kuraklık koşullarında bitkilerdeki fotosentetik pigmentler, özellikle klorofil a, klorofil b ve karotenoidler, azalır (Pukacki ve Kaminska-Rozek, 2005; Terzi vd., 2010). Ancak, kuraklık sonrasında uygun su koşulları sağlandığında bitkilerin fotosentetik sistemleri genellikle eski durumuna döner (Nar vd., 2009). Fotosentetik pigmentlerdeki değişim, yalnızca günlük değil, mevsimsel olarak da takip edilmelidir (Schwab vd., 1989; Tuba vd., 1996). Fotosentetik pigmentler, fotosentezde görev yapmanın yanı sıra, ışığa bağlı olarak oluşan aşırı reaktif oksijen türlerinin önlenmesinde önemli bir rol oynar ve bitkileri fotodinamik hasarlardan korur. Bu pigmentler arasında karotenoidler, bu koruma mekanizmasında kritik bir role sahiptir (Sairam vd., 1998).

Bitkilerin kuraklık stresine verdiği bir diğer önemli yanıt, nişasta ve sukroz gibi karbonhidratların sentezinde meydana gelen değişikliklerdir (Dien vd., 2019). Kuraklık koşullarında fotosentetik ürünlerin kullanımı üretimlerinin önüne geçer ve bu da fotosentezde bozulmalara yol açar. Bu durum, karbon ve enerji metabolizmasını yapısal olmayan karbonhidrat rezervlerine bağımlı hale getirir (Guehl vd., 1993). Birçok canlıda şeker birikimi, kuraklığa tolerans geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. Çevresel stres karşısında, bitkilerde karbonhidrat birikimi çeşitli organlarda artış gösterir (Thomas, 1990; Gill vd., 2001). Su stresi sonucunda çözünebilir şeker miktarındaki artış, yapraklardaki şeker transportunun değişmesi, büyümenin yavaşlamasına bağlı olarak şeker tüketiminin azalması

ve nişastanın hidroliz edilmesi gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır (Kameli ve Lösel, 1996).

1.5. Literatür Özeti

Stres koşulları altında bitkiler üzerinde yapılan araştırmaların iki önemli nedeni vardır. İlk olarak, bitkilerin strese karşı gösterdiği yanıt mekanizmalarının belirlenmesi gerekmektedir. İkinci olarak, stres altında bulunan bitkilerin bu stres koşullarına dayanma yeteneklerinin değerlendirilmesi ve bu sayede daha verimli ürünler elde edilmesi sağlanabilir. Bu sebeple aşırı olumsuz koşullara dayanabilen veya bu koşulları tolere edebilen bitkilerin yetiştirilmesi büyük önem taşır (Bidwell, 1974).

Fizyolojik özellikler üzerine yapılan araştırmalar genellikle bitkilerin su içeriği, kök gelişim potansiyeli ve strese dayanıklılık gibi konular üzerinde yoğunlaşmaktadır. Su, birçok ekosistemde bitkilerin fizyolojik ve ekolojik performansını sınırlayan temel unsurdur (Donovan vd., 2002). Özellikle odunsu bitkilerde su eksikliği, tomurcuk oluşumu, yaprak gelişimi, sürgün uzaması ve dallanma gibi büyüme süreçlerini olumsuz etkileyerek, gövde gelişiminde azalmaya neden olur (Kozlowski ve Pallardy, 1997). Fizyolojik araştırmalarda, bitkilerin toplam su potansiyelini ölçmek için basınç odası cihazı ve psikometrik yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır (Scholander vd., 1964; Hellkvist vd., 1974; Katerina vd., 2009). Bu cihazlar, yaprak, dal ve köklerdeki basınç-hacim ilişkisini belirlemek için kullanılır (Turner, 1988). Bitki su potansiyelinin ölçülmesi, bitkinin kuraklık koşullarına ne kadar dayanıklı olduğunu anlamada kritik bir göstergedir. Lorenzo vd. (2005), kuraklık koşullarında şafak öncesi su potansiyelinin, gün ortasında ölçülen yaprak ve sürgün su potansiyeline kıyasla, bitki su durumu hakkında daha güvenilir bilgi verdiğini vurgulamışlardır.

Dirik (2000) tarafından yapılan çalışmada, kızılçamın farklı biyoklimatik kuşaklarını temsil eden yedi farklı orijin incelenmiş ve 2+0 yaşındaki fidanlardan sürgün örnekleri alınarak kurak dönemlerde su potansiyelleri basınç-hacim eğrisi yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda orijinlerin solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerleri ile doğal yetiştirme alanlarının iklim özellikleri arasında anlamlı ilişkiler saptanmıştır. Özellikle şiddetli yaz kuraklığı yaşanan alanlardan gelen orijinlerin ozmotik potansiyel değerleri düşük seviyede bulunmuş ve bu orijinlerin kuraklık stresine karşı daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir.

Rosmarinus officinalis L. bitkileri üzerinde yapılan bir araştırmada, yaşlı yapraklara kuraklık stresi uygulanmış ve yaşlı yaprakların sararma eğiliminde olduğu, klorofil içeriğinde ise azalma görüldüğü tespit edilmiştir (Munne-Bosch ve Alegre, 2004). Gomes-Laranjo vd. (2006) üç farklı kestane kültivarını incelerken, farklı sıcaklıkların (31, 26 ve 18 °C) etkilerini değerlendirmiş ve judia kültivarının gaz değişimi, klorofil ve lipit içeriklerinde en yüksek değerleri verdiğini saptamıştır.

Populus przewalskii Maximowicz türü kavaklar üzerinde iki farklı iklim bölgesinde yapılan bir çalışmada, sulama rejimlerinin (%100, %50 ve %25 tarla kapasitesi) bitki morfolojisi, fizyolojisi ve biyokimyası üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sulamanın azalmasıyla birlikte kuru ağırlık ve klorofil pigmentlerinde azalma gözlenmiştir (Lei vd., 2006). Yang vd. (2007), *Picea asperata* Mastters fidanları üzerinde yaptıkları çalışmada, farklı sulama ve ışık seviyelerinde su stresinin etkilerini incelemiş ve şiddetli su stresinin klorofil içeriği, stomal iletkenlik, transpirasyon ve fotosentez hızlarını olumsuz etkilediğini belirlemişlerdir.

Baquedano ve Castillo (2007) tarafından Akdeniz bitkileri üzerine yapılan bir araştırmada, kuraklık stresi altında su potansiyelinin azaldığı, yaz aylarında klorofil içeriğinin düştüğü ve karotenoid miktarının arttığı bulunmuştur. Bunun yanı sıra, yüksek rakımlarda yetişen kavakların kuraklık stresine daha iyi adapte oldukları ve kök ağırlıkları, fotosentez oranları ve antioksidan aktiviteleri açısından daha dayanıklı oldukları Yin vd. (2009) tarafından ortaya konulmuştur.

Mango bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada, uzun süreli kuraklık dönemlerinde klorofil miktarında azalma görülmüş, ancak çözünür şekerlerin miktarında artış gözlenmiştir (Gaelle vd., 2009). Söğüt türleri üzerine Nakai vd. (2010) tarafından yapılan araştırmada, aşırı su ve kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde stomal geçirgenliğin ve yaprak su potansiyelinin düştüğü belirlenmiştir.

Maguire ve Kobe (2015) çalışmalarında *Acer rubrum*, *Betula papyrifera*, *Fraxinus americana*, *Quercus rubra* ve *Quercus velutina* türlerine ait fidanlarda kuraklık koşullarında çözünebilir karbonhidrat birikimlerini incelemiş ve bu türlerin kuraklık stresine karşı farklı tepkiler verdiğini rapor etmiştir.

Strzalka vd. (2003), karotenoidlerin fotosentez sürecinde ışık algılamının ötesinde, bitkilerin fotosentetik bileşenlerini zararlı çevresel faktörlerden koruma görevini üstlendiklerini vurgulamışlardır. Karotenoidler, bitkilerin aşırı ışık altında meydana gelen stres koşullarında, fazla enerjiyi dağıtarak bitkileri korur. Bunun yanı sıra, fotooksidatif stres

esnasında oluşan reaktif oksijen türlerini yok eder ve yüksek sıcaklıkların etkilerini azaltmada rol oynar. Ayrıca, hücre duvarının moleküler dinamikleri üzerinde olumlu etkilerde bulunarak karotenoidlerin koruyucu işlevini artırdığına dikkat çekmişlerdir.

Bir başka çalışmada, elma ağaçlarında su stresine maruz kalan ve normal sulanan ağaçların yapraklarındaki biyokimyasal ve fizyolojik parametreler karşılaştırılmıştır. Araştırma kapsamında gün öncesi ve gün ortasında yaprak su potansiyelleri, stomal iletkenlik, transpirasyon ve net fotosentez değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar, bağıl nem oranı %24'ün altına düştüğünde, yaprak su potansiyelinden bağımsız olarak stomaların kapandığını göstermiştir (Sircelj vd., 2007).

Atar vd. (2024) yılında gerçekleştirdiği çalışmada, Kuzey Anadolu Sapsız Meşesi'nin farklı popülasyonlarından elde edilen fidanlar üzerinde kuraklık stresine bağlı fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler incelenmiştir. Çalışmada, fidanların su gerilimi, fotosentetik pigmentler, toplam karbonhidrat ve prolin içeriği gibi özellikleri analiz edilmiş ve popülasyonlar arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Ayrıca, kuraklık stresine karşı morfolojik özellikler ile fizyolojik tepkiler arasında güçlü ilişkiler olduğu ortaya konulmuştur.

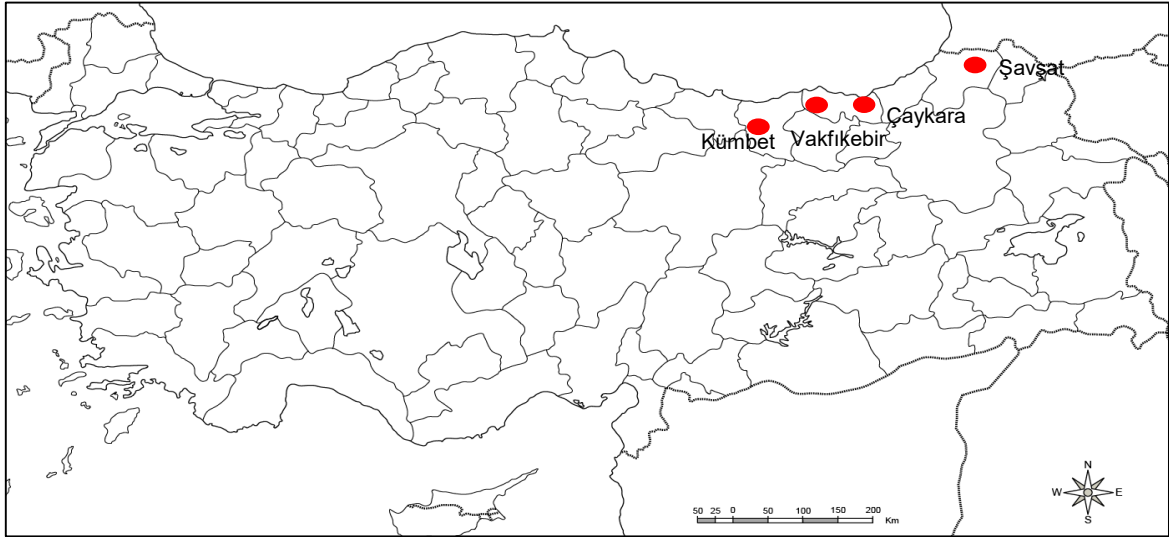
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Tohum Materyalinin Temini

Çalışma kapsamında kullanılan tohum materyali, Karadeniz Bölgesi'ndeki Doğu ladininin doğal yayılış alanlarında yer alan dört farklı tohum meşceresinden (Artvin-Şavşat, Trabzon-Çaykara, Trabzon-Vakfikebir, Giresun-Kümbet) temin edilmiştir. Tohumlar, Doğu ladininin tohumlarının olgunlaştığı dönemde 2019 yılı Ekim-Kasım aylarında elde edilmiştir. Tohum meşcerelerine ilişkin tanımlayıcı bilgiler ve harita üzerindeki konumları Tablo 1 ve Şekil 2’de sunulmuştur.

Tablo 1. Tohum meşcerelerine ait koordinat bilgileri

Tohum Meşceresi	Enlem	Boylam	Rakım (m)
Artvin-Şavşat	41° 18' 50''	42° 29' 00''	1700
Trabzon-Çaykara	40° 34' 24''	40° 23' 43''	1800
Trabzon-Vakfikebir	40° 55' 38''	39° 22' 55''	1700
Giresun-Kümbet	40° 33' 55''	38° 26' 48''	1000



Şekil 2. Tohum meşcerelerinin konumları

2.2. Fidan Materyalinin Elde Edilmesi

2019 yılının Ekim-Kasım aylarında tohum meşcerelerinden toplanan tohumlar, Of Orman Fidanlığında Aralık ayında turba ve perlit içeren 81'lik enso tipi kaplara ekilmiştir. 2020 yılı büyüme döneminin başlamasıyla birlikte çimlenmelerin gerçekleşmiş ve rutin fidanlık bakım işlemleri olan sulama ve diri örtüyle mücadele uygulamaları gerçekleştirilmiştir. 2020 yılı büyüme dönemi sonrasında 1+0 yaşındaki fidanlar 45'lik enso kaplara aktararak repikaj işlemi yapılmıştır. 2021 ve 2022 büyüme dönemlerinde de fidanlar Of Orman Fidanlığı açık alan fidanlık koşullarında yetiştirilmeye devam edilmiştir. Doğu ladini fidanları gençlikte çok yavaş büyüdüğünden dolayı, fidanlarda ksilem su potansiyelinin basınç odası tekniği ile ölçülebilmesi için belirli bir büyüklüğe ulaşması gerekmektedir. Bu nedenle araştırmada fidanlar 1+2 yaşına ulaştıktan sonra kuraklık denemesine alınmaya hazır hale gelmiş ve fidan materyali olarak kullanılmıştır.

Of Orman Fidanlığı'nın bulunduğu bölgenin uzun dönemli (1927-2023) iklim verileri Tablo 2'de yer almaktadır. Trabzon iline ait yıllık ortalama iklim verilerine göre, fidanlığın bulunduğu bölgedeki yıllık ortalama sıcaklık 14,8 °C olarak tespit edilmiş olup, yıllık toplam yağış miktarı ise 828,9 mm olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Çalışma alanına ilişkin meteoroloji verileri

Ölçüm Periyodu (1927 - 2019)													
	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıllık
1	7.5	7.3	8.4	11.8	15.9	20.2	23.0	23.5	20.5	16.7	13.1	9.6	14.8
2	10.9	10.8	12.0	15.6	19.2	23.2	26.0	26.6	23.8	20.1	16.6	13.1	18.2
3	4.7	4.4	5.5	8.7	12.9	17.1	20.0	20.5	17.4	13.7	10.1	6.8	11.8
4	12.15	11.99	13.24	12.87	12.66	10.73	7.90	8.61	10.74	12.18	11.80	12.36	137.2
5	82.5	64.4	59.8	57.3	52.4	52.1	35.8	47.7	78.4	113.3	100.5	84.7	828.9

1. Ort. sıcaklık (°C); 2. Ort. en yüksek sıcaklık (°C); 3. Ort. en düşük sıcaklık (°C); 4. Ort. yağışlı gün sayısı; 5. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm)

2.3. Kuraklık Stresine İlişkin Deneme Deseni

Araştırma, 1+2 yaşındaki doğu ladini fidanlarının fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine su stresi (sudan alıkoyma) ve populasyon olmak üzere iki değişkenin etkisi incelenmiştir. Çalışma, 2 işlem [sulama ve kuraklık] × 4 populasyon × 4 ölçüm [5. 10. 15. ve 20. günler] × 5 fidan × 3 tekrar şeklinde tasarlanmış olup, toplamda 480 fidan üzerinde çalışma yürütülmüştür. Deneme deseni tesadüfi parseller deneme desenidir. 2023 yılı Mayıs ayından itibaren sulama işlemleri başlamış ve Ağustos ayına kadar her iki günde

bir, tarla kapasitesine ulaşacak şekilde yeterli miktarda fidanlar sulanmıştır. Temmuz ayında, fidanlar KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serası içerisine alınarak yağışlardan korunmuştur. Kuraklık stresi, sudan alkoyma yöntemiyle uygulanmış ve stres süresi boyunca otomasyonlu serada sıcaklık sabit tutulmaya çalışılarak dış hava koşullarından fidanların etkilenmemesi sağlanmıştır. Ağustos 2023'te, fidanlar iki gruba ayrılarak kuraklık stresi uygulamasına başlanmıştır. Kontrol grubu olarak düzenli sulanmaya devam edilirken, stres grubunda sulama işlemi tamamen durdurulmuştur. Stres grubunda yer alan fidanlar 5, 10, 15 ve 20 gün boyunca sulanmayarak kuraklık stresine tabi tutulmuş ve belirlenen günlerde ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Araştırma sürecince sera içerisinde ortalama nispi nem %75-80 ve ortalama sıcaklık 24,0°C olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3. Sera içerisinde kuraklık stresi denemesi

2.4. Fidanların Bazı Morfolojik Parametrelerinin Tespiti

Kuraklık stresine karşı farklı popülasyonlardan elde edilen fidanların fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri ile morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı incelemek amacıyla, 2023 yılı Ekim ayında morfolojik ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmada, her bir popülasyondan rastgele seçilen 30 fidan incelenmiştir. 1+3 yaşındaki fidanlar üzerinde çeşitli morfolojik parametreler değerlendirilmiştir. Bu parametreler arasında:

Fidan boyu: Kök boğazından terminal sürgünün ucuna kadar olan uzunluk ölçülmüş ve ± 1 mm hassasiyetle metre kullanılarak belirlenmiştir.

Kök boğazı çapı: Dijital kumpas yardımıyla $\pm 0,01$ mm hassasiyetle ölçülmüştür.

Yan dal sayısı: Fidanlar üzerinde meydana gelen yan dalların sayısı tek tek sayılarak kaydedilmiştir.

Taze ve kuru ağırlıklar: Gövde ve kök taze ağırlıkları $\pm 0,001$ g hassasiyetle hassas terazide ölçüldükten sonra, numuneler 24 saat boyunca 105°C 'de kurutulmuş ve kuru ağırlıklar aynı hassasiyetle tekrar ölçülmüştür.

Ana kök sayısı ve en uzun kök boyu: Ana köklerin sayısı belirlenmiş ve en uzun kök, cetvel yardımıyla ± 1 mm hassasiyetle ölçülmüştür.

Fidanların değerlendirilmesinde kullanılan önemli indeksler ise şu şekilde hesaplanmıştır:

Kök Yüzdesi (KY): Kök yüzdesi, fidanın kök sisteminin toplam biyokütleyle oranını ifade eder.

$$KY = \frac{\text{Kök Kuru Ağırlığı}}{\text{Fidan Kuru Ağırlığı}} \times 100$$

Gürebüzlük İndisi (Gİ): Fidanın boyunun kök boğazı çapına oranı olarak hesaplanan bu indeks, fidanın sağlamlığını ve büyüme oranını gösterir.

$$Gİ = \frac{\text{Fidan Boyu (mm)}}{\text{Kök Boğaz Çapı (mm)}}$$

Katlılık İndisi (Kİ): Bu oran, gövde ve kök arasındaki biyokütle dengesini gösterir.

$$Kİ = \frac{\text{Gövde Kuru Ağırlığı}}{\text{Kök Kuru Ağırlığı}}$$

Dickson Kalite İndeksi (DKİ): Dickson Kalite İndeksi, fidanın genel kalitesini belirlemek için kullanılan önemli bir göstergedir.

$$DKİ = \frac{\text{Fidan Kuru Ağırlığı}}{\text{Gürebüzlük İndisi} + \text{Katlılık İndisi}}$$



Şekil 4. Bir yaşındaki fidanlarda morfolojik karakterlerin ölçülmesi

2.5. Fidanların Bazı Fizyolojik Parametrelerinin Tespiti

2.5.1. Ksilem Su potansiyelinin Belirlenmesi

Fidanların su durumunu değerlendirmek için genellikle bitki su potansiyeli (BSP - PWP) veya bitki su gerilimi (BSG - PMS) ölçümleri kullanılır (Landis vd., 1989). Su potansiyeli, bir sistemdeki suyun serbest enerjisi ile aynı sıcaklık ve basınç koşullarındaki saf suyun serbest enerjisi arasındaki farkı ifade eder (Yahyaoğlu, 1987). Su potansiyeli basınç birimleriyle ölçülür ve genellikle Bar veya MPa (megapaskal) cinsinden belirtilir. BSP her zaman negatif bir değerde iken, BSG pozitif bir değer olarak gösterilir. Örneğin, eğer BSP -1.5 MPa ise, BSG 1.5 MPa olacaktır. 1 MPa, 10 bar, yaklaşık 10 atmosfer veya 150 psi'ye eşdeğerdir (Lambers vd., 1998). Bu tür ölçümler, bitkilerin su durumu ve stres düzeylerini anlamada kritik önem taşır.

Fidanlık çalışmalarında en etkili yöntemlerden biri basınç odası tekniğidir. Bu yöntemle hem hızlı hem de doğru sonuçlar elde etmek mümkündür. Basınç odası tekniği, su potansiyelinin yanı sıra turgor ve osmotik potansiyellerinin ölçülmesi, relatif su içeriğinin belirlenmesi, kök sistemlerinin hidrolik iletkenliğinin değerlendirilmesi ve köklerde aşırı sıcaklık veya soğuk kaynaklı hasarların tespit edilmesi gibi farklı alanlarda kullanılabilir (Lopushinsky, 1990). Ksilem su potansiyelinin ölçümünde ise Scholander vd. (1964) tarafından geliştirilen basınç odası tekniği tercih edilmiştir. Bu yöntem, azot gazı içeren bir tüp, basınç odası ve destekleyici ekipmanlar (örneğin, lastik conta, içi boş metal çubuk ve ışıklı büyüteç) ile uygulanmaktadır. Basınç odası tekniği, otsu ve odunsu bitkilerde (koniferler dahil) yaprak, ibre, sürgün, kök ve meyvelerde su içeriği ve su potansiyelinin ölçülmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Turner, 1988).

Her bir populasyonun ksilem su potansiyelini belirlemek için, kuraklık ve kontrol uygulamalarını temsilen her populasyondan 9 fidan (3 fidan $\times$ 3 tekrar) üzerinden ölçümler yapılmıştır. Şafak öncesi ksilem su potansiyeli ölçümleri, sabah 03.00 ile 05.30 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte tüplü fidanlar laboratuvara taşınmış, ilk olarak toprak nemi ve sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra fidanlar kök boğazı hizasından budama makasıyla kesilmiş ve ölçüme hazır hale getirilmiştir. Kesim noktasının 1-2 cm gerisinde kabuk soyularak ksilem açığa çıkarılmıştır. Fidanlar basınç odası cihazına yerleştirilmiş ve azot gazı verilerek kesim yüzeyinde suyun görünmesi sağlanana kadar basınç uygulanmıştır. Su görünür hale geldiğinde, basınç kesilmiş ve manometreden okunan değer kaydedilmiştir (Şekil 5). Bu değer, o andaki ksilem su potansiyeli veya bitki su gerilimi olarak kabul edilmiştir. Şafak öncesi yapılan bu ölçümler, kuraklık stresinin başlamasından sonraki 5, 10, 15 ve 20. günlerde tekrarlanmıştır.



Şekil 5. Fidanlarda su potansiyelinin basınç odası tekniği ile ölçülmesi

2.5.2. Toprak Neminin ve Sıcaklığın Belirlenmesi

Şafak öncesi bitki su gerilimleri belirlenirken, fidanların toprak nemi ve toprak sıcaklık değerleride tespit edilmiştir. Civalı bir termometre kullanılarak toprak sıcaklığı ölçülmüştür. Topraktaki nem oranı ise toprak nemölçer cihazı yardımıyla tespit edilmiştir (Şekil 6). Bu cihaz, ölçüm sonuçlarını 1 ile 10 arasında bir değerle ifade eder. Skalası ise şu şekilde belirlenmiştir: 1-3 arası kuru, 4-7 arası nemli ve 8-10 arası ıslak olarak kategorize edilmiştir.



Şekil 6. Fidanlara ait toprak sıcaklık ve nem değerlerinin belirlenmesi

2.6. Fidanların Bazı Biyokimyasal Parametrelerinin Tespiti

2.6.1. Fotosentetik Pigment Tayini

Arnon (1949) yöntemine göre fotosentetik pigment tayini yapılmıştır. İlk olarak %80'lik aseton çözeltisi pigment ekstraksiyonu için hazırlanmıştır. Kök boğazından kesilen fidanların taze yaprakları küçük parçalara ayrılmış ve homojen bir karışım oluşturulmuştur. Bu karışım, bisturi kullanılarak 1 gramlık yaş örnekler bölünmüştür. Daha sonra, taze yaprak örneklerinden üç tekrarlı olarak 0,1 gramlık örnekler hassas bir terazide tartılmıştır. Tartılan örnekler, %80'lik aseton çözeltisi içerisinde iyice ezilerek homojenize edilmiştir. Homojenize edilen bu karışım 10 ml'lik plastik tüplere aktarılmış ve vorteks cihazıyla 5-10 saniye karıştırılmıştır. Karışımlar daha sonra 3 ml'lik kuvars küvetlere aktarılmış ve 450, 645 ve 663 nm dalga boylarında spektrofotometre ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 7). Ölçüm sonucunda pigment ekstraktlarının absorbans değerleri (A), klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarlarını mg/1000 ml cinsinden hesaplamak için formüller yardımıyla belirlenmiştir.

$$\text{Klorofil a} = 12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}$$

$$\text{Klorofil b} = 22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}$$

$$\text{Toplam klorofil} = 20,2 \times A_{645} + 8,02 \times A_{663}$$

$$\text{Toplam karotenoid} = 4,07 \times A_{450} - (0,0435 \times \text{Kla miktarı} + 0,3367 \times \text{Klb miktarı})$$



Şekil 7. Fotosentetik pigment tayinine ilişkin ölçümler

2.6.2. Toplam Çözünabilir Şeker (Karbonhidrat) İçeriğinin Tespiti

Toplam çözünabilir karbonhidrat (şeker) miktarı, Dubois vd. (1956) tarafından geliştirilen fenol-sülfürik asit yöntemiyle belirlenmiştir. Yaprak numuneleri kese kâğıtlarına yerleştirilerek etüvde 65°C’de 48 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan yapraklar, bir kahve öğütücü kullanılarak ince bir toz haline getirilmiş ve ardından hassas terazide 0,1 g olacak şekilde tartılmıştır. Tartılan kuru numuneler %80’lik etanol çözeltisi ile 24 saat boyunca homojenize edilip 5000 rpm’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Her bir cam tüpe 50 µl sıvı numune alınıp, üzerine 1 ml %5’lik fenol çözeltisi eklenerek vorteks yardımıyla karıştırılmıştır. Sonrasında 5 ml sülfürik asit eklenmiş, karışım tekrar karıştırılarak oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiştir. Soğuyan numuneler, 3 ml’lik küvetlere aktarılmış ve spektrofotometrede 490 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Şekil 8). Toplam çözünabilir karbonhidrat miktarı, kalibrasyon eğrisi yardımıyla hesaplanmış ve mg/g kuru ağırlık cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 8. Toplam çözünebilir şeker miktarının tespiti

2.7. Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin analizinde SPSS 23.0 ve R 3.5.1 istatistik yazılımları kullanılarak çeşitli istatistiksel yöntemler uygulanmıştır. Bu yöntemler arasında tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA), Duncan testi, bağımsız örneklem t testi, kümeleme analizi, ayırma analizi ve korelasyon analizi yer almaktadır. Populasyonlar arasındaki morfolojik, biyokimyasal ve fizyolojik parametreler arasındaki farkları belirlemek amacıyla, varyans analizi ve bağımsız örneklem t testi kullanılmıştır ($p < 0.05$). Varyans analizinde anlamlı farklar tespit edildiğinde, populasyonlar arasındaki farkları daha ayrıntılı incelemek için Duncan testi uygulanarak homojen gruplar oluşturulmuştur ($\alpha = 0.05$). Aynı zamanda, kuraklık süresine bağlı olarak farklı işlem gruplarının parametreler üzerindeki etkisi, yine varyans analizi ve ardından Duncan testi ile değerlendirilmiştir.

Morfojik, fizyolojik ve biyokimyasal karakterler arasındaki doğrusal ilişkileri belirlemek için korelasyon analizi uygulanmıştır. Populasyonların farklı parametrelere göre gruplandırılması kümeleme analizi ile gerçekleştirilmiş ve bu grupların anlamlılığı ayırma analizi ile değerlendirilmiştir (Özdamar, 1999).

3. BULGULAR

3.1. Fizyolojik Parametrelere İlişkin Bulgular

3.1.1. Fidanların Bitki Su Gerilimine İlişkin Bulgular

Fidanlarda tespit edilen bitki su gerilim değerlerinde meydana gelen değişiklikler ve elde edilen bulgular Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Bitki su gerilim değerlerine ilişkin sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama BSG (bar) $\pm$ Standart Sapma			
		5.gün	10.gün	15.gün	20.gün
Kontrol	Şavşat	3,53 $\pm$ 2,09	3,27 $\pm$ 0,25	5,10 $\pm$ 0,32	4,88 $\pm$ 0,64
	Çaykara	2,43 $\pm$ 0,36	5,47 $\pm$ 0,51	3,83 $\pm$ 0,68	4,11 $\pm$ 0,51
	Vakfikebir	4,13 $\pm$ 0,16	3,70 $\pm$ 0,14	4,17 $\pm$ 0,19	3,57 $\pm$ 0,19
	Kümbet	3,13 $\pm$ 0,28	4,20 $\pm$ 0,24	3,07 $\pm$ 0,27	4,10 $\pm$ 0,36
Kuraklık	Şavşat	10,98 $\pm$ 3,37	20,10 $\pm$ 7,88	28,05 $\pm$ 5,83	34,90 $\pm$ 4,86
	Çaykara	5,97 $\pm$ 1,72	15,75 $\pm$ 6,32	19,27 $\pm$ 8,69	30,73 $\pm$ 8,69
	Vakfikebir	4,67 $\pm$ 0,71	14,85 $\pm$ 5,88	17,62 $\pm$ 6,99	35,85 $\pm$ 1,02
	Kümbet	8,82 $\pm$ 1,65	14,13 $\pm$ 4,80	23,73 $\pm$ 2,72	36,20 $\pm$ 2,54

Tablo 3'teki veriler incelendiğinde, kuraklık stresi uygulaması ve farklı populasyonlara bağlı olarak BSG miktarlarında belirgin farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Ölçüm zamanına bağlı olarak kontrol grubundaki populasyonlarda ortalama BSG miktarlarında önemli bir değişiklik yaşanmamıştır. Kuraklık stresine maruz kalan populasyonlar arasında ortalama BSG miktarları, stres süresince belirgin değişiklikler göstermiştir. En yüksek ortalama BSG değeri 36,20 bar olarak 20. günde Kümbet populasyonunda tespit edilirken, en düşük ortalama BSG değeri ise 4,67 bar olarak 5. günde Vakfikebir populasyonunda kaydedilmiştir. Kontrol grubunda ise, Çaykara populasyonunda 5. günde en düşük 2,43 bar ve 10. günde en yüksek 5,47 bar BSG değeri kaydedilmiştir. Tüm populasyonlarda, kuraklık stresinin 10. gününden itibaren ortalama BSG değerleri 10 bar'ı aşmış ve fidanlarda sararma ve kurumalar başlamıştır. 15. günde ise Şavşat ve Kümbet populasyonlarında BSG 20 bar değerlerinin üstünde yer almış ve fidanların çoğunda sararma ve kuruma gözlemlenmiştir. Kuraklık stresinin 20. gününde, Şavşat, Çaykara, Vakfikebir ve Kümbet populasyonlarının ortalama BSG değerlerinin 30 bar'ı aştığı belirlenmiştir. Ancak, Çaykara populasyonu

dışında, diğer populasyonlarda bulunan fidanların neredeyse tamamının kuruduğu gözlemlenmiştir.

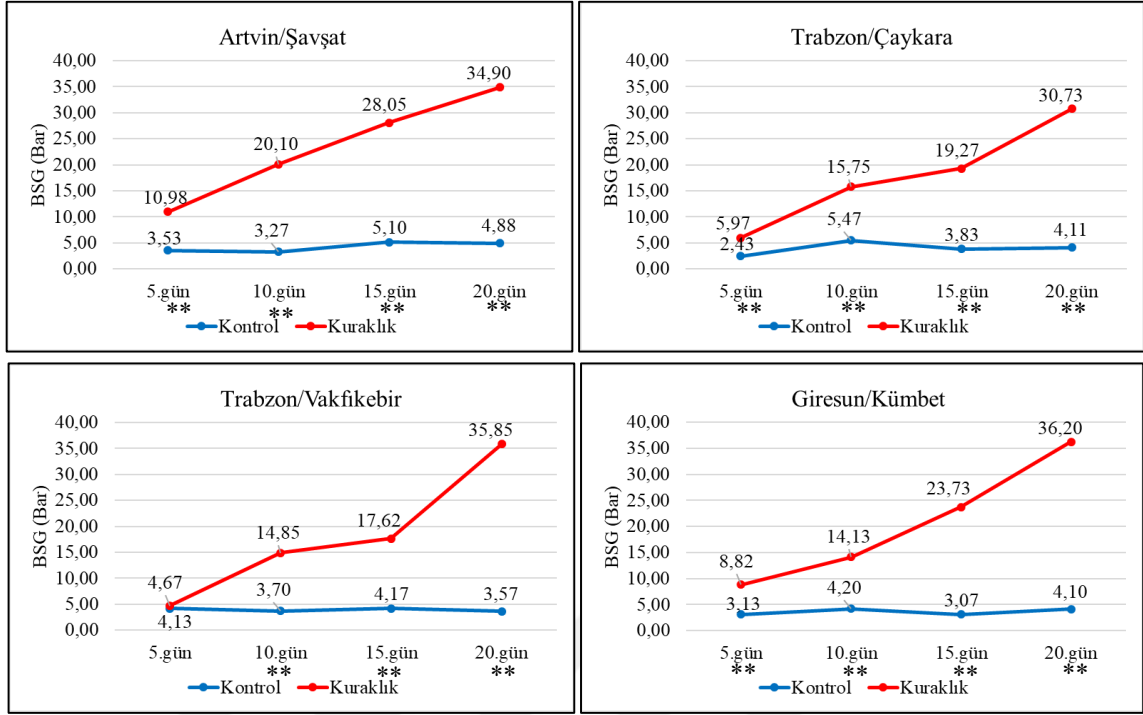
Populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre BSG değerleri arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı çoğul varyans analizi ile tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Bitki su gerilim değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	22543,876	31	727,222	47,955	0,000
Etkileşim	27693,619	1	27693,619	1826,187	0,000
Stres	12569,595	1	12569,595	828,871	0,000
Populasyon	261,034	3	87,011	5,738	0,001
Zaman	4824,541	3	1608,180	106,047	0,000
Stres * Zaman	4320,678	3	1440,226	94,972	0,000
Populasyon * Zaman	155,357	9	17,262	1,138	0,339
Stres * Populasyon	226,606	3	75,535	4,981	0,002
Zaman*Stres*Populasyon	186,066	9	20,674	1,363	0,209

Varyans analizi sonuçlarına göre, popülasyon, stres ve ölçüm zamanına bağlı olarak BSG değerleri arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği ($p<0,01$) net bir şekilde ortaya konmuştur. Bununla birlikte, analizler daha derinlemesine incelendiğinde, stres $\times$ zaman ve stres $\times$ populasyon etkileşimlerinin de BSG miktarları üzerinde %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıklara yol açtığı tespit edilmiştir (Tablo t)

Kuraklık stresi uygulaması sonrası populasyonların BSG miktarlarının ölçüm zamanlarına göre nasıl değiştiği, Şekil 9'da sunulmuştur. Bunun yanı sıra, her bir ölçüm gününde kontrol ve kuraklık grupları arasındaki farklar, bağımsız örneklem t testi ile analiz edilmiş ve bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($*p<0,05$, $**p<0,01$) tespit edilmiştir.



Şekil 9. Populasyon, kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine ilişkin bitki su gerilim değerlerine ait sonuçlar

Şavşat populasyonu dışında, diğer tüm populasyonlarda 10. ölçüm gününe kadar kontrol ve kuraklık gruplarında BSG değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, 15. ölçüm gününden itibaren, kuraklık grubunda su eksikliğinin artmasıyla birlikte BSG değerlerinde de belirgin bir artış meydana gelmiştir. Şavşat populasyonu ise kuraklığa daha hızlı tepki vererek, 5. ölçüm gününden itibaren su eksikliğinin etkisiyle BSG miktarlarında ölçüm zamanına bağlı olarak sürekli bir artış göstermiştir.

3.1.2. Toprak Nem Değerlerine İlişkin Bulgular

Populasyon, stres ve ölçüm zamanına bağlı olarak toprak nemi (TN) değerleri belirlenmiştir. Toprak nemi verileri irdelendiğinde, kontrol grubundaki populasyonların toprak nemi değerlerinin genellikle birbirine yakın olduğu görülmüştür. Buna karşılık, kuraklık grubundaki populasyonların toprak nemi değerlerinin ölçüm zamanlarına bağlı olarak kuraklık stresi süresince önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Kuraklık stresine maruz kalan grupta, en düşük ortalama toprak nemi 1,00 birim olarak kaydedilmiştir. Bu değer, Vakfıkebir ve Kümbet populasyonlarında 15. günde, Şavşat populasyonunda ise

20. günde tespit edilmiştir. En yüksek ortalama toprak nemi ise 3,50 birim olup, Çaykara popülasyonunda 5. gün ölçümünde gözlemlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Toprak nemine ait sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Toprak Nemi $\pm$ Standart Sapma			
		5.gün	10.gün	15.gün	20.gün
Kontrol	Şavşat	7,25 $\pm$ 0,61	8,83 $\pm$ 2,04	8,00 $\pm$ 1,41	8,67 $\pm$ 0,81
	Çaykara	5,25 $\pm$ 1,29	8,50 $\pm$ 1,05	9,33 $\pm$ 0,81	8,33 $\pm$ 1,37
	Vakfikebir	5,25 $\pm$ 1,54	9,33 $\pm$ 0,82	7,17 $\pm$ 0,75	7,83 $\pm$ 0,75
	Kümbet	5,42 $\pm$ 1,06	9,33 $\pm$ 0,81	9,00 $\pm$ 0,63	8,67 $\pm$ 0,82
Kuraklık	Şavşat	2,00 $\pm$ 1,14	1,42 $\pm$ 0,38	1,17 $\pm$ 0,41	1,00 $\pm$ 0,00
	Çaykara	3,50 $\pm$ 0,89	2,28 $\pm$ 0,69	1,50 $\pm$ 0,83	1,17 $\pm$ 0,25
	Vakfikebir	3,00 $\pm$ 0,55	2,17 $\pm$ 0,98	1,00 $\pm$ 0,00	1,08 $\pm$ 0,20
	Kümbet	1,42 $\pm$ 0,37	3,25 $\pm$ 1,08	1,00 $\pm$ 0,00	1,33 $\pm$ 0,41

Populasyon, stres ve ölçüm zamanına bağlı olarak toprak nemi değerleri arasındaki farklılıklar, çoklu varyans analizi ile incelenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir. Bu analizlerin sonuçları, istatistiksel değerlendirme açısından önem taşıyan bulgularla birlikte Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Toprak nemine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	2047,340	31	66,043	81,237	0,000
Etkileşim	4472,775	1	4472,775	5501,780	0,000
Stres	1796,465	1	1796,465	2209,759	0,000
Populasyon	4,097	3	1,366	1,680	0,173
Zaman	55,016	3	18,339	22,558	0,000
Stres * Zaman	127,893	3	42,631	52,439	0,000
Populasyon * Zaman	28,410	9	3,157	3,883	0,000
Stres * Populasyon	11,245	3	3,748	4,611	0,004
Zaman*Stres*Populasyon	24,213	9	2,690	3,309	0,001

Tablo 6'da yer alan varyans analizi sonuçlarına göre, ölçüm zamanı ve kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak toprak nemi değerleri arasında %99 güven düzeyinde anlamlı farklar olduğu saptanmıştır. Buna karşılık, populasyonlara bağlı olarak önem düzeyinin 0,05'ten büyük olması nedeniyle, populasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farkların bulunmadığı belirlenmiştir. Ayrıca stres $\times$ zaman, populasyon $\times$ zaman, stres $\times$ populasyon ve zaman $\times$ stres $\times$ populasyon etkileşimlerinin de 0,01 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşturduğu tespit edilmiştir.

3.1.3. Toprak Sıcaklık Değerlerine İlişkin Bulgular

Populasyon, stres ve ölçüm zamanına bağlı olarak toprak sıcaklığı (TS) değerleri tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 7'de sunulmuştur. Kontrol grubundaki populasyonlarda, en düşük ortalama toprak sıcaklığı 20,2°C olarak 20. günde Şavşat ve Kümbet populasyonlarında kaydedilmiştir. En yüksek ortalama toprak sıcaklığı ise 23,1°C ile Kümbet populasyonunda 5. gün ölçümünde tespit edilmiştir. Kuraklık grubunda ise, en düşük ortalama toprak sıcaklığı 21,1°C olarak 20. günde Çaykara populasyonunda belirlenirken, en yüksek sıcaklık 22,9°C ile 5. günde Vakfıkebir ve Kümbet populasyonlarında ölçülmüştür. Çalışma kontrollü sera koşullarında yapıldığından, tüm sıcaklık değerlerinin genel olarak birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 7. Toprak sıcaklığına ait sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Toprak Sıcaklığı (°C) ± Standart Sapma			
		5.gün	10.gün	15.gün	20.gün
Kontrol	Şavşat	22,6 ± 0,38	21,5 ± 0,32	21,3 ± 0,27	20,2 ± 0,40
	Çaykara	22,9 ± 0,38	21,6 ± 0,38	21,2 ± 0,36	20,3 ± 0,42
	Vakfıkebir	22,9 ± 0,20	21,7 ± 0,26	21,2 ± 0,26	20,3 ± 0,42
	Kümbet	23,1 ± 0,49	21,7 ± 0,26	21,2 ± 0,26	20,2 ± 0,26
Kuraklık	Şavşat	22,8 ± 0,41	22,0 ± 0,32	22,2 ± 0,26	21,3 ± 0,42
	Çaykara	22,8 ± 0,26	21,7 ± 0,52	22,2 ± 0,26	21,1 ± 0,20
	Vakfıkebir	22,9 ± 0,20	21,7 ± 0,52	22,0 ± 0,32	21,2 ± 0,26
	Kümbet	22,9 ± 0,20	21,7 ± 0,52	22,0 ± 0,26	21,3 ± 0,42

Toprak sıcaklıkları üzerindeki farklılıkların populasyon, stres ve ölçüm zamanlarına bağlı olarak istatistiksel anlamlılıkları, çoğul varyans analizi ile incelenmiş ve sonuçlar Tablo 8'de sunulmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre, ölçüm zamanı ve kuraklık stresi uygulamasının toprak sıcaklıkları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ancak, stres × zaman, populasyon × zaman, stres × populasyon ve zaman × stres × populasyon etkileşimleri açısından toprak sıcaklıkları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 8. Toprak sıcaklığına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	136,729	31	4,411	37,975	0,000
Etkileşim	90567,187	1	90567,187	779771,300	0,000
Stres	12,000	1	12,000	103,318	0,000
Populasyon	0,031	3	,010	0,090	0,966
Zaman	113,458	3	37,819	325,620	0,000
Stres * Zaman	9,396	3	3,132	26,966	0,000
Populasyon * Zaman	0,948	9	,105	0,907	0,521
Stres * Populasyon	0,448	3	,149	1,286	0,281
Zaman*Stres*Populasyon	0,448	9	,050	0,429	0,918

3.2. Biyokimyasal Parametrelere İlişkin Bulgular

3.2.1. Klorofil a Miktarına İlişkin Bulgular

Populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre klorofil a miktarlarındaki değişimler tespit edilerek, sonuçlar Tablo 9'da sunulmuştur. Kontrol grubunda, en düşük ortalama klorofil a miktarı 1,94 mg/g olarak 15. günde Vakfikebir populasyonunda kaydedilmiş, en yüksek değer ise 3,74 mg/g ile 5. günde Şavşat populasyonunda tespit edilmiştir. Kuraklık grubunda ise, en düşük ortalama klorofil a miktarı 5. günde Vakfikebir populasyonunda 2,19 mg/g olarak belirlenmişken, en yüksek miktar 20. günde Kümbet populasyonunda 4,14 mg/g olarak ölçülmüştür.

Tablo 9. Klorofil a miktarına ait sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Klorofil a (mg/g) ± Standart Sapma			
		5.gün	10.gün	15.gün	20.gün
Kontrol	Şavşat	3,74 ± 0,29	3,61 ± 0,21	2,55 ± 0,26	3,07 ± 0,15
	Çaykara	3,08 ± 0,38	2,87 ± 0,14	2,35 ± 0,29	2,94 ± 0,35
	Vakfikebir	2,68 ± 0,07	2,22 ± 0,25	1,94 ± 0,13	2,33 ± 0,09
	Kümbet	2,50 ± 0,09	2,69 ± 0,12	2,48 ± 0,36	2,80 ± 0,28
Kuraklık	Şavşat	4,00 ± 0,45	3,43 ± 0,31	2,60 ± 0,43	3,48 ± 0,15
	Çaykara	3,12 ± 0,17	3,15 ± 0,05	2,42 ± 0,19	3,51 ± 0,23
	Vakfikebir	2,19 ± 0,11	2,26 ± 0,27	2,83 ± 0,26	3,44 ± 0,25
	Kümbet	2,68 ± 0,16	2,87 ± 0,24	3,66 ± 0,14	4,14 ± 0,34

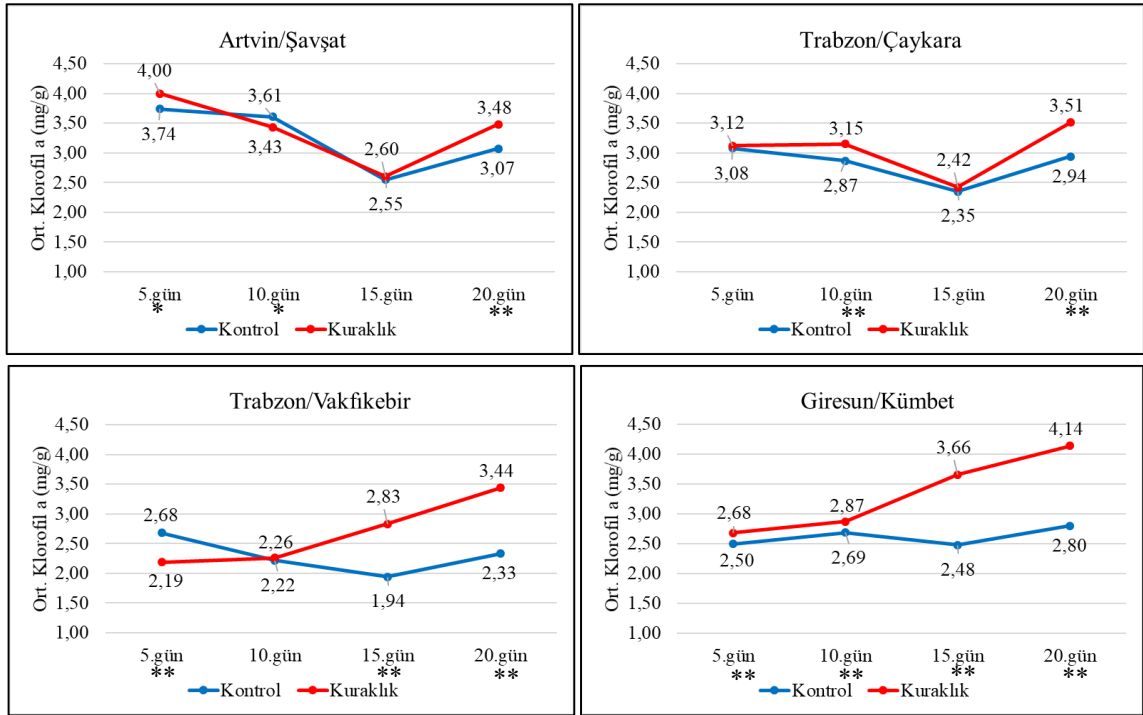
Klorofil a miktarları arasındaki farkların populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre istatistiksel anlamlılığı, çoklu varyans analizi ile incelenmiş ve sonuçlar Tablo 10'da sunulmuştur. Varyans analizinin sonuçlarına göre, kuraklık stresi uygulaması, ölçüm zamanı ve populasyonlar arasında klorofil a miktarındaki farkların %99 güven düzeyinde anlamlı

olduğu belirlenmiştir. Ayrıca stres $\times$ zaman, populasyon $\times$ zaman, stres $\times$ populasyon ve zaman $\times$ stres $\times$ populasyon etkileşimleri incelendiğinde, klorofil a miktarlarının bu etkileşimlere bağlı olarak da %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği ortaya konmuştur.

Tablo 10. Klorofil a miktarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	29,521	31	,952	15,472	0,000
Etkileşim	821,808	1	821,808	13351,878	0,000
Stres	4,649	3	1,550	25,175	0,000
Populasyon	3,315	1	3,315	53,863	0,000
Zaman	8,240	3	2,747	44,627	0,000
Stres * Zaman	2,934	3	,978	15,892	0,000
Populasyon * Zaman	7,331	9	,815	13,233	0,000
Stres * Populasyon	1,177	3	,392	6,372	0,001
Zaman*Stres*Populasyon	1,875	9	,208	3,385	0,002

Kuraklık stresi işlemi sonucunda, ölçüm günlerinde populasyonların kuraklık ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların tespiti bağımsız örneklem t testi (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$) ile analiz edilmiştir.



Şekil 10. Populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimine göre klorofil a miktarına ait sonuçlar

Şekil 10'teki bulgulara göre, Çaykara ve Kümbet populasyonlarında, ölçüm günlerinin ilerlemesiyle birlikte kuraklık grubundaki fidanların klorofil a miktarlarının genellikle daha yüksek olduğu görülmüştür. Şavşat ve Vakfikebir populasyonlarında, ölçüm günlerine bağlı olarak kuraklık ve kontrol gruplarındaki klorofil a değerlerinin değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

3.2.2. Klorofil b Miktarına İlişkin Bulgular

Populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre klorofil b miktarlarına ilişkin bulgular Tablo 11'de yer almaktadır. Kontrol grubundaki populasyonlarda en düşük klorofil b miktarı, Kümbet populasyonunda 5. gün yapılan ölçümde 0,58 mg/g olarak belirlenmişken, en yüksek değer Şavşat populasyonunda 10. günde yapılan ölçümde 1,37 mg/g olarak kaydedilmiştir. Kuraklık grubunda ise klorofil b miktarları daha geniş bir aralıkta farklılık göstermiştir; en düşük değer Vakfikebir populasyonunda 5. gün ölçümünde 0,48 mg/g, en yüksek değer ise Kümbet populasyonunda 20. günde 1,46 mg/g olarak tespit edilmiştir.

Tablo 11. Klorofil b miktarına ait sonuçlar

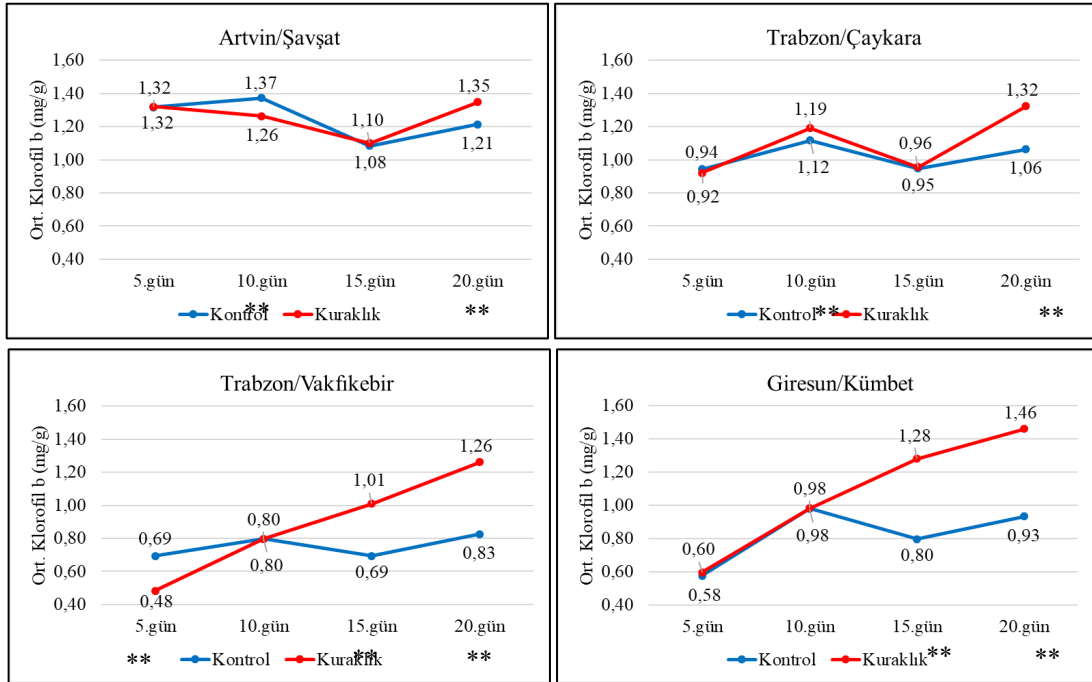
Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Klorofil b (mg/g) $\pm$ Standart Sapma			
		5.gün	10.gün	15.gün	20.gün
Kontrol	Şavşat	1,32 $\pm$ 0,10	1,37 $\pm$ 0,08	1,08 $\pm$ 0,16	1,21 $\pm$ 0,03
	Çaykara	0,94 $\pm$ 0,17	1,12 $\pm$ 0,07	0,95 $\pm$ 0,08	1,06 $\pm$ 0,13
	Vakfikebir	0,69 $\pm$ 0,01	0,80 $\pm$ 0,10	0,69 $\pm$ 0,04	0,83 $\pm$ 0,02
	Kümbet	0,58 $\pm$ 0,04	0,98 $\pm$ 0,01	0,80 $\pm$ 0,14	0,93 $\pm$ 0,09
Kuraklık	Şavşat	1,32 $\pm$ 0,16	1,26 $\pm$ 0,11	1,10 $\pm$ 0,15	1,35 $\pm$ 0,04
	Çaykara	0,92 $\pm$ 0,06	1,19 $\pm$ 0,02	0,96 $\pm$ 0,11	1,32 $\pm$ 0,10
	Vakfikebir	0,48 $\pm$ 0,03	0,80 $\pm$ 0,09	1,01 $\pm$ 0,10	1,26 $\pm$ 0,07
	Kümbet	0,60 $\pm$ 0,04	0,98 $\pm$ 0,11	1,28 $\pm$ 0,05	1,46 $\pm$ 0,12

Klorofil b miktarları arasındaki farkların, populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre istatistiksel anlamlılığı çoklu varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, hem ölçüm zamanı hem de kuraklık stresi uygulamaları ile populasyonlar arasında klorofil b miktarları açısından %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$). Ayrıca, populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimlerinin de klorofil b miktarları üzerinde %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ortaya koyduğu belirlenmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. Klorofil b miktarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	6,203	31	0,200	22,547	0,000
Etkileşim	99,899	1	99,899	11257,524	0,000
Stres	1,321	3	0,440	49,614	0,000
Populasyon	0,352	1	0,352	39,624	0,000
Zaman	2,401	3	0,800	90,199	0,000
Stres * Zaman	0,608	3	0,203	22,854	0,000
Populasyon * Zaman	1,059	9	0,118	13,266	0,000
Stres * Populasyon	0,197	3	0,066	7,409	0,000
Zaman*Stres*Populasyon	0,264	9	0,029	3,302	0,002

Kuraklık stresine maruz kalan populasyonlardaki klorofil b miktarındaki değişiklikler, farklı ölçüm zamanlarına göre Şekil 11'de grafiksel olarak sunulmuştur. Her ölçüm gününde, kuraklık ve kontrol grupları arasındaki farklar bağımsız örneklem t testi ile analiz edilerek, istatistiksel olarak anlamlılık seviyeleri ($p < 0,05$, $**p < 0,01$) belirlenmiştir. Vakfikebir ve Kümbet populasyonlarında, zaman ilerledikçe kuraklık gruplarındaki fidanların klorofil b miktarlarının genellikle kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Diğer yandan, Şavşat ve Vakfikebir populasyonlarında klorofil b miktarları, ölçüm günlerine bağlı olarak kontrol ve kuraklık grupları arasında farklılıklar göstermiştir.



Şekil 11. Populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimine göre klorofil b miktarına ait sonuçlar

3.2.3. Toplam Klorofil Miktarına İlişkin Bulgular

Populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre toplam klorofil içeriklerine ilişkin elde edilen sonuçlar Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13. Toplam klorofil miktarına ait sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Toplam Klorofil (mg/g) $\pm$ Standart Sapma			
		5.gün	10.gün	15.gün	20.gün
Kontrol	Şavşat	5,05 $\pm$ 0,37	4,98 $\pm$ 0,29	3,63 $\pm$ 0,43	4,28 $\pm$ 0,17
	Çaykara	4,03 $\pm$ 0,55	3,99 $\pm$ 0,21	3,29 $\pm$ 0,37	4,01 $\pm$ 0,47
	Vakfikebir	3,37 $\pm$ 0,09	3,02 $\pm$ 0,34	2,64 $\pm$ 0,16	3,16 $\pm$ 0,09
	Kümbet	3,07 $\pm$ 0,13	3,67 $\pm$ 0,14	3,27 $\pm$ 0,50	3,73 $\pm$ 0,38
Kuraklık	Şavşat	5,32 $\pm$ 0,61	4,69 $\pm$ 0,42	3,70 $\pm$ 0,58	4,82 $\pm$ 0,18
	Çaykara	4,03 $\pm$ 0,23	4,34 $\pm$ 0,08	3,37 $\pm$ 0,29	4,83 $\pm$ 0,34
	Vakfikebir	2,68 $\pm$ 0,14	3,06 $\pm$ 0,36	3,84 $\pm$ 0,36	4,70 $\pm$ 0,31
	Kümbet	3,27 $\pm$ 0,20	3,85 $\pm$ 0,34	4,94 $\pm$ 0,19	5,59 $\pm$ 0,46

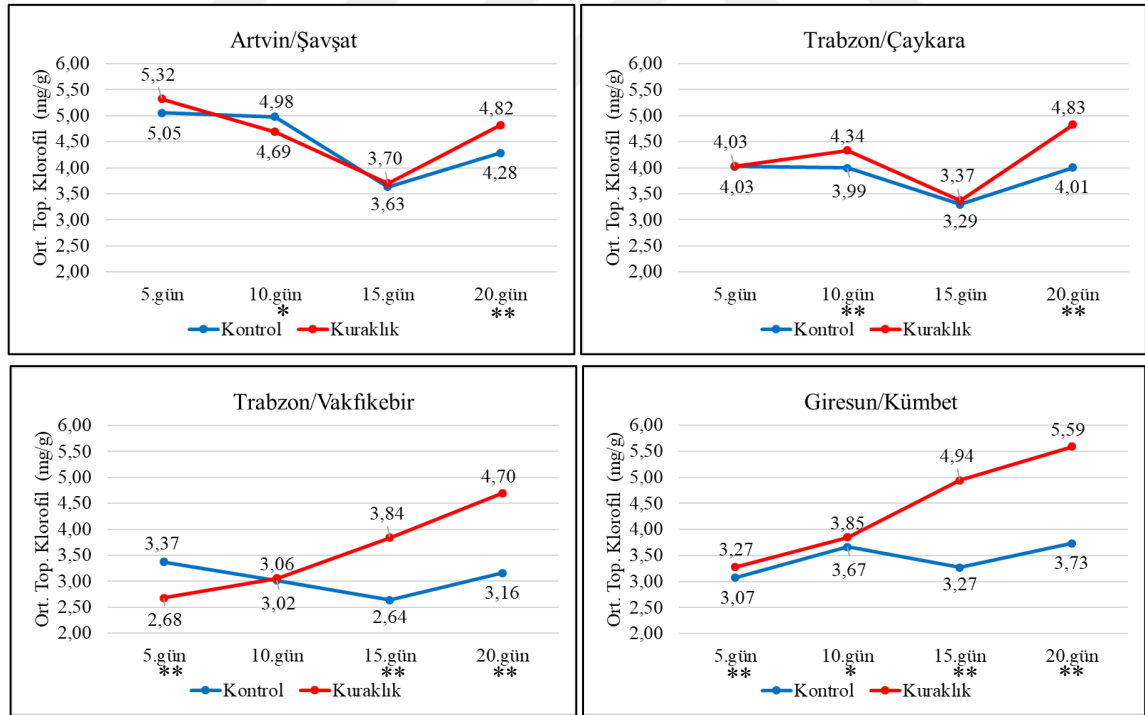
Tablo 13'deki verilere göre, tüm ölçüm zamanları ve populasyonlar dikkate alındığında, kontrol grubundaki populasyonlarda ortalama toplam klorofil miktarları arasında farklılıklar tespit edilmiştir. En düşük ortalama toplam klorofil miktarı, Vakfikebir populasyonunda 15. gün yapılan ölçümde 2,64 mg/g olarak belirlenirken, en yüksek miktar Şavşat populasyonunda 5. gün yapılan ölçümde 5,05 mg/g olarak kaydedilmiştir. Kuraklık grubunda ise, en düşük ortalama toplam klorofil miktarı Vakfikebir populasyonunda 5. gün yapılan ölçümde 2,68 mg/g, en yüksek ise Kümbet populasyonunda 20. gün yapılan ölçümde 5,59 mg/g olarak tespit edilmiştir.

Toplam klorofil miktarları üzerindeki farklılıkların, populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre istatistiksel anlamlılığı çoklu varyans analiziyle incelenmiş ve sonuçlar Tablo 14'te gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçları, Populasyon, stres ve ölçüm zamanına arasında toplam klorofil miktarında %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca populasyon, stres ve ölçüm zamanına etkileşimlerine göre de toplam klorofil miktarları arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

Tablo 14. Toplam klorofil miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	58,454	31	1,886	16,505	0,000
Etkileşim	1493,498	1	1493,498	13072,432	0,000
Stres	8,047	3	2,682	23,478	0,000
Populasyon	5,767	1	5,767	50,481	0,000
Zaman	18,947	3	6,316	55,280	0,000
Stres * Zaman	6,192	3	2,064	18,066	0,000
Populasyon * Zaman	13,694	9	1,522	13,318	0,000
Stres * Populasyon	2,308	3	0,769	6,733	0,001
Zaman*Stres*Populasyon	3,500	9	0,389	3,404	0,002

Kuraklık stresi uygulaması sonucunda, populasyonların toplam klorofil miktarlarının ölçüm zamanlarına bağlı olarak nasıl değiştiği, Şekil 12'de grafiksel olarak sunulmuştur. Bununla birlikte ölçüm günlerinde kuraklık ve kontrol grupları arasında meydana gelen farklılıkların istatistiksel olarak anlamlılığının tespitinde bağımsız örneklem t testi ($p < 0,05$, $**p < 0,01$) kullanılmıştır.



Şekil 12. Populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimine göre toplam klorofil miktarına ait sonuçlar

Sonuçlara göre, Vakfikebir ve Kümbet populasyonlarında, ölçüm günleri ilerledikçe kuraklık grubundaki fidanların toplam klorofil miktarlarının genellikle daha yüksek olduğu

gözlemlenmiştir. Özellikle Şavşat ve Vakfikebir populasyonlarında, kuraklık ve kontrol gruplarındaki toplam klorofil içeriklerinin ölçüm zamanına göre önemli ölçüde değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

3.2.4. Toplam Karotenoid Miktarına İlişkin Bulgular

Populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre toplam karotenoid içeriklerine ilişkin bulgular Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 15. Toplam karotenoid miktarına ait sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Toplam Karotenoid (mg/g) $\pm$ Standart Sapma			
		5.gün	10.gün	15.gün	20.gün
Kontrol	Şavşat	0,55 $\pm$ 0,23	0,71 $\pm$ 0,05	0,57 $\pm$ 0,05	0,64 $\pm$ 0,04
	Çaykara	0,32 $\pm$ 0,06	0,57 $\pm$ 0,03	0,49 $\pm$ 0,07	0,61 $\pm$ 0,07
	Vakfikebir	0,21 $\pm$ 0,01	0,42 $\pm$ 0,04	0,39 $\pm$ 0,02	0,48 $\pm$ 0,03
	Kümbet	0,21 $\pm$ 0,05	0,51 $\pm$ 0,02	0,44 $\pm$ 0,06	0,56 $\pm$ 0,04
Kuraklık	Şavşat	0,46 $\pm$ 0,04	0,69 $\pm$ 0,06	0,55 $\pm$ 0,08	0,73 $\pm$ 0,02
	Çaykara	0,27 $\pm$ 0,02	0,60 $\pm$ 0,01	0,48 $\pm$ 0,03	0,71 $\pm$ 0,05
	Vakfikebir	0,16 $\pm$ 0,02	0,43 $\pm$ 0,06	0,54 $\pm$ 0,04	0,67 $\pm$ 0,05
	Kümbet	0,19 $\pm$ 0,01	0,53 $\pm$ 0,02	0,69 $\pm$ 0,04	0,82 $\pm$ 0,09

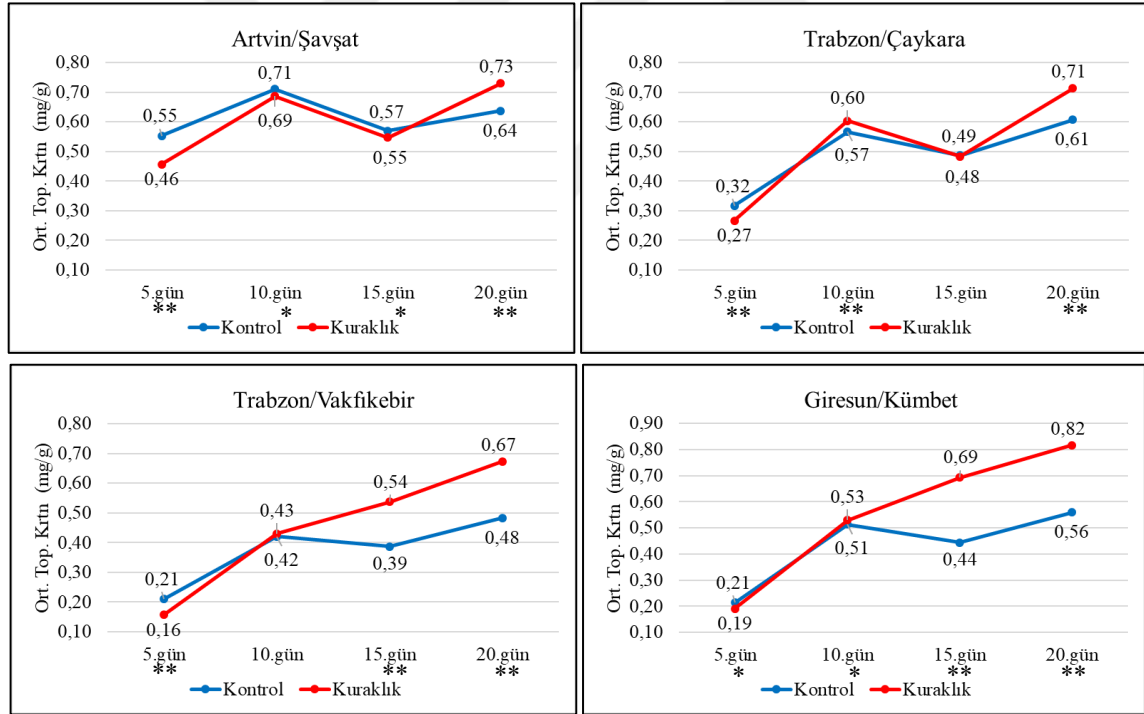
Kontrol grubunda, en düşük ortalama toplam karotenoid miktarı 5. günde Kümbet populasyonunda 0,21 mg/g olarak belirlenmişken, en yüksek miktar 10. günde Şavşat populasyonunda 0,71 mg/g olarak tespit edilmiştir. Kuraklık grubunda ise, en düşük karotenoid miktarı 5. günde Vakfikebir populasyonunda 0,16 mg/g, en yüksek miktar ise 20. günde Kümbet populasyonunda 0,82 mg/g olarak kaydedilmiştir. Genel olarak tüm ölçüm zamanları ve populasyonlar göz önüne alındığında, kontrol grubunda ortalama toplam karotenoid miktarı 0,22 mg/g, kuraklık grubunda ise 0,24 mg/g olarak hesaplanmıştır.

Populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre toplam karotenoid içeriklerinin arasındaki istatistiksel olarak farklılıkları çoğul varyans analizi ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 16'da sunulmuştur. Analiz sonucunda, populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre toplam karotenoid içerikleri açısından %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, stres $\times$ zaman, populasyon $\times$ zaman ve stres $\times$ populasyon etkileşimlerinin de toplam karotenoid miktarları üzerinde %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar yarattığı tespit edilmiştir.

Tablo 16. Toplam karotenoid miktarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	2,710	31	0,087	24,019	0,000
Etkileşim	24,573	1	24,573	6751,703	0,000
Stres	1,647	3	0,549	150,813	0,000
Populasyon	0,066	1	0,066	18,031	0,000
Zaman	0,480	3	0,160	44,003	0,000
Stres * Zaman	0,163	3	0,054	14,907	0,000
Populasyon * Zaman	0,245	9	0,027	7,484	0,000
Stres * Populasyon	0,065	3	0,022	5,963	0,001
Zaman*Stres*Populasyon	0,044	9	0,005	1,349	0,230

Kuraklık stresi uygulamasının ardından, populasyonlar arasında her bir ölçüm gününde kuraklık ve kontrol grupları arasındaki farklılıklar bağımsız örneklem t testi ile analiz edilmiştir (* $p<0,05$, ** $p<0,01$).



Şekil 13. Populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimine göre toplam karotenoid miktarına ait sonuçlar

Bu analizlerin sonuçları grafiksel olarak Şekil 13'de sunulmuştur. Şekil 13'deki sonuçlar değerlendirildiğinde, Çaykara, Vakfikebir ve Kümbet populasyonlarında, ölçüm günleri ilerledikçe kuraklık grubunda yer alan fidanların toplam karotenoid miktarlarının

genellikle daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Şavşat popülasyonunda ise toplam karotenoid miktarları, ölçüm günlerine göre değişkenlik göstermiştir. Özellikle 20. gün ölçümünde, kuraklık grubundaki fidanların karotenoid miktarlarının kontrol grubuna göre daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

3.2.5. Toplam Çözünabilir Karbonhidrat Miktarına İlişkin Bulgular

Popülasyon, stres ve ölçüm zamanına göre toplam çözünabilir karbonhidrat içerikleri arasındaki farklılıklar ve elde edilen değerler Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Toplam karbonhidrat miktarlarına ait sonuçlar

Stres Grubu	Popülasyon	Ortalama Toplam Karbonhidrat (mg/g kuru ağırlık) $\pm$ Standart Sapma		
		10.gün	15.gün	20.gün
Kontrol	Şavşat	84,10 $\pm$ 3,53	96,55 $\pm$ 0,92	97,32 $\pm$ 4,45
	Çaykara	66,58 $\pm$ 0,46	87,64 $\pm$ 4,14	80,26 $\pm$ 4,61
	Vakfikebir	75,80 $\pm$ 2,61	91,63 $\pm$ 3,07	81,34 $\pm$ 1,38
	Kümbet	67,50 $\pm$ 0,15	101,93 $\pm$ 2,78	88,87 $\pm$ 2,76
Kuraklık	Şavşat	88,10 $\pm$ 6,44	105,62 $\pm$ 5,38	107,47 $\pm$ 7,83
	Çaykara	76,42 $\pm$ 5,99	81,49 $\pm$ 1,53	89,17 $\pm$ 2,15
	Vakfikebir	71,34 $\pm$ 4,61	92,86 $\pm$ 4,30	87,02 $\pm$ 3,68
	Kümbet	89,33 $\pm$ 4,76	90,10 $\pm$ 6,14	107,87 $\pm$ 7,43

Tablo 17’deki sonuçlar irdelendiğinde, hem popülasyon hemde stres uygulamasına göre toplam karbonhidrat miktarlarında önemli değişimlerin elde edildiği görülmüştür. Kontrol grubunda en düşük toplam karbonhidrat miktarı, Çaykara popülasyonunda 10. günde 66,58 mg/g olarak, en yüksek değer ise Kümbet popülasyonunda 15. günde 101,93 mg/g olarak tespit edilmiştir. Kuraklık grubundaki popülasyonlarda ise, kuraklık stresi süresi boyunca toplam karbonhidrat miktarları dikkate değer değişiklikler göstermiştir. Toplam karbonhidrat miktarı en düşük Vakfikebir popülasyonunda 10. günde 71,34 mg/g olarak, en yüksek toplam karbonhidrat miktarı ise Kümbet popülasyonunda 20. günde 107,87 mg/g olarak ölçülmüştür.

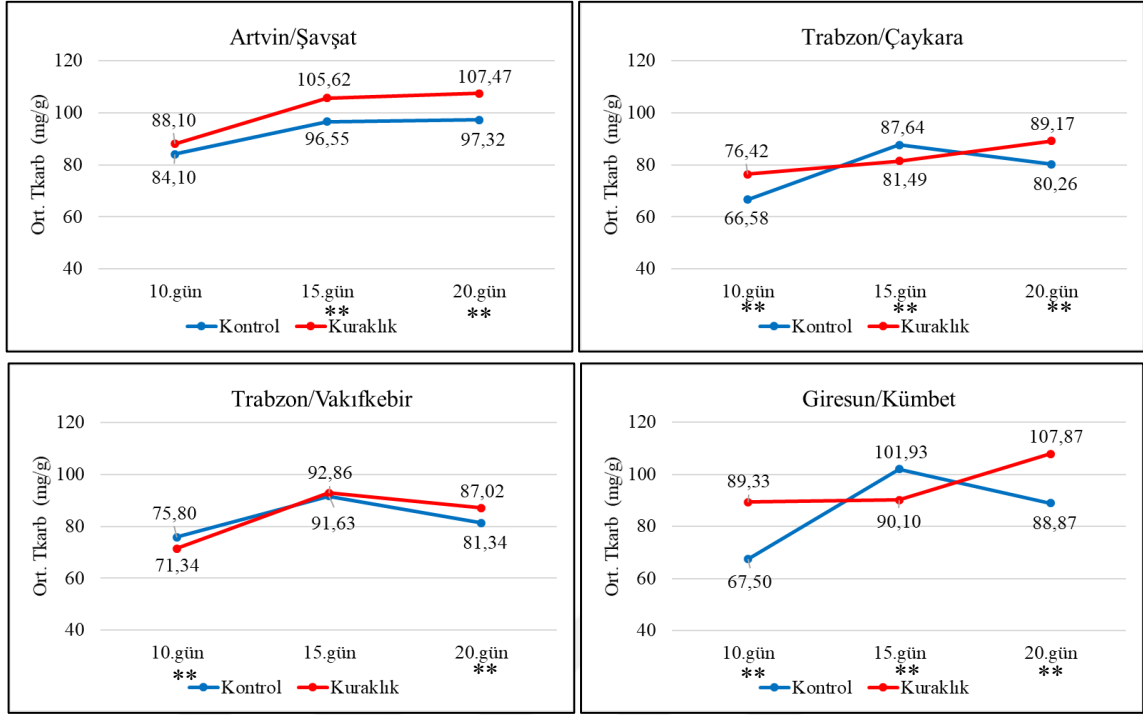
Popülasyon, stres ve ölçüm zamanına göre toplam karbonhidrat içerikleri arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı çoğul varyans analizi ile belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 18’de sunulmuştur.

Tablo 18. Toplam karbonhidrat miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	18510,266	23	804,794	23,754	0,000
Etkileşim	1109141,773	1	1109141,773	32737,120	0,000
Stres	1131,380	1	1131,380	33,394	0,000
Populasyon	5860,517	3	1953,506	57,659	0,000
Zaman	7766,077	2	3883,039	114,611	0,000
Stres * Zaman	1078,899	2	539,450	15,922	0,000
Populasyon * Zaman	543,588	6	90,598	2,674	0,018
Stres * Populasyon	413,105	3	137,702	4,064	0,009
Zaman*Stres*Populasyon	1716,698	6	286,116	8,445	0,000

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde populasyon, stres ve ölçüm zamanına göre toplam karbonhidrat içerikleri arasındaki farkların istatistiksel olarak %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu ortaya koyulmuştur. Bununla birlikte populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimlerine bağlı olarak da toplam karbonhidrat içerikleri arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 18).

Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak populasyonların toplam karbonhidrat miktarlarında ölçüm zamanlarına göre meydana gelen değişiklikler Şekil 14'te grafiksel olarak gösterilmiştir. Bunun yanı sıra, ölçüm zamanlarında kuraklık ve kontrol grupları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı, bağımsız örneklem t testi ($*p<0,05$, $**p<0,01$) ile tespit edilmiştir. Şavşat populasyonuna ait kuraklık grubundaki fidanların toplam karbonhidrat miktarlarının tüm ölçüm günlerinde kontrol grubundakilere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çaykara, Vakfıkebir ve Kümbet populasyonlarında ise ölçüm günlerine göre değişikliklerin olduğu ortaya koyulmuştur. Son ölçüm gününde ise kuraklık stresinin etkisi ile tüm populasyonlara ait kuraklık grubundaki fidanların karbonhidrat birikimi gerçekleştirdiği ve kontrol grubundaki fidanlara göre daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Populasyon, stres ve ölçüm zamanı etkileşimine göre toplam karbonhidrat miktarlarına ait sonuçlar

3.3. Morfolojik Parametrelere İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında, farklı populasyonlara ait fidanların kuraklık stresine karşı verdikleri tepkiler ile morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla çeşitli morfolojik özellikler belirlenmiştir. Bu özellikler arasında fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, taze ve kuru gövde ağırlıkları, taze ve kuru kök ağırlıkları, fidanın toplam taze ve kuru ağırlıkları, en uzun kök boyu, ana kök sayısı, kök yüzdesi, gürbüzlük indisi, katlılık indisi ve Dickson kalite indeksi yer almaktadır.

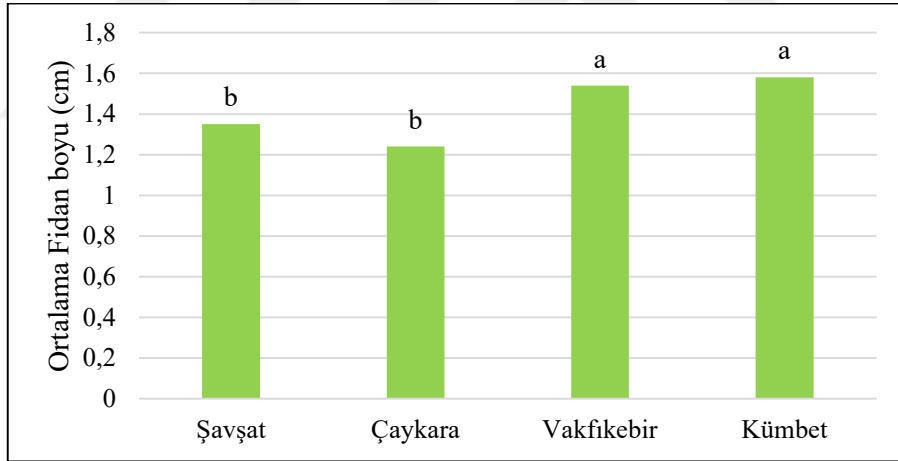
3.3.1. Fidan Boyu Değerlerine İlişkin Bulgular

Farklı populasyonlara ait fidan boylarıyla ilgili minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş ve populasyonlara bağlı olarak farklılıkların istatistiksel anlamlılığı varyans analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu analiz sonuçları Tablo 19'da yer almakta olup, populasyonlar arasındaki fidan boyu farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 19. Populasyonlara bağı olarak fidan boylarına ait sonuçlar

Populasyon	Ort. FB (cm)	Standart Hata	Min. FB (cm)	Mak. FB (cm)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	15,89	0,67	11,5	21,5	19,080	0,000
Çaykara	14,96	0,56	11,1	20,1		
Vakfikebir	19,88	0,50	15,5	24,3		
Kümbet	19,87	0,64	15,5	26,0		
Ortalama	17,65	0,64	11,1	26,0		

Populasyonlar arasında en düşük ortalama fidan boyu 14,96 cm ile Çaykara populasyonunda, en yüksek ise 19,88 cm ile Vakfikebir populasyonunda tespit edilmiştir. Tüm populasyonların ortalama fidan boyu ise 17,65 cm olarak belirlenmiştir. Minimum fidan boyu 11,1 cm ile Çaykara populasyonunda ölçülürken, maksimum fidan boyu Kümbet populasyonunda 26,0 cm olarak kaydedilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, fidan boyları açısından populasyonlar arasında 0,01 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu ortaya konulmuştur (Tablo 19).



Şekil 15. Populasyonlara bağı olarak fidan boylarına ait Duncan testi sonucu

Duncan testi sonucunda, populasyonlar iki ana gruba ayrılmıştır. En düşük fidan boyu değerlerine sahip olan Çaykara ve Şavşat populasyonları ikinci grubu oluştururken, en yüksek değerlere sahip olan Kümbet ve Vakfikebir populasyonları birinci grupta yer almıştır (Şekil 15).

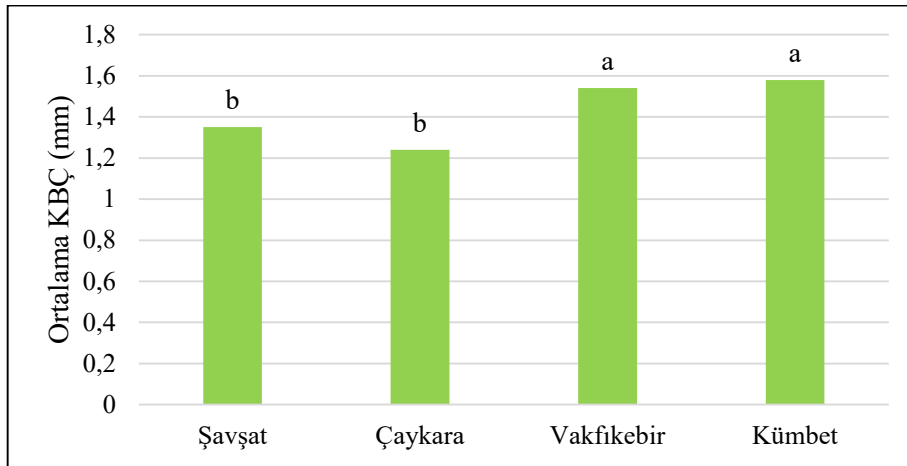
3.3.2. Kök Boğaz Çapı Değerlerine İlişkin Bulgular

Kök boğaz çapına ait minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş olup, elde edilen Tablo 20'de sunulmuştur. Bu bağlamda, en düşük ortalama KBÇ 5,37 mm ile Çaykara popülasyonunda, en yüksek ise 6,10 mm ile Kümbet popülasyonunda tespit edilmiştir. Tüm popülasyonların ortalama KBÇ değeri 5,73 mm olarak belirlenmiştir. Popülasyonlar arasındaki KBÇ değerlerindeki farkların istatistiksel olarak anlamlılığını varyans analizi ile incelenmiş ve %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (Tablo 20).

Tablo 20. Popülasyonlara bağlı olarak kök boğaz çapına ait sonuçlar

Popülasyon	Ort. KBÇ (mm)	Standart Hata	Min. KBÇ (mm)	Mak. KBÇ (mm)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	5,42	0,20	3,57	6,89	3,456	0,021
Çaykara	5,37	0,18	3,87	7,05		
Vakfikebir	6,04	0,21	4,32	7,80		
Kümbet	6,10	0,25	4,42	9,01		
Ortalama	5,73	0,11	3,57	9,01		

Duncan testi sonucunda, popülasyonlar arasında iki farklı grup oluştuğu tespit edilmiştir. En düşük KBÇ değerlerine sahip olan Şavşat ve Çaykara popülasyonları ikinci grupta yer alırken, en yüksek değerlere sahip Vakfikebir ve Kümbet popülasyonları birinci grubu oluşturmuştur (Şekil 16).



Şekil 16. Popülasyonlara bağlı olarak kök boğaz çapına ait Duncan testi sonucu

3.3.3. Gövde Taze Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular

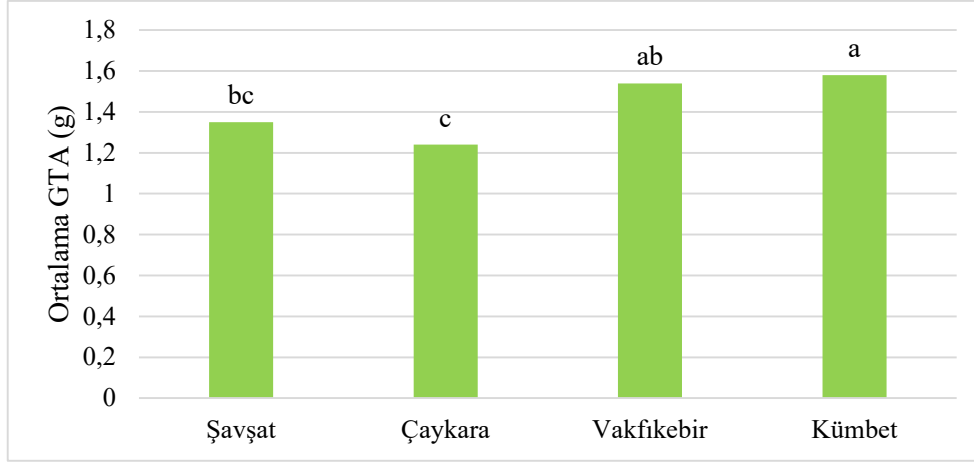
Gövde taze ağırlığı (GTA) ile ilgili minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş ve varyans analizi ile populasyonlar arasındaki farkların anlamlılığı ortaya koyulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 21’de sunulmuş olup, populasyonlar arasındaki GTA farklılıklarının anlamlı olup olmadığı ortaya koyulmuştur.

Tablo 21. Populasyonlara bağlı olarak gövde taze ağırlığına ait sonuçlar

Populasyon	Ort. GTA (g)	Standart Hata	Min. GTA (g)	Mak. GTA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	11,28	1,04	4,10	21,26	4,791	0,004
Çaykara	9,26	0,90	3,90	22,90		
Vakfikebir	14,69	1,32	6,37	30,67		
Kümbet	15,13	1,72	7,99	36,66		
Ortalama	12,59	0,69	3,90	36,66		

Populasyonlar arasında en düşük ortalama gövde taze ağırlığı (GTA) 9,26 g ile Çaykara populasyonunda, en yüksek ise 15,13 g ile Kümbet populasyonunda tespit edilmiştir. Tüm populasyonların ortalama GTA değeri ise 12,59 g olarak belirlenmiştir. Maksimum GTA, Kümbet populasyonunda 36,66 g, minimum GTA ise Çaykara populasyonunda 3,90 g olarak kaydedilmiştir. Varyans analizi ile, GTA açısından populasyonlar arasında 0,01 önem düzeyinde anlamlı farklılıkların olduğu saptanmıştır (Tablo 21).

Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında dört farklı grup oluşmuştur. En düşük değere sahip olan Çaykara populasyonu dördüncü grubu oluştururken, Şavşat populasyonu üçüncü, Vakfikebir populasyonu ise ikinci grupta yer almıştır. En yüksek değere sahip Kümbet populasyonu ise birinci grubu meydana getirmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. Populasyonlara bağlı olarak gövde taze ağırlığına ait Duncan testi sonucu

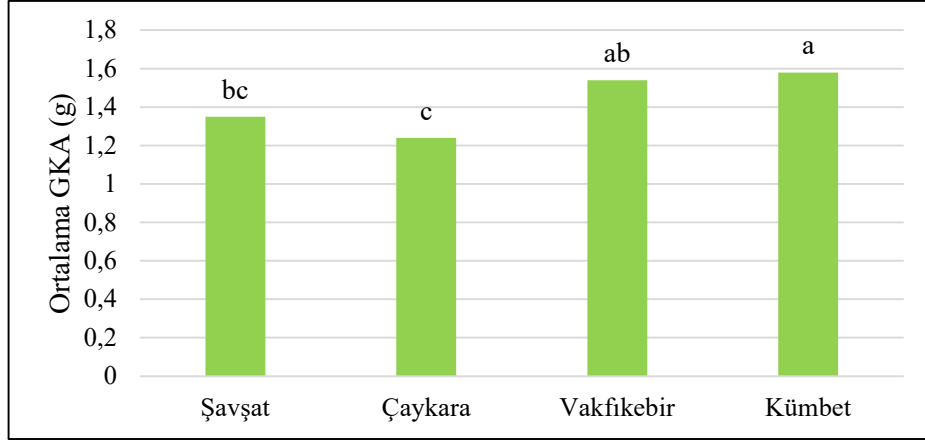
3.3.4. Gövde Kuru Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular

Gövde kuru ağırlığına (GKA) ait minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 22'de sunulmuştur. Bu bağlamda, en düşük ortalama GKA değeri 3,92 g ile Çaykara populasyonunda, en yüksek ortalama GKA değeri ise 6,67 g ile Kümbet populasyonunda kaydedilmiştir. Populasyonlar arasında yapılan ölçümlere göre tüm populasyonların ortalama GKA değeri 5,41 g olarak belirlenmiştir. Maksimum GKA değeri Kümbet populasyonunda 15,39 g olarak tespit edilirken, minimum GKA değeri ise 1,78 g ile Şavşat populasyonunda saptanmıştır. Varyans analizi ile populasyonlar arasındaki GKA değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı analiz edilmiştir.

Tablo 22. Populasyonlara bağlı olarak gövde kuru ağırlığına ait sonuçlar

Populasyon	Ort. GKA (g)	Standart Hata	Min. GKA (g)	Mak. GKA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	4,78	0,45	1,78	8,93	5,067	0,002
Çaykara	3,92	0,36	1,80	9,15		
Vakfıkebir	6,27	0,56	2,82	13,06		
Kümbet	6,67	0,73	3,28	15,39		
Ortalama	5,41	0,29	1,78	15,39		

Varyans analizi ile, ortalama gövde kuru ağırlıkları bakımından populasyonlar arasında 0,01 önem düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo 47). Duncan testi sonucunda, populasyonlar arasında dört farklı grup oluşmuş ve her bir populasyon kendi başına bir grup oluşturmuştur (Şekil 18).



Şekil 18. Populasyonlara bağlı olarak gövde kuru ağırlığına ait Duncan testi sonucu

3.3.5. Kök Taze Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular

Kök taze ağırlığı ile ilgili minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş ve varyans analizi ile populasyonlar arasındaki farkların anlamlılığı ortaya koyulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 23'te sunulmuş olup, populasyonlar arasındaki KTA farklılıklarının anlamlı olup olmadığı ortaya koyulmuştur. Tabloya göre, en az ortalama KTA 8,97 g ile Çaykara populasyonunda, en fazla ortalama KTA ise 11,38 g ile Kümbet populasyonunda tespit edilmiştir. Tüm populasyonlar için ortalama KTA 9,78 g olarak belirlenmiştir. Maksimum KTA değeri 25,67 g, minimum KTA değeri ise 4,24 g olarak, her ikisi de Kümbet populasyonunda kaydedilmiştir. Varyans analizi ile, KTA bakımından populasyonlar arasında anlamlı farklılıkların bulunmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 23. Populasyonlara bağlı olarak kök taze ağırlığına ait sonuçlar

Populasyon	Ort. KTA (g)	Standart Hata	Min. KTA (g)	Mak. KTA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	9,51	0,55	5,35	14,32	1,989	0,123
Çaykara	8,97	0,68	5,22	19,50		
Vakfıkebir	9,27	0,61	6,01	14,77		
Kümbet	11,38	1,11	4,24	25,67		
Ortalama	9,78	0,39	4,24	25,67		

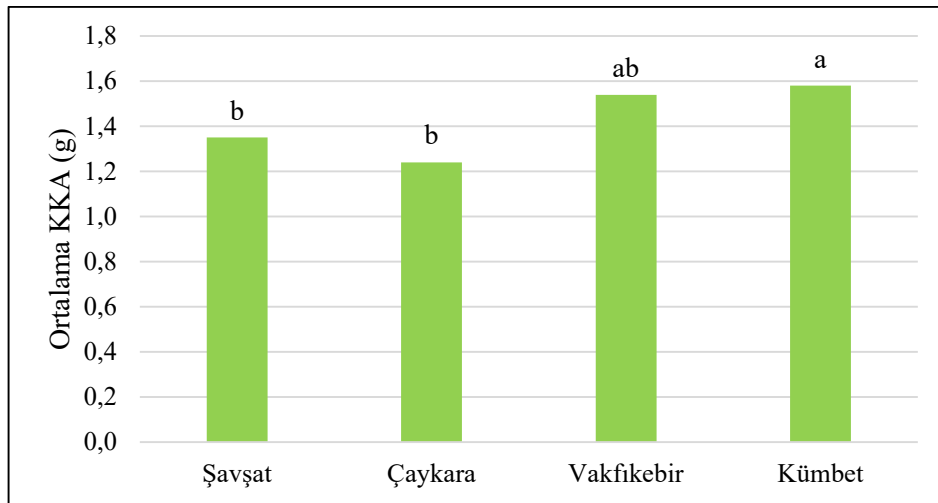
3.3.6. Kök Kuru Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular

Kök kuru ağırlığı ile ilgili minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş ve varyans analizi ile populasyonlar arasındaki farkların anlamlılığı ortaya koyulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 24'te sunulmuş olup, KKA açısından populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ortaya konulmuştur.

Tablo 24. Populasyonlara bağlı olarak kök kuru ağırlığına ait sonuçlar

Populasyon	Ort. KKA (g)	Standart Hata	Min. KKA (g)	Mak. KKA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	3,46	0,23	1,60	4,81	3,309	0,025
Çaykara	3,13	0,25	1,69	7,06		
Vakfikebir	4,02	0,28	2,15	6,54		
Kümbet	4,38	0,43	1,72	9,57		
Ortalama	3,75	0,16	1,60	9,57		

Populasyonlar arasında en düşük ortalama kök kuru ağırlığı (KKA) 3,13 g ile Çaykara populasyonunda, en yüksek ise 4,38 g ile Kümbet populasyonunda elde edilmiştir. Tüm populasyonların ortalama KKA değeri 3,75 g olarak belirlenmiştir. Minimum KKA 1,60 g ile Şavşat populasyonunda, maksimum KKA ise 9,57 g ile Kümbet populasyonunda kaydedilmiştir. Varyans analizi ile KKA açısından populasyonlar arasında 0,01 önem düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunduğu ortaya koyulmuştur (Tablo 49).



Şekil 19. Populasyonlara bağlı olarak kök kuru ağırlığına ait Duncan testi sonucu

Duncan testi sonucunda populasyonlar üç farklı gruba ayrılmıştır. En yüksek KKA değerine sahip olan Kümbet populasyonu birinci grupta, Vakfıkebir populasyonu ikinci grupta, diğer tüm populasyonlar ise son grupta yer almıştır (Şekil 19).

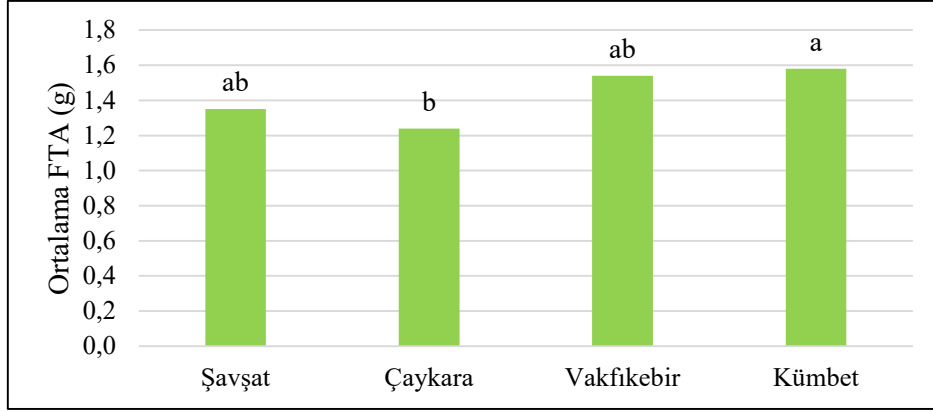
3.3.7. Fidan Taze Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular

Fidan taze ağırlığına ait minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 25'de sunulmuştur. En düşük ortalama FTA 18,23 g ile Çaykara populasyonunda, en yüksek ise 26,51 g ile Kümbet populasyonunda tespit edilmiştir. Tüm populasyonların ortalama FTA değeri 22,37 g olarak belirlenmiştir. Minimum FTA değeri 9,45 g ile Şavşat populasyonunda, maksimum FTA ise 55,31 g ile Kümbet populasyonunda kaydedilmiştir. FTA değerleri bakımından populasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların tespiti varyans analizi ile incelenmiştir. Varyans analizi sonucunda, fidan taze ağırlığı bakımından populasyonlar arasında 0,05 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo 25).

Tablo 25. Populasyonlara ait fidan taze ağırlığına ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. FTA (g)	Standart Hata	Min. FTA (g)	Mak. FTA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	20,79	1,51	9,45	32,02	3,504	0,019
Çaykara	18,23	1,55	9,73	42,40		
Vakfıkebir	23,95	1,86	12,38	43,95		
Kümbet	26,51	2,61	13,60	55,31		
Ortalama	22,37	1,01	9,45	55,31		

Duncan testi sonucunda populasyonlar üç farklı gruba ayrılmıştır. En yüksek FTA değerine sahip Kümbet populasyonu birinci grubu oluştururken, Vakfıkebir ve Şavşat populasyonları ikinci grupta yer almıştır. Çaykara populasyonu ise en düşük FTA değerine sahip üçüncü grubu oluşturmuştur (Şekil 20).



Şekil 20. Populasyonlara bağlı olarak fidan taze ağırlığına ait Duncan testi sonucu

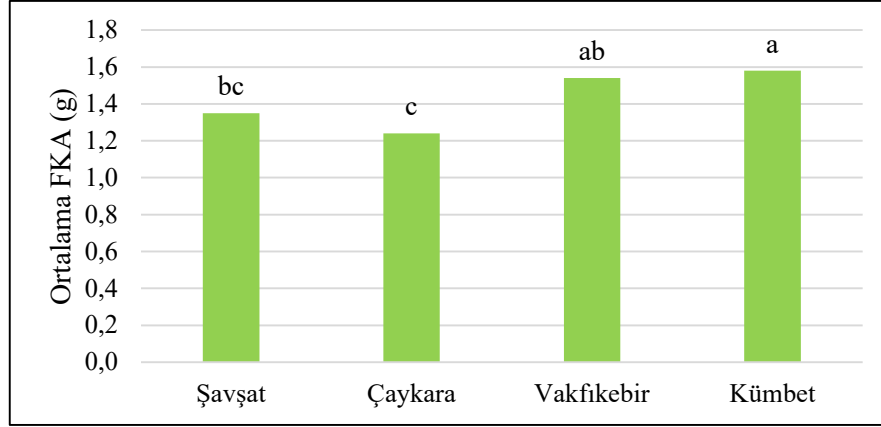
3.3.8. Fidan Kuru Ağırlığı Değerlerine İlişkin Bulgular

Fidan kuru ağırlığına ilişkin minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş ve populasyonlara bağlı olarak meydana gelen farklılıkların anlamlılığı varyans analizi ile incelenmiştir. Sonuçlar Tablo 26'da gösterilmiştir. Tabloya göre, en düşük ortalama FKA 7,05 g ile Çaykara populasyonunda, en yüksek ise 11,05 g ile Kümbet populasyonunda tespit edilmiştir. Tüm populasyonların ortalama FKA değeri 9,16 g olarak hesaplanmıştır. En yüksek FKA değeri 23,10 g ile Kümbet populasyonunda, en düşük FKA değeri ise 3,38 g ile Şavşat populasyonunda tespit edilmiştir. Varyans analizi sonucunda, populasyonlar arasında ortalama FKA değerleri açısından %99 güven düzeyinde anlamlı farklar bulunduğu belirlenmiştir.

Tablo 26. Populasyonlara bağlı olarak fidan kuru ağırlığına ait sonuçlar

Populasyon	Ort. FKA (g)	Standart Hata	Min. FKA (g)	Mak. FKA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	8,24	0,65	3,38	13,22	5,064	0,003
Çaykara	7,05	0,61	3,53	16,21		
Vakfıkebir	10,29	0,81	4,97	19,08		
Kümbet	11,05	1,10	5,60	23,10		
Ortalama	9,16	0,44	3,38	23,10		

Duncan testi sonucunda populasyonlar dört farklı gruba ayrılmıştır. En yüksek FKA değerine sahip Kümbet populasyonu birinci gruba, Vakfıkebir populasyonu ikinci gruba, Şavşat populasyonu üçüncü gruba oluştururken, en düşük FKA değerlerine sahip Çaykara populasyonu son gruba meydana getirmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Populasyonlara bağlı olarak fidan kuru ağırlığına ait Duncan testi sonucu

3.3.9. En Uzun Kök Boyu Değerlerine İlişkin Bulgular

En uzun kök boyuna (EUKB) ait minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş ve populasyonlara bağlı olarak meydana gelen değişimlerin anlamlılığı varyans analizi ile belirlenmiştir. Bu bağlamda, en düşük ortalama EUKB 21,72 cm ile Vakfıkebir populasyonunda, en yüksek ise 26,57 cm ile Kümbet populasyonunda tespit edilmiştir. Tüm populasyonların ortalama EUKB değeri 24,08 cm olarak belirlenmiştir. En yüksek EUKB Kümbet populasyonunda 45,8 cm, en düşük EUKB ise yine Kümbet populasyonunda 13,5 cm olarak kaydedilmiştir. Varyans analizi ile EUKB açısından populasyonlar arasındaki farkların anlamlı olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 27).

Tablo 27. Populasyonlara bağlı olarak EUKB'ye ait sonuçlar

Populasyon	Ort. EUKB (cm)	Standart Hata	Min. EUKB (cm)	Mak. EUKB (cm)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	24,29	0,99	16,9	32,3	2,134	0,103
Çaykara	23,73	1,10	16,8	34,4		
Vakfıkebir	21,72	1,01	13,6	28,3		
Kümbet	26,57	2,06	13,5	45,8		
Ortalama	24,08	0,70	13,5	45,8		

3.3.10. Ana Kök Sayısı Değerlerine İlişkin Bulgular

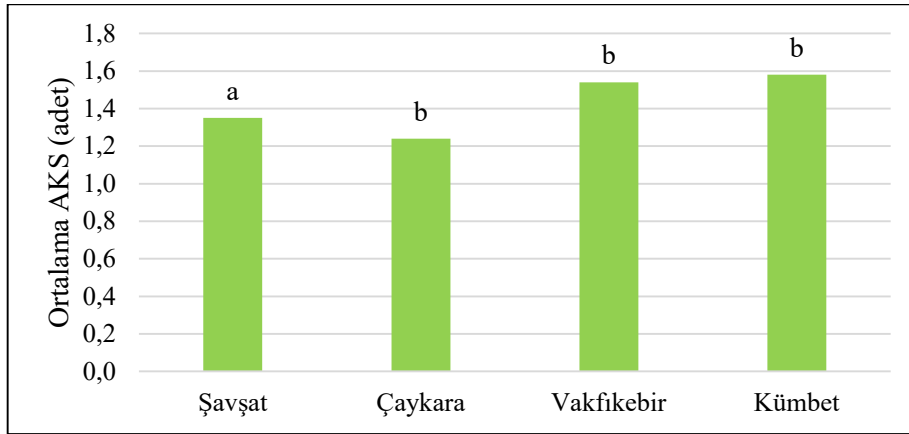
Ana kök sayısına ait minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş ve populasyonlara bağlı olarak meydana gelen değişimlerin anlamlılığı varyans analizi ile

ortaya koyulmuştur (Tablo 28). Bu doğrultuda, en düşük ortalama ana kök sayısı Kümbet popülasyonunda 6,20 adet olarak kaydedilmiş, en yüksek ortalama ana kök sayısı ise Şavşat popülasyonunda 8,30 adet olarak tespit edilmiştir. Tüm popülasyonların ortalama ana kök sayısı ise 6,95 adet olarak belirlenmiştir. Ayrıca, maksimum ana kök sayısı Şavşat popülasyonunda 11 adet olarak ölçülürken, minimum ana kök sayısı Vakfikebir ve Kümbet popülasyonlarında 4 adet olarak saptanmıştır.

Tablo 28. Popülasyonlara bağlı olarak AKS'ye ait sonuçlar

Popülasyon	Ort. AKS (adet)	Standart Hata	Min. AKS (adet)	Mak. AKS (adet)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	8,30	0,28	6	11	7,049	0,000
Çaykara	6,80	0,36	5	10		
Vakfikebir	6,50	0,37	4	10		
Kümbet	6,20	0,38	4	10		
Ortalama	6,95	0,19	4	11		

Varyans analizi sonucunda popülasyonlar arasında 0,01 önem düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonucunda iki farklı grubun meydana gelmiştir. Şavşat popülasyonu tek başına yer alırken, diğer popülasyonlar diğer grubu oluşturmuştur (Şekil 22).



Şekil 22. Popülasyonlara bağlı olarak AKS'ye ait sonuçları gösteren histogram

3.3.11. Kök Yüzdesi Değerlerine İlişkin Bulgular

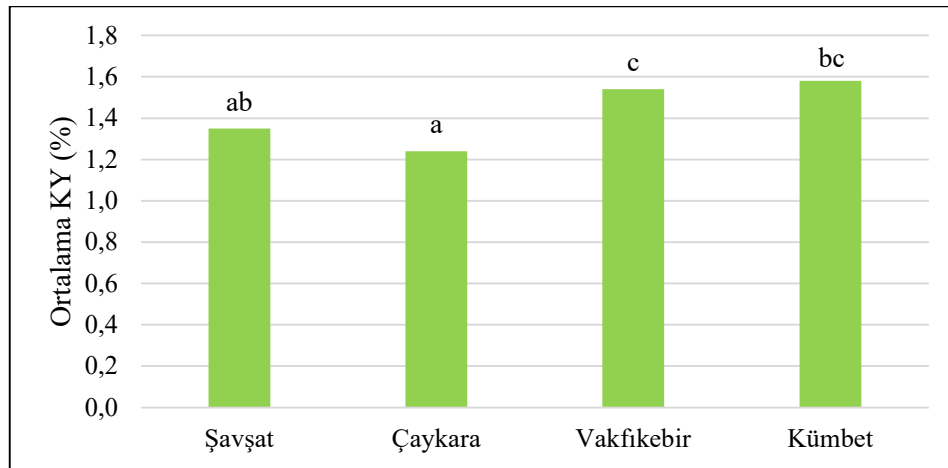
Kök yüzdesine ait minimum, maksimum ve ortalama değerler hesaplanmış ve popülasyonlara bağlı olarak meydana gelen değişimlerin anlamlılığı varyans analizi ile

değerlendirilmiştir (Tablo 29). Populasyonlar arasında kök yüzdesi bakımından en yüksek ortalama %44,80 ile Çaykara populasyonunda, en düşük ise %39,77 ile Vakfıkebir populasyonunda belirlenmiştir. Tüm populasyonların ortalama kök yüzdesi %41,90 olarak kaydedilmiştir. Maksimum kök yüzdesi %50,54 ile Şavşat populasyonunda, minimum ise %23,89 ile Kümbet populasyonunda elde edilmiştir.

Tablo 29. Populasyonlara bağlı olarak kök yüzdesine ait sonuçlar

Populasyon	Ort. KY (%)	Standart Hata	Min. KY (%)	Mak. KY (%)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	43,03	1,09	32,45	50,54	5,012	0,003
Çaykara	44,80	0,68	39,70	49,64		
Vakfıkebir	39,77	0,90	31,55	49,13		
Kümbet	40,02	1,50	23,89	49,45		
Ortalama	41,90	0,58	23,89	50,54		

Varyans analizi ile populasyonların kök yüzdeleri arasındaki farkların %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı incelenmiş ve anlamlı farklılıkların bulunduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$) (Tablo 54). Bu farkların belirlenmesinden sonra, populasyonların nasıl gruplandırıldığını ortaya koymak amacıyla Duncan testi uygulanmış ve sonuçlar Şekil 23'de gösterilmiştir. Duncan testi sonucunda, en düşük kök yüzdesine sahip Çaykara populasyonu son grubu oluştururken, Şavşat populasyonu üçüncü grupta, Vakfıkebir populasyonu ikinci grupta yer almıştır. En yüksek kök yüzdesine sahip Kümbet populasyonu ise birinci grubu oluşturmuştur.



Şekil 23. Populasyonlara bağlı olarak kök yüzdesine ait Duncan testi sonucu

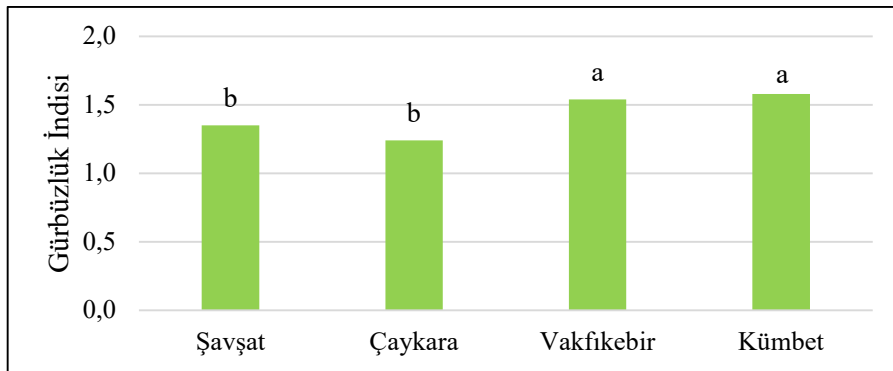
3.3.12. Gürbüzlük İndisi Değerlerine İlişkin Bulgular

Gürbüzlük indisine ait minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş ve populusyonlara bağlı olarak meydana gelen değişimlerin anlamlılığı varyans analizi ile incelenmiştir (Tablo 30). Populusyonlar arasında en düşük ortalama Gİ 28,02 ile aykara populusyonunda, en yüksek ortalama Gİ ise 33,37 ile Vakfikebir populusyonunda tespit edilmiştir. Tüm populusyonların ortalama Gİ değeri 30,98 olarak belirlenmiştir. Maksimum Gİ 44,59 ile Vakfikebir populusyonunda, minimum Gİ ise 16,69 ile şavşat populusyonunda kaydedilmiştir.

Tablo 30. Populusyonlara bağlı olarak gürbüzlük indisine ait sonuçlar

Populusyon	Ort. Gİ	Standart Hata	Min. Gİ	Mak. Gİ	F değeri	önem Düzeyi (p)
şavşat	29,68	1,10	16,69	38,38	7,572	0,000
Çaykara	28,02	0,87	19,51	34,23		
Vakfikebir	33,37	0,96	26,92	44,59		
Kümbet	32,86	0,75	27,75	38,35		
Ortalama	30,98	0,52	16,69	44,59		

Varyans analizi sonucunda, gürbüzlük indisi açısından populusyonlar arasında 0,01 önem düzeyinde anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 55). Bu anlamlı farklılıkların belirlenmesinin ardından, populusyonların hangi gruplarda yer aldığını belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmış ve sonuçlar şekil 24'te gösterilmiştir. Duncan testi sonucunda, en düşük değerlere sahip şavşat ve aykara populusyonları ikinci ve son grubu oluştururken, en yüksek değerlere sahip Kümbet ve Vakfikebir populusyonları birinci grupta yer almıştır.



şekil 24. Populusyonlara bağlı olarak gürbüzlük indisine ait Duncan testi sonucu

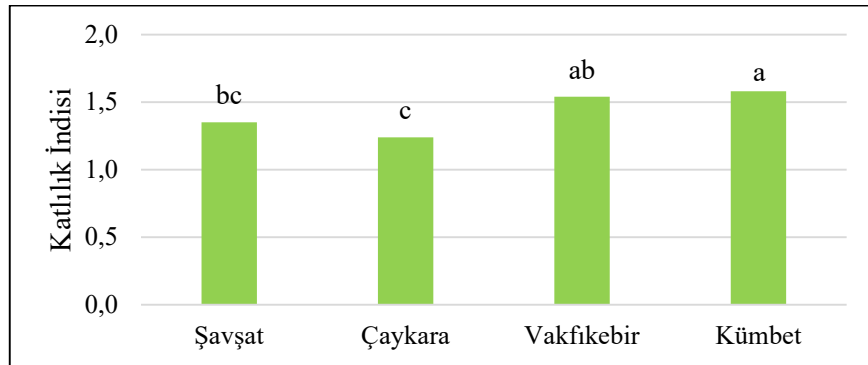
3.3.13. Katlılık İndisi Değerlerine İlişkin Bulgular

Katlılık indisine ait minimum, maksimum ve ortalama değerler tespit edilmiş ve populasyonlara bağlı olarak meydana gelen değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı varyans analizi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 31'de sunulmuştur. Tabloya göre, en düşük ortalama Kİ 1,24 ile Çaykara populasyonunda, en yüksek ortalama Kİ ise 1,58 ile Kümbet populasyonunda tespit edilmiştir. Tüm populasyonların ortalama Kİ değeri 1,43 olarak belirlenmiştir. En yüksek Kİ Kümbet populasyonunda 3,19, en düşük Kİ ise Şavşat populasyonunda 0,98 olarak kaydedilmiştir.

Tablo 31. Populasyonlara bağlı olarak katlılık indisine ait sonuçlar

Populasyon	Ort. Kİ	Standart Hata	Min. Kİ	Mak. Kİ	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	1,35	0,06	,98	2,08	4,355	0,007
Çaykara	1,24	0,03	1,01	1,52		
Vakfikebir	1,54	0,06	1,04	2,17		
Kümbet	1,58	0,12	1,02	3,19		
Ortalama	1,43	0,04	,98	3,19		

Varyans analizi sonucu, katlılık indisi açısından populasyonlar arasındaki farklılıkların 0,01 önem düzeyinde anlamlı olduğunu ortaya koymuştur ($p < 0,01$). Bu bulguların ardından, populasyonların hangi grupları oluşturduğunu belirlemek için Duncan testi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Şekil 25'te sunulmuştur. Duncan testi sonuçları, populasyonları dört farklı gruba ayırmıştır. En düşük değere sahip olan Çaykara populasyonu dördüncü grubu, Şavşat populasyonu üçüncü grubu, Vakfikebir populasyonu ikinci grubu oluştururken, en yüksek değere sahip Kümbet populasyonu ise birinci grubu meydana getirmiştir.



Şekil 25. Populasyonlara bağlı olarak katlılık indisine ait Duncan testi sonucu

3.3.14. Dickson Kalite İndeksi Değerlerine İlişkin Bulgular

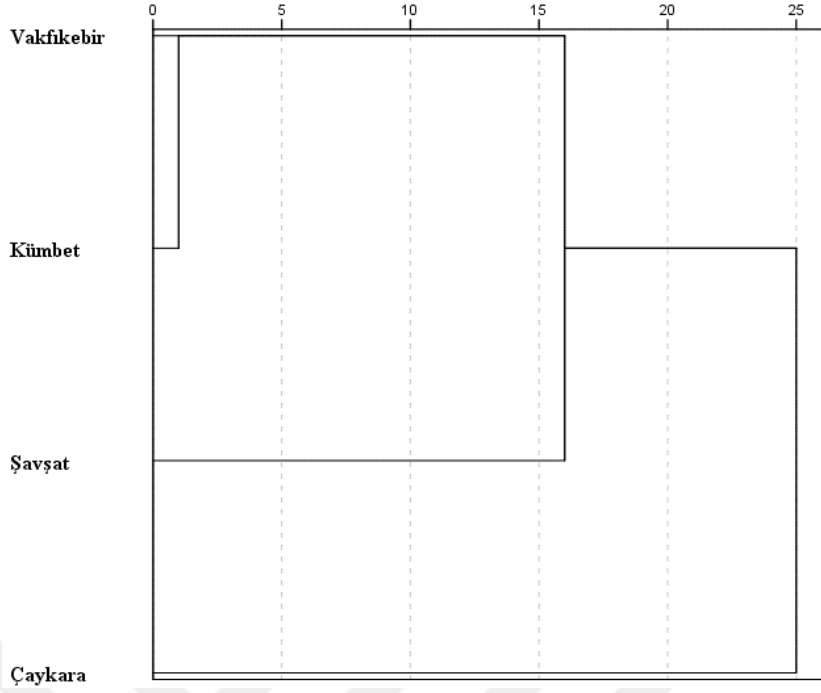
Dickson kalite indeksi (DKİ) değerleri populasyonlara göre ortalama, maksimum ve minimum düzeylerde hesaplanmış, bu değerler arasındaki farkların istatistiksel anlamlılığı varyans analiziyle incelenmiştir. Analiz sonuçları Tablo 32'de yer almaktadır. Kümbet populasyonu en yüksek ortalama DKİ değeri olan 0,33 ile öne çıkarken, Şavşat populasyonu 0,28 ortalama DKİ ile en düşük değeri göstermiştir. Populasyonların genel DKİ ortalaması ise 0,29 olarak belirlenmiştir. En yüksek DKİ değeri 0,76 ile Kümbet populasyonunda, en düşük DKİ ise 0,09 ile Şavşat populasyonunda kaydedilmiştir. Ancak varyans analizi sonuçlarına göre, populasyonlar arasında DKİ açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Tablo 32).

Tablo 32. Populasyonlara ait Dickson kalite indeksine ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. DKİ	Standart Hata	Min. DKİ	Mak. DKİ	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Şavşat	0,28	0,03	0,09	0,70	1,388	0,253
Çaykara	0,25	0,02	0,10	0,54		
Vakfikebir	0,30	0,03	0,13	0,66		
Kümbet	0,33	0,04	0,15	0,76		
Ortalama	0,29	0,02	0,09	0,76		

3.4. Ayırma ve Kümeleme Analizine İlişkin Bulgular

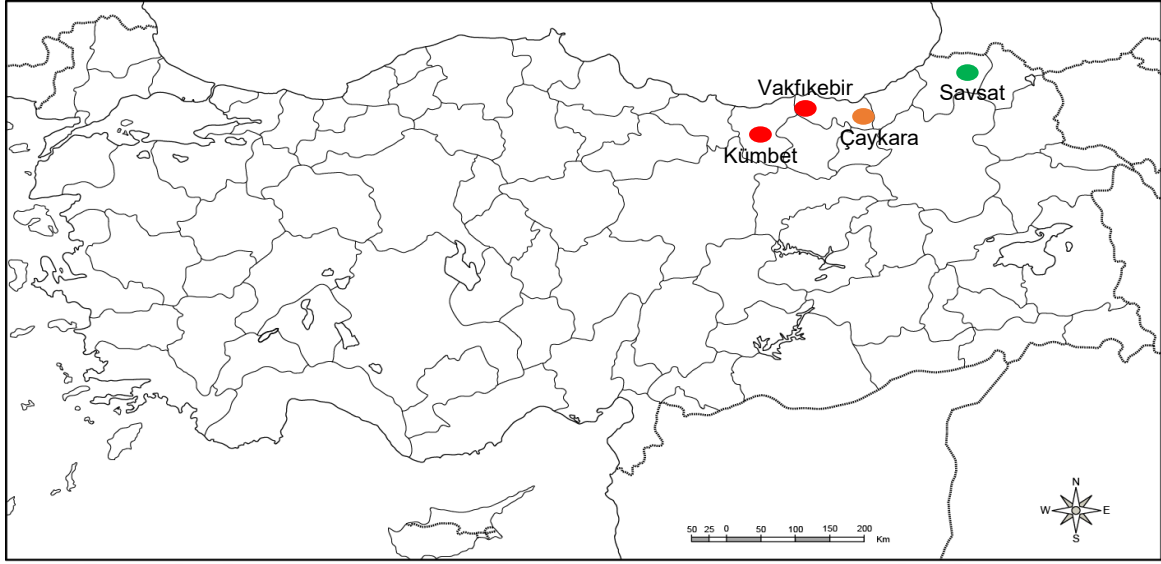
Bu çalışma kapsamında, ölçülen morfolojik, biyokimyasal ve fizyolojik özellikler birlikte değerlendirilerek, populasyonlar arasındaki gruplar hiyerarşik kümeleme analizi ile belirlenmiştir. Oluşan grupların anlamlılığı, ayırma analizi ile test edilmiştir. Kümeleme analizi ile elde edilen gruplar Şekil 26'da sunulmuştur.



Şekil 26. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucu meydana gelen gruplar

Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda populasyonlar arasında oluşan grupların, ayırma analizi ile değerlendirildiğinde, iki grup arasında anlamlı bir ayrım olduğu ve bu ayrımın istatistiksel olarak önem düzeyinin 0,05'ten küçük olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, iki gruptan daha fazla gruptandırmanın anlamlı olmadığı ve bu şekilde daha fazla alt gruba ayırmanın uygun görülmediği sonucuna varılmıştır. Şavşat, Vakfikebir ve Kümbet populasyonları bir grupta yer alırken, Çaykara populasyonu ise tek başına bir grup olmuştur.

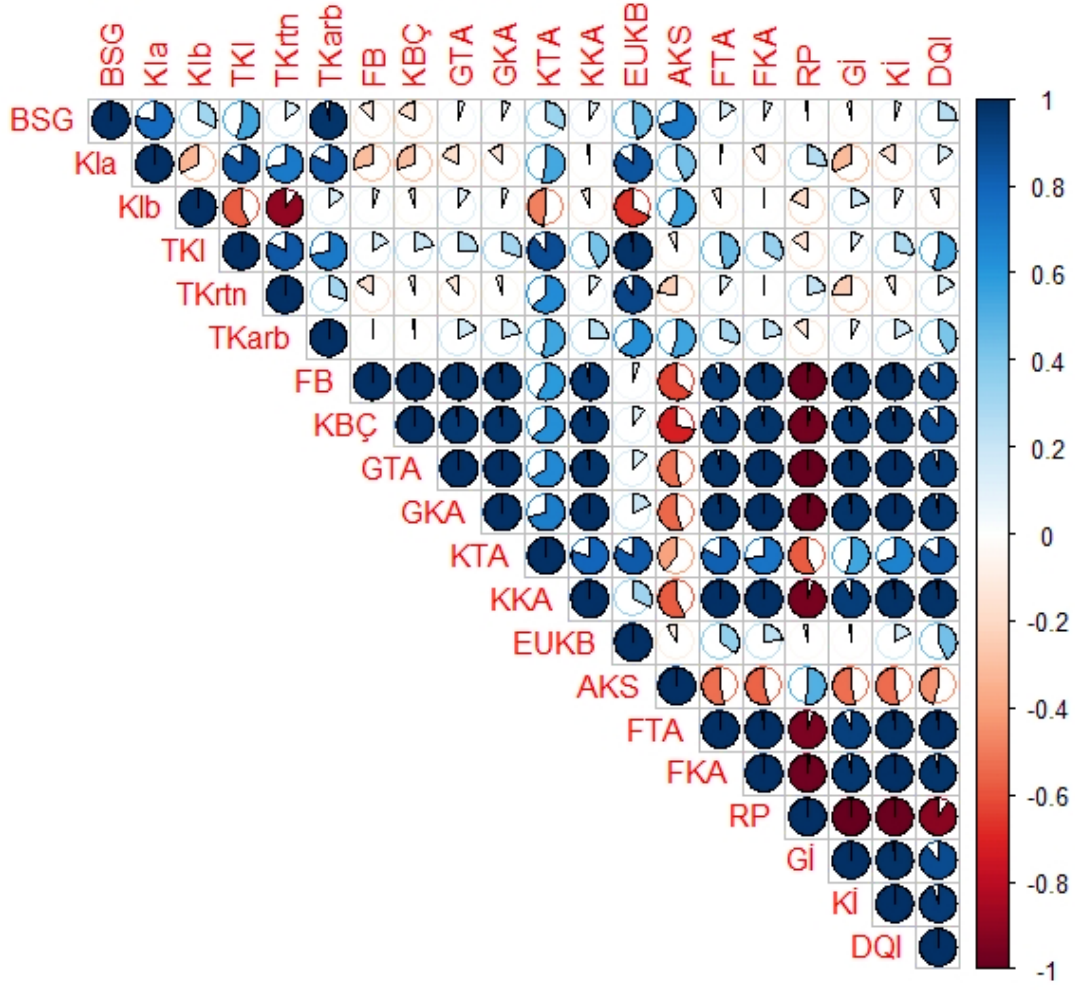
Kümeleme analizi sonucunda, ölçülen tüm parametrelere bağlı olarak iki grup arasındaki ayrımın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ancak, potansiyel olarak oluşabilecek diğer gruplar da değerlendirilmiş ve bu gruplar Şekil 27'de görsel olarak sunulmuştur. Bu ek gruplar, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, analiz sürecinde dikkate alınan verilerin çeşitliliği nedeniyle incelemeye dâhil edilmiştir. Kümbet ve Vakfikebir populasyonları ilk grupta yer alırken, Çaykara ve Şavşat populasyonları ise tek başlarına grup meydana getirmişlerdir.



Şekil 27. Hiyerarşik kümeleme analizi ile elde edilen grupların coğrafi dağılımı

3.5. Korelasyon Analizine İlişkin Bulgular

Fidanların morfolojik özellikleri ile kuraklık stresine maruz kalan fidanların fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen korelasyon analizinin bulguları, Şekil 28'de detaylandırılmıştır. Bu analizde, ölçülen parametreler arasındaki ilişkiler renk skalası ve pasta dilimi grafikleri kullanılarak görselleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, bitki su gerilimi (BSG) ile klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarları gibi parametreler arasında pozitif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kuraklık stresinin belirleyici bir unsuru olan toplam karbonhidrat miktarının morfolojik özelliklerle ilişkisi incelendiğinde, kök yüzdesi ile negatif bir korelasyon, Dickson kalite indeksi ile ise pozitif bir ilişki olduğu görülmüştür. Diğer birçok morfolojik parametre de pozitif yönde ilişkilendirilmiştir. Sonuçlar, analiz edilen birçok parametrenin birbirleriyle hem pozitif hem de negatif yönlerde güçlü bağlantılar kurduğunu göstermektedir (Şekil 28). Bu bulgular ışığında, fidanların kuraklık stresine verdikleri fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler ile morfolojik yapıları arasında güçlü ve anlamlı ilişkiler olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 28. Ölçülen tüm parametrelere ilişkin korelasyon analizi sonucu

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Su eksikliği ya da yetersiz su koşullarında oluşan kuraklık stresi, bitkilerin bazı morfolojik, biyokimyasal, moleküler ve fizyolojik parametrelerinin değişmesine yol açmaktadır. Bu çalışmada, düzenli sulanan (kontrol) ve kuraklık stresine tabi tutulan doğu ladini fidanlarının bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri incelenmiş, türün kuraklığa karşı tepkileri ile popülasyonlara bağlı olarak değişen reaksiyonlar ortaya konulmuştur. Bu çerçevede, doğu ladini fidanlarında şafak öncesi bitki su potansiyeli, toprak sıcaklığı ve nem oranı, fotosentetik pigment içerikleri ve toplam çözünebilir şeker seviyeleri tespit edilmiştir. Ayrıca, dört yaşındaki doğu ladini fidanlarının çeşitli morfolojik özellikleri ölçülmüş ve popülasyonların kuraklık stresine tepkileri ile morfolojik özellikler arasındaki bağlantılar değerlendirilmiştir.

4.1. Bitki Su Gerilimi, Toprak Sıcaklığı ve Nemine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Bitkilerde su miktarı, başlıca terleme ve su alım hızları ile düzenlenir (Bozcuk, 1997). Bu nedenle bitki su gerilimi, fidanın su alma kapasitesine, toprağın nem düzeyine, atmosferdeki buharlaşma koşullarına (sıcaklık, nem gibi faktörler) ve stomaların kapanarak nem kaybını kontrol etme yeteneğine bağlı olarak değişir (Kaçar vd., 2009). Bitkiler kökleri aracılığıyla topraktan su alır, aynı zamanda suyun bir kısmını yaprak ve diğer toprak üstü organlarıyla kaybederler (Kozlowski vd., 1991). Gündüz saatlerinde stomalar açıkken, çevredeki düşük nem oranı yapraklardan suyun buharlaşmasına neden olur. Su alımı ile terleme arasında meydana gelen bu dengesizlik, bitki su geriliminde artışa yol açar (Ritchie ve Landis, 2005). Şafak öncesinde bitki su geriliminin en düşük seviyelere ulaştığı bilinmektedir (Cleary ve Zaerr, 1984). Araştırmalara göre, bitki gelişimi için ideal su gerilimi değerlerinin 5-12 bar arasında olması gerektiği ve 12 barın üzerindeki değerlerin bitkinin sulamaya ihtiyaç duyduğunu gösterdiği vurgulanmıştır (Lopushinsky, 1990). Ritchie ve Landis (2005), bitki su gerilimini düşük (0 bar), orta (10 bar) ve yüksek (25 bar) seviyelerde sınıflandırmıştır. Konifer fidanları üzerinde yapılan bir çalışmada, şafak öncesi su gerilimi değerlerine göre bitkilerin stres seviyeleri; 0-5 bar hafif, 5-10 bar orta, 10-15 bar yüksek, 15-25 bar şiddetli ve 25 barın üzeri aşırı stres olarak ifade edilmiştir (Landis vd., 1989'e atfen Yahyaoğlu ve Genç, 2007).

Kuraklık stresine maruz kalan populasyonlara ait fidanların ortalama BSG değerleri, hem stres denemesi süresince hem de populasyonlar arasında belirgin farklılıklar göstermiştir. Deneme boyunca, farklı populasyonlardaki fidanların su gerilimi değerleri birbirinden ayrılmış, bu farklılıklar kuraklık süresi uzadıkça daha da belirgin hale gelmiştir. Populasyonlar arasındaki bu farklılıklar, fidanların kuraklık stresine karşı verdikleri fizyolojik yanıtların çeşitliliğini ortaya koymuş ve kuraklık koşullarına karşı direnç seviyelerinin populasyona göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Kuraklık stresi denemesinin başında, en düşük ortalama BSG değeri Vakfıkebir populasyonunda 4,67 bar olarak kaydedilmiş, denemenin 20. gününde ise kuraklık stresine maruz kalan fidanlarda en yüksek ortalama BSG miktarı Kümbet populasyonunda 36,20 bar olarak saptanmıştır. Kontrol grubundaki populasyonlarda ise ortalama BSG değerleri 1,43 bar (Çaykara populasyonu, 5. gün) ile 5,47 bar (Çaykara populasyonu, 10. gün) arasında değişim göstermiştir. Ayrıca, tüm populasyonlarda kuraklık stresinin 10. gününden itibaren ortalama BSG değerleri 10 bar'ı aşmış ve fidanlarda sararmalar başlamıştır. 15. gün itibarıyla, Şavşat ve Kümbet populasyonlarında BSG değerleri 20 bar'ı geçmiş ve fidanların çoğunda kurumalar meydana gelmiştir. Şavşat, Çaykara, Vakfıkebir ve Kümbet populasyonlarında, kuraklık stresinin 20. gününde ortalama BSG değerlerinin 30 bar'ı geçtiği, Çaykara populasyonu dışındaki diğer populasyonlardaki fidanların büyük çoğunluğunun kuruduğu gözlenmiştir.

Picea orientalis üzerine yapılan araştırmalar, Türkiye'nin Karadeniz bölgesine özgü bu türün iklim değişikliğine karşı hassasiyetini vurgulamaktadır. Modelleme çalışmaları, kuraklıkların 2100 yılına kadar bu türün dağılımını ciddi şekilde etkileyeceğini ve ekolojik rolü ile hayatta kalma şansını azaltacağını göstermektedir. Habitatındaki artan kuraklık şiddeti ve yükselen sıcaklıkların, yayılış alanını kısıtlayarak kuraklıktan zayıflayan ağaçlara zarar veren kabuk böcekleri gibi zararlılara karşı savunmasız hale getireceği vurgulanmaktadır (Acarer, 2024).

Kuraklık stresi altındaki *Quercus cerris* fidanlarının fizyolojik değişimlerini inceleyen bir çalışmada, deneme süresince (0, 7, 14, 21 ve 30. günlerde) ksilem su potansiyeli değerleri 08.00-08.30 saatleri arasında ölçülmüştür. Araştırmanın başında -0.84 MPa olan ksilem su potansiyeli, deneme boyunca giderek azalarak 30. gün sonunda -1.73 MPa seviyesine düşmüştür. Kontrol grubu fidanlarının su potansiyel değerleri ise daha stabil kalmış, -0.56 MPa ile -1.01 MPa arasında değişmiştir. Bu sonuçlar, kuraklık stresinin fidanlarda belirgin bir su kaybına neden olduğunu ve bu durumun fizyolojik değişiklikler oluşturduğunu ortaya

koymaktadır (Deligöz ve Bayar, 2017). Benzer şekilde, Thomas ve Gausling (2000), *Quercus robur* ve *Quercus petraea* fidanlarında orta dereceli kuraklık stresinin yaprak su potansiyellerini belirgin ölçüde azalttığını bildirmiştir. Wu vd. (2013), *Quercus variabilis* üzerinde yaptıkları bir çalışmada, kuraklık arttıkça yaprak su potansiyellerinin düştüğünü kaydetmişlerdir. Ayrıca, Balok ve Hilaire (2002), *Fraxinus velutin* ve *Quercus lobata* türleri üzerindeki araştırmalarında, gün ortası su potansiyellerinin kuraklık stresine maruz kalan fidanların kontrol grubuna kıyasla daha negatif olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Atta vd. (2012) *Acacia ehrenbergiana* ve *Acacia tortilis* üzerinde yaptıkları çalışmada da, su stresinin yaprak su potansiyeli ile sürgün boyu ve çapında azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Tüm bu bulgular, araştırmamızda da benzer sonuçlara ulaşıldığını ve kuraklık stresi boyunca ksilem su potansiyelinin önemli ölçüde azaldığını göstermektedir.

Kulaç (2010) tarafından *Pinus sylvestris* L. fidanlarında yürütülen bir çalışmada kuraklık stresinin fidanların bazı morfolojik ve fizyolojik özellikler üzerindeki etkilerini incelemiş ve çalışmasında 10 farklı tohum meşcerelerinden elde edilen fidanların BSG değerlerinin önemli farklılıklar gösterdiğini belirtmiştir. Yin vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada ise, farklı yüksekliklerden alınan kavakların su stresine karşı dayanıklılıkları araştırılmış ve yüksek rakımlarda yetişen kavakların, alçak rakımdakilere kıyasla daha dayanıklı oldukları tespit edilmiştir. Aranda vd. (2005), *Fagus sylvatica* L. ve *Quercus petraea* Matt. türlerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, şafak öncesi yaprak su potansiyeli değerlerinin temmuz ayına kadar yüksek olduğunu ve ağustos ayında bu değerlerin azalarak eylül ortasında en düşük seviyeye ulaştığını rapor etmişlerdir. Bir başka çalışmada Çalikoğlu ve Tilki (2004), *Quercus libani* ve *Quercus frainetto* fidanlarının su potansiyeli değerlerini ölçmüş ve Lübnan meşesinin stomalarını, Macar meşesine kıyasla daha yüksek su potansiyeli seviyesinde ve daha erken kapattığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Dirik (2000) tarafından *Pinus brutia* fidanları üzerinde yapılan bir çalışmada, farklı biyoiklim kuşaklarından gelen orijinlerin ozmotik potansiyel değerlerinin, doğal ortamlarının iklim özellikleri ile anlamlı ilişkiler gösterdiği ve en kurak bölgelerden gelen orijinlerin en düşük ozmotik potansiyel değerlerine sahip olduğu ortaya konulmuştur. Stöhr ve Lösch (2004) ise *Fraxinus excelsior* fidanlarında kuraklık stresi sonrasında gövde su iletiminin azaldığını ve stomal geçirgenlikteki azalmanın devam ettiğini gözlemlemişlerdir.

BSG değerlerinin 10 barın altında kaldığı durumlarda, fidanların fotosentez ve terleme gibi hayati fonksiyonları için yeterli suyu aldığı, metabolik faaliyetlerini sorunsuz bir şekilde gerçekleştirdiği ifade edilmektedir. Ancak, BSG 20 barı aştığında, fidanların metabolik

işlevlerinde ciddi aksamalar meydana gelmekte ve bu durum büyüme süreçlerini olumsuz etkilemektedir (Yahyaoğlu ve Genç, 2007; Cleary ve Greaves, 1984). Özellikle şafak öncesi 20 bar civarındaki BSG değerleri, bitkiler açısından kritik bir eşik olarak kabul edilir. Su potansiyelindeki bu dramatik düşüşler genellikle toprak su stresinin kademeli olarak artmasının bir sonucudur. Şafak öncesi su potansiyelinin -20 bar seviyesine ulaşması fidan ölümlerine her zaman neden olmasa da, gün içerisinde stomaların açılmasını engelleyebilir, fotosentez hızını yavaşlatabilir ve büyüme süreçlerini durdurabilir (Lopushinsky, 1990). Araştırmalar, kuraklık stresinin 10. gününden itibaren BSG değerlerinin 10 barı aştığını ve fidanların yapraklarında sararma ve kuruma belirtilerinin başladığını, 20. gün itibarıyla ise bu değerlerin 30 barın üzerine çıkarak fidanların büyük kısmının kurumalar yaşadığını göstermektedir. Çaykara popülasyonunun 20. gün sonunda diğer popülasyonlara kıyasla daha düşük BSG değerine sahip olduğu ve diğer popülasyonlara nazaran kuraklık toleranslarının daha yüksek olduğu söylenebilir. Şavşat ve Kümbet popülasyonlarının ise kuraklık stresi uygulamasının 15. gününde ortalama bitki su gerilim değerlerinin 20 bar ve üzerinde tespit edilmiş, böylece diğer popülasyonlara nazaran su yetersizliğinden daha hızlı bir biçimde etkilenmiştir.

Çalışma süresince, şafak öncesi bitki su gerilim değerleri ölçülürken aynı zamanda fidanların bulunduğu toprakların sıcaklık ve nem değerleri de belirlenmiştir. Kontrol grubundaki toprak nem değerleri, düzenli sulamanın etkisiyle 5,25 ile 9,33 arasında değişmiştir. Kuraklık stresine maruz kalan fidanlarda ise 5. gün ölçümünde en yüksek ortalama toprak nemi 3,50 olarak belirlenmiş, 55. günde ise en düşük ortalama toprak nemi 1,00 seviyesine kadar düşmüştür. Kontrol grubundaki toprak nem değerleri düzenli sulama sayesinde birbirine yakın seyrederken, kuraklık stresine tabi tutulan fidanların toprak nemi kuraklık süresinin uzamasıyla sürekli olarak azalmıştır.

Quercus ilex ve *Phillyrea latifolia* üzerinde yapılan bir çalışmada, sürgün su ilişkilerindeki mevsimsel değişimlere bağlı olarak toprak nemi ve şafak öncesi bitki su gerilimleri arasında güçlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, toprak su içeriğindeki artışın, hem şafak öncesi hem de gün ortası bitki su potansiyeli değerlerinde yükselmeye neden olduğu belirtilmiştir (Serrano vd., 2005). Knops ve Koenig (2001) ise, *Q. agrifolia*, *Q. douglasii* ve *Quercus lobata* türlerinde altı yıl boyunca şafak öncesi, gün ortası ve gece ksilem su potansiyellerini incelemişlerdir. Bu çalışmada, şafak öncesi ksilem su potansiyeli değerlerinin, toprak nemi kullanımını tahmin etmek için oldukça etkili bir gösterge olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Toprak sıcaklığı üzerine yapılan varyans analizinde, ölçüm zamanı ve kuraklık stresinin toprak sıcaklıkları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu ($p<0,01$) tespit edilmiştir. Kontrollü sera koşullarında altında gerçekleştirilen kuraklık denemesinden dolayı, tüm toprak sıcaklık değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, çalışmada hedeflendiği gibi, deneme boyunca toprak ve ortam sıcaklıklarının kontrol grubunda ve kuraklık grubunda sabit tutulduğunu ve böylece sadece su eksikliğinin fidanlar üzerindeki etkilerinin izlenmesine olanak sağlandığını göstermektedir.

4.2. Fotosentetik Pigment ve Toplam Çözünebilir Karbonhidrat İçeriğine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Bitkilerin gelişim süreçlerine bağlı olarak fotosentetik pigmentlerde yıl içinde gözlemlenen değişiklikler, büyüme dönemi boyunca karşılaşılan çevresel ve fizyolojik etkenlerle yakından ilişkilidir. Pigment konsantrasyonlarının değişimi, özellikle toprak nemi ve ışık seviyesindeki dalgalanmalarla doğrudan bağlantılıdır (Matysiak, 2001). Klorofil gibi pigmentler, çevresel koşullara karşı oldukça duyarlı olup, özellikle su stresi ve ışık eksikliği gibi faktörler altında hızla farklılaşabilir (Lepeduš vd., 2003). Bununla birlikte, karotenoidlerin, fotosentez sürecinde ışığın zararlı etkilerinden bitkiyi koruma ve ışık enerjisinin etkin bir şekilde yakalanması konusunda önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir (Havaux, 1998). Bu pigmentlerin değişimi, bitkilerin çevresel baskılara uyum sağlama mekanizmalarını daha iyi anlamamıza olanak tanımaktadır. Özellikle fotosentetik membranların, ışığın neden olabileceği hasarlardan korunmasında karotenoidler önemli bir savunma mekanizması olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca bu pigmentlerin sadece savunma değil, aynı zamanda enerji toplama işlevi de büyüme koşullarına göre farklılık gösterebilir, bu da bitkilerin fizyolojik adaptasyonlarında kritik bir rol oynar.

Bu çalışmada, Doğu ladini fidanlarında kontrol grubundaki klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarının ölçüm zamanlarına göre dalgalı bir seyir izlediği gözlenmiştir. Sonuçlara göre, Vakfıkebir ve Kümbet populasyonlarında, ölçüm günleri ilerledikçe kuraklık grubundaki fidanların toplam klorofil miktarlarının genellikle daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle Şavşat ve Vakfıkebir populasyonlarında, kontrol ve kuraklık gruplarındaki toplam klorofil miktarlarının ölçüm günlerine göre önemli ölçüde değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Kuraklık stresi altında bitkilerde klorofil miktarının arttığına dair literatür bazı özel durumlarda bu artışın gerçekleştiğini göstermektedir. Örneğin, Vitis türleri

üzerinde yapılan bir çalışmada, kuraklık stresi altında gövde klorofil içeriğinin arttığı gözlemlenmiş ve bu artışın sebebinin, bitkilerin su kaybını önlemek için fotosentetik pigmentlerin üretimini artırarak kurak koşullara adapte olmaya çalıştığını şeklinde ifade edilmiştir (Rustioni ve Bianchi, 2021). Diğer bir çalışmada, bazı buğday türlerinde kuraklık stresinin başlangıç aşamalarında klorofil içeriğinde hafif bir artış gözlemlense de, uzun vadeli kuraklık stresinde klorofil içeriğinin azaldığı belirlenmiştir (Nikolaeva vd., 2010). Yapılan çalışmaların çoğunda ise kuraklık stresi ile birlikte bitkilerdeki klorofil miktarlarında azalmanın meydana geldiği bildirilmiştir. Kulaç (2010), *Pinus sylvestris* üzerinde yaptığı çalışmada, mayıs ile temmuz ayları arasındaki büyüme döneminde tüm sulama şekilleri altında ibrelerdeki klorofil miktarlarında genel bir azalma gözlemlendiğini belirtmiştir. Brett ve Singer (1973) tarafından yapılan *Juniperus* türlerine ilişkin çalışmada, su kaybı ve kuraklığa bağlı olarak klorofil pigmentlerinde azalma meydana geldiği kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Baquedano ve Castillo (2007), meşe türlerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, kuraklık stresinin etkisiyle klorofil miktarlarının önemli ölçüde azaldığını rapor etmişlerdir. Ashraf (2003) ise su stresi altında genellikle klorofil içeriğinin azaldığını ve bu azalmanın, klorofil sentezinin yavaşlaması veya hızlı yıkımının bir sonucu olabileceğini vurgulamıştır. Yin vd. (2009), kavak türlerinde yaptıkları çalışmada, kuraklık stresine bağlı olarak klorofil a/b oranındaki azalmanın yaprak su içeriğindeki düşüşle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, An vd. (2007), *Forsythia suspensa* ve *Syringa oblata* türlerinde, su içeriğinin azalmasıyla klorofil a/b oranında bir düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir. Mafakheri vd. (2010) ise kuraklık stresinin, bitkilerin büyüme dönemlerinde klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriğini belirgin şekilde azalttığını ortaya koymuştur.

Toplam karotenoid miktarlarına dair elde edilen bulgulara göre, Şavşat popülasyonu haricinde diğer popülasyonlarda, 10. ölçüm gününden itibaren kuraklık grubunda toplam karotenoid seviyelerinin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, kuraklık stresinin klorofil pigmentlerinin miktarı üzerinde etkili olduğu ve popülasyonlara ait sonuçlara göre, BSG (bitki su gerilimi) ile klorofil ve toplam karotenoid miktarları arasında pozitif bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır. Bu da kuraklık stresine maruz kalan fidanların, artan su gerilimi ile birlikte daha yüksek karotenoid seviyeleri ürettiklerini göstermektedir.

Bitkilerin gelişim dönemlerinde karbonhidrat biriktirmeleri, yaşamlarını sürdürebilmeleri açısından kritik öneme sahiptir. Karbonhidratlar, bitkinin farklı doku ve

organlarında nişasta ve şeker formunda depolanmaktadır (Kozłowski ve Pallardy, 1997). Karbonhidrat konsantrasyonu, çevresel ve fizyolojik sınırlamaların bitki verimliliği üzerindeki etkisini göstermek için yaygın bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Oleksyn vd., 2000). Çözünebilir şekerler ve nişasta miktarlarındaki değişiklikler, bitkilerin fizyolojik performanslarını yansıtır ve çevresel streslerin ağaçlar üzerindeki etkilerini anlamamıza yardımcı olur (Rosa vd., 2009). Kuraklık stresi altında bitkilerin gösterdiği tepkilerden biri de nişasta ve sukroz gibi karbonhidratların farklılaşmasıdır (Vassey ve Sharkey, 1989). Kuraklığa cevap olarak bitkilerin çeşitli kısımlarında karbonhidrat birikimi artış gösterir (Guehl vd., 1993; Krasenky ve Jonak, 2012). Su stresi durumunda çözünebilir şekerlerdeki artış, büyümenin yavaşlamasıyla birlikte şeker tüketiminin azalması, şeker translokasyonlarının artması ve nişasta hidrolizine bağlanmaktadır (Kameli ve Lösel, 1996).

Yapılan araştırmada toplam karbonhidrat miktarlarının değişimi kuraklık stresi uygulaması boyunca incelendiğinde, Şavşat, Çaykara ve Kümbet populasyonlarının ölçüm günlerinin artmasına bağlı olarak karbonhidrat içeriklerinde arttığı ve kuraklık stresine karşı karbonhidrat birikimi yaptığı tespit edilmiştir. Vakfıkebir populasyonunda ise 15.günde en yüksek değere ulaşmış ve 20. günde bir miktar düşüş gözlemlenmiş ancak kontrol grubuna kıyasla yine kuraklık grubu daha yüksek değerler almıştır Kuraklık stresine bağlı olarak populasyonların karbonhidrat birikiminde farklılıklar gözlemlenmiştir. Özellikle, su yetersizliğinden büyük ölçüde etkilenen ve 15. ölçüm gününde BSG değerleri 20 barın üzerine çıkan Şavşat ve Kümbet populasyonları, diğer populasyonlarla karşılaştırıldığında daha fazla karbonhidrat birikimi gerçekleştirmiştir.

Benzer bir şekilde, Deligöz ve Bayar (2017) *Quercus cerris* türünde yaptıkları çalışmada, kuraklık stresinin 7. gününden itibaren, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, stres altındaki fidanların yapraklarındaki çözünebilir karbonhidrat içeriğinin önemli ölçüde arttığını ve köklerdeki şeker birikiminin de 14. günden itibaren yükselip 30. günde zirveye ulaştığını belirtmişlerdir. Holland vd. (2016), *Quercus pubescens* üzerinde yaptığı çalışmada, kuraklık stresine maruz kalan bireylerde yapraklardaki çözünebilir şeker miktarının anlamlı bir şekilde yükseldiğini bildirmiştir. Wu vd. (2013) ise *Quercus variabilis* fidanlarında kuraklık stresine karşı çözünebilir şeker birikiminin stres seviyesinin artmasıyla paralel olarak arttığını tespit etmiştir. Maguire ve Kobe (2015), *Acer rubrum*, *Betula papyrifera*, *Fraxinus americana*, *Quercus rubra* ve *Quercus velutina* türlerinde kuraklık stresi altındaki çözünebilir şeker birikimini inceledikleri çalışmada, en yüksek birikimin *F. americana* ve *B. papyrifera* türlerinde köklerde, *Q. rubra* ve *Q. velutina* türlerinde ise

gövdede gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Diğer yandan, *Picea abies* üzerine yapılan araştırmalarda kuraklık stresinin, gövde çapında azalma ve yapısal olmayan karbonhidratlarda artışa neden olduğu, bu da ağaçların zararlılara karşı savunmasızlığını artırdığı ifade edilmiştir (Basile vd., 2024).

4.3. Fidanların Morfolojik Parametrelerine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada, populasyonlar arasında morfolojik parametrelerin istatistiksel farklılıkları varyans analizi ile incelenmiş ve kök taze ağırlığı ile en uzun kök boyu dışındaki tüm parametrelerde %95 ve %99 güven aralığında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Populasyonlara ait fidanların tüm morfolojik özellikleri dikkate alınarak yapılan hiyerarşik kümeleme analizinde, populasyonlar arasında oluşan gruplar analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda, ayırma analizine göre iki gruba ayırma için elde edilen önem düzeyi 0,05'ten küçük çıkmış ve üçten fazla gruptandırmanın anlamsız olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre, Şavşat, Vakfıkebir ve Kümbet populasyonları birinci grubu oluştururken, Çaykara populasyonu ise ikinci grubu meydana getirmiştir.

Fidan kalite sınıflandırmasına yönelik ilk çalışmalarda, fidan boyu temel ölçüt olarak kullanılmıştır (Yahyaoğlu ve Genç, 2007). Ancak, dikim sahasının ekolojik koşullarına göre, bazen uzun, bazen kısa ve nadiren de orta boylu fidanların daha iyi sonuçlar verdiği ifade edilmektedir. Bu durum, en uygun fidan boyutunun büyük ölçüde sahadaki çevresel koşullara bağlı olduğunu göstermektedir. Semerci (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, fidan boyu ile hayatta kalma oranı arasında pozitif bir ilişki bulunmuşken, bazı araştırmacılar bu iki faktör arasında olumsuz bir korelasyon olduğunu ileri sürmüşlerdir (Larsen vd., 1986; Dirik, 1991). Ayrıca, kök boğaz çapının (KBC), fidan boyundan daha önemli bir kalite kriteri olduğu belirtilmektedir (Şimşek, 1987; Yahyaoğlu ve Genç, 2007). Bu çalışmada, Vakfıkebir populasyonunda en yüksek ortalama fidan boyu 19,88 cm, Çaykara populasyonunda ise en düşük 14,96 cm olarak ölçülmüş ve tüm populasyonlar için ortalama 17,65 cm olarak belirlenmiştir. Kök boğaz çapı değerleri ise 5,37 mm ile 6,10 mm arasında değişmiş ve ortalama 5,73 mm olarak tespit edilmiştir. *Picea orientalis* fidanlarının şaşırtma işlemleri ile morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiler üzerinde yapılan çalışmada, şaşırtmanın fidan boyu ve kök boğaz çapı gibi özelliklerde önemli farklılıklara yol açtığını göstermiştir. Bu özelliklerin dikim başarısı ve fidanın çevreye adaptasyonu üzerinde doğrudan etkisi olduğu vurgulanmıştır (Genç, 1995). Aksu ve Tilki (2015), *Quercus pontica*

üzerinde yaptıkları çalışmada, fidanların morfolojik özelliklerinin orijin ve tohum büyüklüğüne bağlı olarak değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Doğu kayını üzerine yapılan bir araştırmada, farklı populasyonların fidan boyu ve kök boğaz çapı (KBÇ) açısından önemli farklılıklar sergilediği ortaya konmuştur (Gülseven vd., 2019). Atar vd. (2018), Adi gürgen fidanlarının dört yıllık büyüme performansını değerlendirdikleri çalışmada, fidan boyu ve KBÇ değerlerinin populasyonlara göre anlamlı farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir. Aynı türdeki bulgular, Atar ve Turna (2018) tarafından Kestane, Hatipoğlu (2013) tarafından Doğu gürgeni ve Yahyaoğlu vd. (2012) tarafından Fıstıkçamı çalışmaları ile de desteklenmiştir. Güney (2009) ise Doğu kayını türünde benzer sonuçlara ulaşmıştır. Bruschi (2010), *Quercus petraea* populasyonları arasında kuraklık stresi altında fenotipik plastisitenin farklılıklarını incelediği çalışmada, hem populasyonlar hem de sulama rejimi açısından fidan morfolojisi üzerinde önemli farklılıkların bulunduğunu belirtmiştir. Bu çalışmalar göz önüne alındığında, populasyonların fidan gelişimi üzerinde belirgin etkiler yarattığı ve bu durumun, çalışmamızda da fidan boyu ve KBÇ değerlerinde populasyonlara bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiği şeklinde benzer sonuçlarla desteklendiği görülmektedir.

Fidan kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı, bitki büyümesinin önemli göstergeleri arasında yer almaktadır (Apholo ve Rikala, 2003). Çalışmada, farklı populasyonlar arasında belirgin farklar tespit edilmiştir. En yüksek ortalama gövde taze ağırlığı (GTA) 15,13 g ve gövde kuru ağırlığı (GKA) 6,67 g ile Kümbet populasyonunda elde edilirken, en düşük ortalama GTA 9,26 g ve GKA 3,92 g ile Çaykara populasyonunda kaydedilmiştir. Benzer şekilde, en yüksek ortalama kök taze ağırlığı (KTA) 11,38 g ve kök kuru ağırlığı (KKA) 4,38 g Kümbet populasyonunda gözlemlenmiş, en düşük ortalama KTA 8,97 g ve KKA 3,13 g ile Çaykara populasyonunda tespit edilmiştir. Bu veriler, populasyonlar arasında büyüme performansında önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir. Yüksek (2007) tarafından yapılan araştırmaya göre, küçük, orta ve büyük tohum sınıfına göre sınıflandırılan bir yaşındaki sapsız meşe fidanlarında kök kuru ağırlığı (KKA) değerlerinin 3,0 g ile 7,3 g arasında, gövde kuru ağırlığı (GKA) değerlerinin ise 1,1 g ile 3,9 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda, *Quercus petraea* üzerinde yapılan bir başka araştırmada şiddetli kuraklık koşullarının kök biyokütlesini artırdığı, ancak tomurcuk sayısı, yaprak ve gövde biyokütlesinde belirgin bir azalma olduğu görülmüştür. *Quercus pubescens* fidanlarında ise bu değişiklikler yalnızca tomurcuk kütlelerinde azalma şeklinde kendini göstermiştir (Thomas, 2000). Thomas ve Gausling (2000) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise orta

derecede kuraklık stresine maruz kalan *Quercus robur* ve *Quercus petraea* fidanlarının yaprak biyokütlesinin, kök biyokütlesine kıyasla belirgin şekilde azaldığı rapor edilmiştir. Bu çalışmalar, kuraklık stresinin fidanların morfolojik özellikleri üzerindeki farklı etkilerini açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Kök kuru ağırlığının fidanın toplam kuru ağırlığına oranlanarak hesaplanan kuru kök yüzdesi, fidan kalitesinin değerlendirilmesinde kritik bir parametre olarak kabul edilmektedir (Gülseven vd., 2019; Ayan vd., 2020a). Güçlü kök gelişimi, sahada fidanların hayatta kalma oranlarıyla doğrudan ilişkilendirilmiştir (Ritchie ve Shula 1984). Bu çalışmada, populasyonlar arasında en yüksek ortalama kuru kök yüzdesi, %44,80 ile kuraklık stresine karşı diğer populasyonlardan daha az etkilenen Çaykara populasyonunda saptanmıştır. Tüm populasyonlar için ortalama kuru kök yüzdesi %41,90 olarak hesaplanmıştır. Gülseven vd. (2019) tarafından doğu kayını üzerinde gerçekleştirilen bir araştırmada, kök yüzdesinin populasyonlar arasında %36,79 ile %41,31 arasında değişiklik gösterdiği ve istatistiksel olarak bu değişimin anlamlı olduğu rapor edilmiştir. Samsun-Gelemen orman fidanlığında iki yaşındaki fıstıkçamı fidanlarında kuru kök yüzdesinin %17, üç yaşındaki fidanlarda ise %16 olduğu tespit edilmiştir (Ayan vd., 2020b). Benzer şekilde, Deligöz ve Gür (2015) tarafından Isparta-Eğirdir orman fidanlığında yapılan çalışmada, bir yaşındaki fıstıkçamı fidanlarında kuru kök yüzdesi %28 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, fidanların sahadaki hayatta kalma başarılarının kök gelişim kapasiteleri ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Genç (1992), fidan kalite sınıflamasında kullanılan bir diğer önemli ölçütün gürbüzlük indisi (Gİ) olduğunu ve Gİ değerinin düşük olmasının fidan kalitesi açısından tercih edilen bir özellik olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, düşük Gİ değerine sahip fidanların dikim başarılarının daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Aphola ve Rikala (2003) ile Yahyaoğlu ve Genç (2007) de $Gİ < 50$ olan tüm fidanların kaliteli fidan sınıfında değerlendirildiğini vurgulamıştır. Bu araştırmada en düşük ortalama gürbüzlük indisi 28,02 ile Çaykara populasyonunda, en yüksek ortalama gürbüzlük indisi ise 33,37 ile Vakfıkebir populasyonunda ölçülmüştür. Tüm populasyonların ortalama Gİ değeri ise 30,98 olarak belirlenmiş olup, $Gİ < 50$ olduğu için çalışmadaki bütün populasyonların fidanları kaliteli olarak sınıflandırılmıştır. Bir yaşındaki sapsız meşe fidanlarında yapılan araştırmada, en yüksek gürbüzlük indisi %39,6 oranıyla kontrol grubunda, en düşük gürbüzlük indisi ise %28,7 oranıyla tüplü yetiştirilen fidanlarda tespit edilmiştir (Kestek, 2012). Çanakçı (2011) ise İran palamut meşesi fidanlarının Gİ değerlerinin ekim sıklığına göre 43 ile 53 arasında

değiştirdiğini belirtmiştir. Bilgin (2019), saçlı meşe fidanlarında 23,79, palamut meşesi fidanlarında 36,84 ve fıstıkçamı fidanlarında Gİ değerini 39,11 olarak tespit etmiştir.

Fidanların gövde kuru ağırlığının kök kuru ağırlığına oranı, katlılık indisi (Kİ) olarak bilinir ve yaygın olarak kullanılan fidan kalite sınıflandırmalarından biridir (Ayan, 2002). Katlılık, fidanların kuraklık gibi stres koşullarında nasıl etkilendiğini gösteren bir göstergedir (Bernier vd., 1995). Bu oran, toprak üstü transpirasyonun gerçekleştiği alan ile su alımını sağlayan kök alanı arasındaki dengeyi ifade eder (Thompson, 1985). Fidanın bu uyumuna bakarak, arazi koşullarındaki başarısı değerlendirilebilir (Tolay, 1983). Normal yetiştirme koşullarında fidanların gövde/kök oranının 3 civarında olması ideal kabul edilirken, kuraklık gibi stresli ortamlarda bu oranın 2 veya daha düşük olması gerektiği ifade edilmektedir. Kurak bölgelerde yetiştirilecek fidanlar için, gövde/kök oranının 3'ün altında olan fidanların tercih edilmesinin önemli olduğu vurgulanmaktadır (Yahyaoglu ve Genç, 2007; Ürgenç, 1998). Bu çalışmada, en yüksek ortalama Kİ değeri 1,58 ile Kümbet popülasyonunda, en düşük ortalama Kİ ise 1,24 ile Çaykara popülasyonunda tespit edilmiştir. Çaykara popülasyonu, kuraklığa dayanıklılık açısından en küçük Kİ değeri ile öne çıkarken, Kümbet popülasyonu en yüksek Kİ değerine sahip olup, kuraklık stresine en az dayanıklı popülasyon olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Bernier vd. (1995) tarafından yapılan çalışmalara benzer şekilde, gövde/kök oranının düşük olmasının, köklerin yaprak alanına oranla daha fazla olduğunu ve fidanların su stresine dayanma potansiyelini gösterdiğini doğrulamaktadır. Bilgin (2019) ise fıstıkçamı, palamut meşesi ve saçlı meşe fidanları için Kİ değerlerini sırasıyla 1,05, 0,41 ve 0,19 olarak bildirmiştir. Bayar ve Deligöz (2016) ise alıç fidanlarının morfolojisi üzerine yaptığı çalışmada, yetiştirme sıklığının kök gelişimi ve gövde/kök oranı üzerinde etkisinin olmadığını belirtmiştir. Genç vd. (1999), Anadolu karaçamı fidanlarında gövde/kök kuru ağırlık oranlarının 2 ile 3,6 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Diğer araştırmalar, Kİ'nin türe, popülasyona ve fidanların yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur (Bilgin, 2008; Gülseven vd., 2019; Ayan vd., 2020a).

Fidanların dikim başarısı ve hayatta kalma oranını değerlendirmede en önemli göstergelerden biri Dickson kalite indeksidir (Bayala vd., 2009). Dickson vd. (1960) tarafından tanımlanan bu indekse göre, kalite indeksinin (DKİ) 1'e yakın veya daha yüksek olması, fidanın daha yüksek kalitede olduğunu göstermektedir (Aslan, 1986). Bu çalışmada popülasyonlar arasında en yüksek ortalama DKİ değeri 0,33 ile Kümbet popülasyonunda belirlenirken, en düşük ortalama DKİ ise 0,25 ile Çaykara popülasyonunda kaydedilmiştir.

Tüm populasyonların genel DKİ ortalaması ise 0,29 olarak hesaplanmıştır. Gülseven vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, 2+0 yaşlı çıplak köklü doğu kayını fidanlarında DKİ değerleri 0,14 ile 0,24 arasında tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Bilgin (2019) fıstıkçami, palamut meşesi ve saçlı meşe fidanlarında DKİ'nin sırasıyla 0,05 ile 0,38, 0,03 ile 0,33 ve 0,04 ile 0,54 arasında değiştiğini bildirmiştir. Alım ve Kavgacı (2017), bir yaşındaki çıplak köklü diken ardıcı fidanlarında DKİ değerlerinin 0,12 ile 0,34 arasında olduğunu belirtmiştir. Özüberk ve Deligöz (2016) ise 1+0 yaşındaki kokulu ardıç fidanları için DKİ'nin 0,2 ile 0,4 arasında değiştiğini rapor etmiştir. Ayrıca, yapılan birçok çalışmada, tohumun elde edildiği populasyon, tohum büyüklüğü ve fidanlık uygulamalarının Dickson kalite indeksini önemli ölçüde etkilediği bildirilmiştir (Ayan, 2002; Aksu ve Tilki, 2015).

Bu çalışmada, sudan alıkoyma yöntemiyle kuraklık stresine maruz bırakılan Doğu ladini fidanlarının farklı populasyonlar arasında fizyolojik ve biyokimyasal açıdan kayda değer farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, populasyonlar arasında belirgin morfolojik varyasyonlar ortaya çıkmış ve bu farklılıkların fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerle güçlü bir şekilde ilişkili olduğu belirlenmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, bitki su gerilimi (BSG) değerlerinin klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam karotenoid ve toplam karbonhidrat miktarları ile pozitif yönde bağlantılı olduğu bulunmuştur. Kuraklık stresinin önemli bir göstergesi olan toplam karbonhidrat miktarının morfolojik özelliklerle ilişkisi incelendiğinde, kök yüzdesi ile negatif, Dickson kalite indeksi ile ise pozitif bir korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kuraklık stresinin hem morfolojik hem de biyokimyasal tepkiler üzerindeki etkisini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Diğer birçok morfolojik özellik de toplam karbonhidrat miktarı ile pozitif bir ilişki sergilemiştir. Ritchie ve Shula (1984) da, fidan materyalinin genetik ve morfolojik özelliklerinin yanı sıra, fizyolojik özelliklerinin de dikkate alınması gerektiğini, aksi halde doğru sonuçların alınamayacağını vurgulamıştır. Çalışma kapsamında incelenen ve ölçümleri yapılan kuru kök yüzdesi, katlılık indisi ve gürbüzlük indisi gibi parametrelerin, populasyonların kuraklık stresine dayanıklılığı ile önemli ilişkiler sergilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgular, fidan kalitesinin değerlendirilmesinde morfolojik ve fizyolojik parametrelerin birlikte ele alınmasının önemini ortaya koymaktadır.

5. ÖNERİLER

Kurak ve yarı kurak bölgelerde ağaçlandırma çalışmalarının başarılı olabilmesi için, orman ağaçlarının fenotipik özelliklerinin yanı sıra, coğrafik varyasyonlarının da dikkate alınması gerekmektedir. Bu bağlamda, farklı bölgelerden elde edilen tohum ve fidanların morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin belirlenmesi, özellikle kurak, yarı kurak ve don riski bulunan alanlar için uygun orijinlerin tespit edilmesi büyük önem taşır. Elde edilen tohumlardan yetiştirilen fidanlar, ağaçlandırma yapılacak alanların yetiştirme ortamlarına uygun koşullarda yetiştirilerek, ağaçlandırma projelerinin başarısının artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Çalışmada, sudan alıkoyma yöntemiyle kuraklık stresine maruz kalan Doğu ladini fidanlarının farklı populasyonlar arasında fizyolojik ve biyokimyasal özellikler bakımından farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Morfolojik özelliklerdeki varyasyonlar ile fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler arasında güçlü ilişkiler saptanmıştır. Özellikle 20. gün sonunda Çaykara populasyonunun bitki su gerilimi (BSG) değerinin daha düşük olması, bu populasyonun diğerlerine kıyasla kuraklıktan daha az etkilendiğini göstermektedir.

Kuraklık stresi altında bitkilerin fotosentetik pigmentlerinin tepkilerinde de farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Karotenoid miktarındaki artışın, su eksikliğinin yol açtığı membran hasarını önlediği ve klorofil pigmentlerine yardımcı olarak fotosentezi devam ettirdiği, dolayısıyla karotenoidlerin kuraklığa karşı uyum sağlamada önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir. Benzer şekilde, kuraklık stresi arttıkça Doğu ladini fidanlarının toplam karbonhidrat miktarının artması, bitkilerin kuraklığa uyum sağlama mekanizmalarından biri olarak değerlendirilebilir.

Çalışma kapsamında yapılan ksilem su potansiyeli, fotosentetik pigment tayinleri, toplam karbonhidrat ve prolin içerikleri gibi ölçümler, fidanların kuraklık stresine verdiği tepkilerin belirlenmesinde önemli veriler sunmuştur. Aynı zamanda fidanların morfolojik özellikleri, özellikle kuru kök yüzdesi, katlılık indisi ve gürbüzlük indisi gibi parametreler ile kuraklık dayanıklılığı arasındaki anlamlı ilişkiler ortaya konulmuştur. Sonraki çalışmalarda bu parametrelerden bazılarının ölçülmesinin yeterli olabileceği belirtilmiştir.

Son olarak, Doğu ladini türünün ülkemizdeki doğal yayılış alanlarını temsilen dört farklı populasyonun karşılaştırılması yapılmış ve kuraklığa karşı dayanıklı orijinlerin belirlenmesi açısından diğer orijinlerde de benzer stres çalışmalarının yapılması önerilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Acarer, A. (2024). Role of Climate Change on Oriental spruce (*Picea orientalis* L.): Modeling and Mapping. *BioResources*, 19(2), 3845-3856.
- Akgul, E. (1975). *The Main Soil Characteristics and Their Interrelations on Picea orientalis Sites*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Aksu, Y., & Tilki, F. (2015). Orijin ve Tohum Büyüklüğünün *Quercus pontica* Fidanlarının Yaşama Yüzdesi ve Morfolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Artin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2), 216-226.
- Alam, S. M. (1999). Nutrient Uptake by Plants Under Stress Conditions. *Handbook of Plant and Crop Stress*, 2, 285-313.
- Alım, E., & Kavgacı A. (2017). Eğirdir Orman Fidanlığı'nda Diken Ardıcı (*Juniperus Oxycedrus* L. Subsp. *Oxycedrus*) Fidan Yetiştirme Sıklığının Fidan Morfolojisine Etkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1(4), 1-11.
- An, Y., Liang, Z., Han, R., & Liu, G. (2007). Effects of Soil Drought on Seedling Growth and Water Metabolism of Three Common Shrubs in Loess Plateau, Northwest China. *Frontiers of Forestry in China*, 2(4), 410-416.
- Anşin, R., & Özkan, C. Ö. (2006). *Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar*. Trabzon: KTÜ Orman Fakültesi Yayınları.
- Aranda, I., Gil, L., & Pardos, J. A. (2005). Seasonal Changes in Apparent Hydraulic Conductance and Their Implications for Water. Use of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) and Sessile Oak [*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.] in South Europe. *Plant Ecology*, 179, 155-167.
- Arnon, D. I. (1949). Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
- Apholo, P., & Rikala, R. (2003). Field Performance of Silver-Birch Planting-Stock Grown at Different Spacing and in Containers of Different Volume. *New Forests*, 25, 93-108.
- Ashraf, M. (1994). Breeding for Salinity Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1), 17-42.
- Ashraf, M. (2003). Relationships Between Leaf Gas Exchange Characteristics and Growth of Differently Adapted Populations of Blue Panicgrass (*Panicum antidotale* Retz.) Under Salinity or Waterlogging. *Plant Science*, 165(1), 69-75.
- Aslan, S. (1986). *Kazdağı Göknarı (Abies eguitrojani Aschers et Sint)'nın Fidanlık Tekniği Üzerine Çalışmalar*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını.

- Atar, F., Atar, E., Bayraktar, A., & Turna, İ. (2018). Growth Performance in Seedlings of Common Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in Nursery Conditions. *International Congress on Engineering and Life Sciences*, Kastamonu.
- Atar, F., & Turna, İ. (2018). Fruit and Seedling Diversity Among Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Populations in Turkey. *Sumarski List*, 11-12, 611-619.
- Atar, E., Yücesan, Z., Atar, F., & Üçler, A. Ö. (2024). Effect of Drought Stress on Physiological and Biochemical Traits of *Quercus petraea* subsp. *iberica* Seedlings and Analysis of the Relationship with Morphological Traits. *Austrian Journal of Forest Science*, 141(2), 81-110.
- Atta, H. A. E., Aref, İ. M., Ahmed, A. İ., & Khan, P. R. (2012). Morphological and Anatomical Response of *Acacia ehrenbergiana* Hayne and *Acacia tortilis* (Forssk) Haynes subsp. *raddiana* Seedlings to Induced Water Stress. *African Journal of Biotechnology*, 11(44), 10188-10199.
- Ayan, S. (2002). *Determining The Site Condition Features of Containerized-Oriental Spruce (Picea orientalis (L.) Link.) Seedlings; and Setting The Production Techniques*. Trabzon: The Publication of Institution of Eastern Black Sea Forestry Research.
- Ayan, S., Civek, E., Yer Çelik, E., Gülseven, O., Akın, Ş., & Yılmaz, E. (2020a). Akdeniz ve Arizona Servisi Fidanlarının Morfolojik Kalite Özellikleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 580-590.
- Ayan, S., Civek, E., Yer Çelik, E., Gülseven, O., Özel, H., Eshaıbı, J., Akın, Ş., & Yılmaz, E. (2020b). Farklı Yaşlardaki Tüplü Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) Fidanlarının Morfolojik Kalite Özellikleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 633-641.
- Balok, C. A., & Hilaire, R. S. (2002). Drought Responses Among Seven Southwestern Landscape Tree Taxa. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127, 211-218.
- Baquadano, F. J., & Castillo, F. J. (2007). Drought Tolerance in The Mediterranean Species *Quercus coccifera* L., *Quercus ilex* L., *Pinus halepensis* Mill., and *Juniperus phoenicea* L. *Photosynthetica*, 45(2), 229-238.
- Basile, S., Stříbrská, B., Kalyniukova, A., Hradecký, J., Synek, J., Gershenzon, J., & Jirošová, A. (2024). Physiological and Biochemical Changes of *Picea abies* (L.) During Acute Drought Stress and Their Correlation with Susceptibility to *Ips typographus* (L.) and *I. duplicatus* (Sahlberg). *Frontiers in Forests and Global Change*, 7, 1436110.
- Bayala, J., Dianda, Z. M., Wilson, Z. J., Ouedraogo, S. J., & Sanon, Z. K. (2009). Predicting Field Performance of Five Irrigated Tree Species Using Seedling Quality Assessment in Burkina Faso, West Africa. *New Forests*, 38, 309-322.
- Bayar, E., & Deligöz, A. (2016). Alıç (*Crataegus monogyna* Jacq.) Fidanlarının Morfolojisi ve Kök Gelişme Potansiyeli Üzerinde Yetiştirme Sıklığının Etkisi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 17(1), 7-11.

- Bernier, P. Y., Lamhamedi, M. S., & Simpson, D. G. (1995). Shoot: Root Ratio Is of Limited Use in Evaluating the Quality of Container Conifer Stock. *Tree Planters' Notes*, 46(3), 102-106.
- Bidwell, R. G. S. (1974). *Plant Physiology*. New York: Macmillan Publishing Com. Inc.
- Bilgin, S. (2008). *Fıstıkçamı (Pinus pinea L.)'nın Tohum-Fidan İlişkileri ve Fidanlıkta Fidan Yetiştirme Teknikleri*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.
- Bilgin, S. (2019). Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.), Palamut Meşesi (*Quercus ithaburensis* Decne. subsp. *macrolepis* (Kotschy) Hedge & Yalt.) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris* L.) Fidanlarının Fidan Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(4), 297-304.
- Bozcuk, S. (1997). *Bitki Fizyolojisi*. Ankara: Haliloğlu Yayınları.
- Bozcuk, S., & Topçuoğlu, S. F. (1984). Değişik Su Stresi Koşullarında Bitkilerde Absisik Asit (ABA) Miktarının Değişimi ve Bunun Fizyolojik Olaylar Üzerine Etkileri. *Doğa Bilim Dergisi*, A2, 8(2), 265-272.
- Bray, E. (1997). Plant Responses to Water Deficit. *Trends in Plant Science*, 2, 48-54.
- Brett, W. J., & Singer, A. C. (1973). Chlorophyll Concentration in Leaves of *Juniperus virginiana* L., Measured Over a 2-year Period. *American Midland Naturalist*, 90(1), 194-200.
- Bruschi, P. (2010). Geographical Variation in Morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. as Related to Drought Stress. *Plant Biosystems*, 144(2), 298-307.
- Chavez, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J. P., Rodrigues, M. L., Ricardo, C. P. P., Osorio, M. L., Carvalho, I., Faria, T., & Pinheiro, C. (2002). How Plants Cope with Water Stress in The Field: Photosynthesis and Growth. *Annals of Botany*, 89, 907-916.
- Chaves, M. M., & Oliveira, M. M. (2004). Mechanisms Underlying Plant Resilience to Water Deficits: Prospects for Water-Saving Agriculture. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2365-2384.
- Cleary, B. D., & Zaerr, J. B. (1984). *Guidelines for Measuring Plant Moisture Stress With a Pressure Chamber*. Oregon: PMS Instrument Co.
- Çalikoğlu, M. (2002). Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Orijinlerinin Kuraklıklara Karşı Reaksiyonlarını Ekofizyolojik Analizi. İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Çalikoğlu, M., & Tilki, F. (2004). Lübnan Meşesi (*Quercus libani* Oliver) ve Macar Meşesi (*Quercus frainetto* Ten.) Fidanlarında Kurak Dönemdeki Transpirasyon Analizi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A*, 54(1), 133-142.

- Çanakçı, Z. E. (2011). *İran Palamut Meşesinde Ekim Sıklığı ve Derinliğinin Bazı Morfolojik Fidan Özellikleri Üzerine Etkisi*. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Artvin.
- Çepel, N. (1978). *Orman Ekolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Deligöz, A., & Gur, M. (2015). Morphological, Physiological and Biochemical Responses to Drought Stress of Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37, 243.
- Deligöz, A., & Bayar, E. (2017). Kuraklık Stresli *Quercus cerris* Fidanlarının Fizyolojik ve Biyokimyasal Özelliklerindeki Değişimler. *Turkish Journal of Forestry*, 18(4), 269-274.
- Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, F. (1960). Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedling Stock in Nurseries. *Forestry Chronicle*, 36, 10-13.
- Dien, D. C., Mochizuki, T., & Yamakawa, T. (2019). Effect of Various Drought Stresses and Subsequent Recovery on Proline, Total Soluble Sugar and Starch Metabolisms in Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties. *Plant Production Science*, 22(4), 530-545.
- Dirik, H. (1991). *Kızılçam (Pinus brutia Ten.)'da Bazı Önemli Fidan Karakteristikleri ile Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler*. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Dirik, H. (2000). Farklı Biyoiklim Kuşaklarını Temsil Eden Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orijinlerinin Kurak Dönemdeki Su Potansiyellerinin Basınç-Hacim (P-V) Eğrisi Yöntemi İle Analizi. *İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri A*, 50(2), 93-130.
- Donovan, L. A., Richards, J. H., & Linton, M. J. (2002). Magnitude and Mechanisms of Disequilibrium Between Predawn Plant and Soil Water Potentials. *Ecology*, 84(2), 463-470.
- Dubey, R. S. (1997). *Photosynthesis in Plants Under Stressful Conditions*. In: Pessarakli, M. (Ed.), *Handbook of Photosynthesis*. Dekker, New York.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Calorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, 28, 350-356.
- Eriksson, G., Namkoong, G., & Roberds, J. H. (1993). Dynamic Gene Conservation for uncertain futures. *Forest Ecology and Management*, 62(1-4), 15-37.
- Gaëlle, D., Marc, V., & Laurent, U. (2009). Long-Term Drought Results in a Reversible Decline in Photosynthetic Capacity in Mango Leaves, Not Just a Decrease in Stomatal Conductance. *Tree Physiology*, 29, 675-684.
- Gaspar, T., Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J. F., & Dommes, J. (2002). Concepts in Plant Stress Physiology: Application to Plant Tissue Cultures. *Plant Growth Regulation*, 37(3), 263-285.

- Genç, M. (1992). *Doğu Ladini (Picea orientalis (L.) Link.) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler*. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Genç, M. (1995). Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.). Link.)'nde Şaşırtma-Fidan Morfolojik Özellikleri Etkileşimleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 45(1), 107-120.
- Genç, M., Güner, T., & Sahan, A. (1999). Eskişehir, Eğirdir ve Seydişehir Orman Fidanlıklarında 2+0 Yaşlı Karaçam Fidanlarında Morfolojik İncelemeler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 517–525.
- Gill, P. K., Sharma, A. D., Singh, P., & Bhullar, S. S. (2001). Effect of Various Abiotic Stresses on The Growth, Soluble Sugars, and Water Relation of Sorghum Seedlings Grown in Light and Darkness. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 27, 72-84.
- Gomes-Laranjo, J., Peixoto Harro, F., Sang, W. W. F., & Torres-Pereira, J. (2006). Study of The Temperature Effect in Three Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Cultivars Behaviour. *Journal of Plant Physiology*, 163, 945-955.
- Goor, A. Y., & Barney, C. W. (1968). *Forest Tree Planting in Arid Zones*. The Ronald Press Company, New York.
- Guehl, J. M., Clement, A., Kaushal, P., & Aussenac, G. (1993). Planting Stress, Water Status and Non-Structural Carbohydrate Concentrations in Corsican Pine Seedlings. *Tree Physiology*, 12(2), 173-183.
- Gülseven, O., Ayan, S., Özel, H. B., & Yer, E. N. (2019). Farklı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Populasyonlarına Ait Fidanların Morfolojik ve Fizyolojik Karakteristikleri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(3), 180-186.
- Günay, A. (2005). *Sebze Yetiştiriciliği*. Cilt I, ISBN 975-00725-0-2, İzmir.
- Güney, D. (2009). *Doğu Kayını 'nda (Fagus orientalis Lipsky) Bazı Coğrafi Varyasyonların Morfogenetik Olarak Belirlenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Hamada, E. A. M., Homoud, M. A., Kirkwood, R. C., & El-Sayed, H. (1992). Studies on The Adaptation of Selected Species of The Family Gramineae A. Juss to Salinization. *Afaeddes Repertorium*, 103, 128-798.
- Hatipoğlu, E. (2013). *Doğu Gürgeni (Carpinus orientalis Miller)'nde Yükseltiye Bağlı Olarak Bazı Morfolojik Karakterlerin ve Çimlenme Özelliklerinin Araştırılması*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Havaux, M. (1998). Carotenoids As Membrane Stabilisers in Chloroplasts. *Trends in Plant Science*, 3, 147-151.

- Hellkvist, J., Richards, G. P., & Jarvis, P. G. (1974). Vertical Gradients of Water Potential and Tissue Water Relations in Sitka Spruce Trees Measured with the Pressure Chamber. *Journal of Applied Ecology*, 11, 637.
- Holland, V., Koller, S., Lukas, S., & Brüggenmann, W. (2016). Drought-and Frost-Induced Accumulation of Soluble Carbohydrates During Accelerated Senescence in *Quercus pubescens*. *Trees*, 30(1), 215-226.
- Kaçar, B., Katkat, A. V., & Öztürk, Ş. (2009). *Bitki Fizyolojisi*. Ankara: Nobel Yayınları.
- Kaçar, B. (2015). *Genel Bitki Fizyolojisi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kalefetoğlu, T., & Ekmekçi, Y. (2005). The Effects of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4), 723-740.
- Kameli, A., & Losel, D. M. (1996). Growth and Sugar Accumulation in Durum Wheat Plants Under Water Stress. *New Phytologist*, 132, 57-62.
- Katerina, I., Chrysa, K., & Kyparissis, A. (2009). An Ecophysiological Approach of Hydraulic Performance for Nine Mediterranean Species. *Tree Physiology*, 29, 889-900.
- Kestek, D. (2012). *Sapsız Meşe Türünde Yapılan Seyreltmenin Fidanların Bazı Morfolojik Kalite Kriterleri Üzerine Etkisinin Araştırılması*. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Artvin.
- Knops, J. M. H., & Koenig, W. D. (2001). Annual Variation in Xylem Water Potential in California Oaks. *Madroño*, 47(2), 106-108.
- Kozlowski, T. T., Kramer, P. J., & Pallardy, S. G. (1991). *The Physiological Ecology of Woody Plants*. San Diego: Academic Press.
- Kozlowski, T. T., & Pallardy, S. G. (1997). *Growth Control in Woody Plants*. San Diego: Academic Press.
- Kramer, P. J., & Kozlowski, T. T. (1960). *Physiology of Trees*. New York, Toronto, London: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Krasenky, J., & Jonak, C. (2012). Drought, Salt, and Temperature Stress-Induced Metabolic Rearrangements and Regulatory Networks. *Journal of Experimental Botany*, 63(4), 1593-1608.
- Kulaç, Ş. (2010). *Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Fidanlarında Bazı Morfolojik, Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimlerin Araştırılması*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Lambers, H., Chapin, F. S., & Pons, T. L. (1998). *Plant Physiological Ecology*. New York: Springer-Verlag.

- Landis, T. D. (1989). *Irrigation and Water Management*. In: Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E., & Barnett, J. P. (Eds.) *The Container Tree Nursery Manual, Volume 4*, Agric. Handbook. Washington: US Department of Agriculture, Forest Service.
- Larsen, H. S., South, D. B., & Boyer, J. M. (1986). Root Growth Potential, Seedling Morphology and Bud Dormancy Correlate with Survival of Loblolly Pine Seedlings Planted in December in Alabama. *Tree Physiology*, 1, 41, 253-263.
- Lei, Y., Yin, C., & Li, C. (2006). Differences in Some Morphological, Physiological, and Biochemical Responses to Drought Stress in Two Contrasting Populations of *Populus przewalskii*. *Physiologia Plantarum*, 127, 182-191.
- Lepeduš, H., Cesar, V., & Suver, M. (2003). The Annual Changes of Chloroplast Pigment Content in Current- and Previous-Year Needles of Norway Spruce (*Picea abies* L. Karst.) Exposed to Cement Dust Pollution. *Acta Botanica Croatica*, 62(1), 27-35.
- Levitt, J. (1980). *Responses of Plants to Environmental Stresses* (2 vol.). New York: Academic Press.
- Lorenzo, R. D., Barbagallo, M. G., Costanza, P., Gugliotta, E., Lino, T., Pisciotto, A., & Santangelo, T. (2005). Predawn, Stem and Leaf Water Potential Evolution in *Vitis vinifera* L. cv Nero d'Avola/1103 P. Under Different Water Regimes. *XIV International GESCO Viticulture Congress*, pp. 493-498, Geisenheim.
- Lopushinsky, W. (1990). *Seedling Moisture Status*. In: Rose, R., Campbell, S. J., & Landis, T. D. (Eds.), *Target Seedling Symposium. Proceedings, Western Forest Nursery Association*. Oregon: General Technical Report.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., 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.
- Maguire, A. J., & Kobe, R. K. (2015). Drought and Shade Deplete Nonstructural Carbohydrate Reserves in Seedlings of Five Temperate Tree Species. *Ecology and Evolution*, 5(23), 5711-5721.
- Matysiak, R. (2001). Content of Carotenoids in Needles of *Pinus sylvestris* L. Growing in a Polluted Area. *Dendrobiology*, 46, 39-42.
- Mundree, S. G., Baker, B., Mowla, S., Peters, S., Marais, S., Willigen, C. V., Govender, K., Maredza, A., Muyanga, S., Farrant, J. M., & Thomson, J. A. (2002). Physiological and Molecular Insights into Drought Tolerance. *African Journal of Biotechnology*, 1, 23-38.
- Munné-Bosch, S., & Alegre, L. (2004). Die and Let Live: Leaf Senescence Contributes to Plant Survival Under Drought Stress. *Functional Plant Biology*, 31(3), 203-216.
- Nakai, A., Yurugi, Y., & Kisanuki, H. (2010). Stress Responses in *Salix gracilistyla* Cuttings Subjected to Repetitive Alternate Flooding and Drought. *Trees*, 24(6), 1087-1095.
- Namkoong, G. (1986). Genetics and Forest of the Future. *Unasylva*, 38(2), 2-18.

- Nar, H., Saglam, A., Terzi, R., Varkonyi, Z., & Kadioglu, A. (2009). Leaf Rolling and Photosystem II Efficiency in *Ctenanthe setosa* Exposed to Drought Stress. *Photosynthetica*, 47(3), 429-436.
- Nikolaeva, M. K., Maevskaya, S. N., Shugaev, A. G., & Bukhov, N. G. (2010). Effect of Drought on Chlorophyll Content and Antioxidant Enzyme Activities in Leaves of Three Wheat Cultivars Varying in Productivity. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57, 87-95.
- OGM. (2023). *2022 Yılı İdare Faaliyet Raporu*. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
- Oleksyn, J., Zytowskiak, R., Karolewski, P., Reich, P. B., & Tjoelker, M. G. (2000). Genetic and Environmental Control of Seasonal Carbohydrate Dynamics in Trees of Diverse *Pinus sylvestris* Populations. *Tree Physiology*, 20, 837-847.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., & Tran, L. P. (2014). Response of Plants to Water Stress. *Frontiers in Plant Science*, 5, 86.
- Özdamar, K. (1999). *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP*. Eskişehir: Kaan Kitapevi.
- Öztürk, N. Z. (2015). Bitkilerin Kuraklık Stresine Tepkilerinde Bilinenler ve Yeni Yaklaşımlar. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5), 307-315.
- Özüberk, Ş. D., & Deligöz, A. (2016). Kokulu Ardiç (*Juniperus foetidissima* Wild.) Fidanlarının Morfolojisi, Kök Gelişme Potansiyeli ve Karbonhidrat İçeriği Üzerinde Yetiştirme Sıklığının Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 369-375.
- Ritchie, G. A., & Shula, R. G. (1984). Seasonal Changes of Tissue-Water Relations in Shoots and Root Systems of Douglas-Fir Seedlings. *Forest Science*, 30(2), 538-548.
- Ritchie, G. A., & Landis, T. D. (2005). Seedling Quality Tests: Plant Moisture Stress. *Forest Nursery Notes*, 6-12.
- 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.
- Rustioni, L., & Bianchi, D. (2021). Drought Increases Chlorophyll Content in Stems of *Vitis* Interspecific Hybrids. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 33(1), 69-78.
- Pukacki, P. M., & Kaminska-Rozek, E. (2005). Effect of Drought Stress on Chlorophyll *a* Fluorescence and Electrical Admittance of Shoots in Norway Spruce Seedlings. *Trees*, 19, 539-544.
- Salama, S., Trivedi, S., Busheva, M., Arafa, A. A., Garab, G., & Erdei, L. (1994). Effects of NaCl Salinity on Growth, Cation Accumulation, Chloroplast Structure and Function

- in Wheat Cultivars Differing in Salt Tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 144(2), 241-247.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1992). *Plant Physiology*. California: Wadsworth Publishing Co.
- Sağlam, A. (2004). *Ağır Kuraklık Stresi Geçirmiş Ctenanthe Setosa Bitkisinin Yeni Kuraklık Koşullarına Adaptasyon Yeteneğinin Araştırılması*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Sairam, R. K., Deshmumukh, P. S., & Shukla, D. S. (1998). Stress Induced Injury and Antioxidant Enzymes in Relation to Drought Tolerance in Wheat Genotypes. *Biologia Plantarum*, 40, 357-364.
- Scholander, P. F., Hammel, H. T., Hemmingsen, E. A., & Bradstreet, E. D. (1964). Hydrostatic Pressure and Osmotic Potential in Leaves of Mangroves and Some Other Plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 52, 119-125.
- Schwab, K. B., Schreiber, U., & Heber, U. (1989). Response of Photosynthesis and Respiration of Resurrection Plants to Desiccation and Rehydration. *Planta*, 177, 217-227.
- Semerci, A. (2002). *Sedir (Cedrus libani A. Rich.) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Karakteristikler ile İç Anadolu'daki Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler*. Ankara: İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten Yayını.
- Serrano, L., Pefruelas, J., Ogaya, R., & Save, R. (2005). Tissue-Water Relations of Two Co-occurring Evergreen Mediterranean Species in Response to Seasonal and Experimental Drought Conditions. *Journal of Plant Research*, 118, 263-269.
- Shvaleva, A. L., Silva, F. C. E., Breia, E., Jouve, J., Hausman, J. F., Almeida, M., Maroco, J. P., Rodrigues, M. L., Pereira, J. S., & Chaves, M. M. (2006). Metabolic Responses to Water Deficit in Two *Eucalyptus globulus* Clones with Contrasting Drought Sensitivity. *Tree Physiology*, 26(2), 239-248.
- Šircelj, H., Tausz, M., Grill, D., & Batič, F. (2007). Detecting Different Levels of Drought Stress in Apple Trees (*Malus domestica* Borkh.) with Selected Biochemical and Physiological Parameters. *Scientia Horticulturae*, 113(4), 362-369.
- Smirnoff, N. (1993). The Role of Active Oxygen in the Response of Plants to Water Deficit and Desiccation. *New Phytologist*, 125, 27-58.
- Stöhr, A., & Lösch, R. (2004). Xylem Sap Flow and Drought Stress of *Fraxinus excelsior* Saplings. *Tree Physiology*, 24, 169-180.
- Şimşek, Y. (1987). Ağaçlandırmada Kaliteli Fidan Kullanma Sorunları. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 33(65), 5-29.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Responses and Adaptations to Abiotic Stress*. In: *Plant Physiology*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.

- Terzi, R., Sağlam, A., Kutlu, H., Nar, H., & Kadioğlu, A. (2010). Impact of Soil Drought Stress on Photochemical Efficiency of Photosystem II and Antioxidant Enzyme Activities of *Phaseolus vulgaris* Cultivars. *Turkish Journal of Botany*, 34, 1-10.
- Thomas, H. (1990). Osmotic Adjustment in *Lolium perenne* – Its Heritability and The Nature of Solute Accumulation. *Annals of Botany*, 66(5), 521-530.
- Thomas, F. M. (2000). Growth and Water Relations of Four Deciduous Tree Species (*Fagus sylvatica* L., *Quercus petraea* [Matt.] Liebl., *Q. pubescens* Willd., *Sorbus aria* [L.] Cr.) Occurring at Central-European Tree-Line Sites on Shallow Calcareous Soils: Physiological Reactions of Seedlings to Severe Drought. *Flora*, 195(2), 104-115.
- Thomas, F. M., & Gausling, T. (2000). Morphological and Physiological Responses of Oak Seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to Moderate Drought. *Annals of Forest Science*, 57(4), 325-333.
- Thompson, B. E. (1985). *Seedling Morphological Evaluation-What You Can Tell by Looking*. In: Duryea, M. L. (Ed.), *Forest Research Laboratory*. Oregon: Oregon State University.
- Tolay, U. (1983). *Hendek Orman Fidanlığında Uludağ Göknaarı (Abies bornmülleriana Mattf.)'ın Yetiştirilmesi Tekniği ile Fidan Kalitesi ve Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler Üzerine Araştırmalar*. İzmit: Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülten Yayını.
- Tuba, Z., Lichtenthaler, H. K., Csintalan, Z. S., Nagy, Z., & Szente, K. (1996). Loss of Chlorophylls, Cessation of Photosynthetic CO₂ Assimilation and Respiration in The Poikilochlorophyllous Plant *Xerophyta scabrida* During Desiccation. *Physiologia Plantarum*, 96(3), 383-388.
- Turan, E. S. (2018). Türkiye'nin İklim Değişikliğine Bağlı Kuraklık Durumu. *Doğa Afet Çevre Dergisi*, 4(1), 63-69.
- Turner, N. C. (1988). Measurement of Plant Water Status by the Pressure Chamber Technique. *Irrigation Science*, 9, 289-308.
- Tüfekçioğlu, A., & Tüfekçioğlu, M. (2018). Kuraklık ve Orman Ekosistem Dinamikleri Etkileşimi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 19(1), 103-108.
- Türkeş, M. (2012). Türkiye’de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-32.
- Uluocak, N. (1974). Kuraklık ve Kurak Bölgelerin Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 135-156.
- Ürgenç, S. (1998). *Ağaçlandırma Tekniği*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Van Buijtenen, J. P., & Stern, K. (1967). *Marginal Populations and Provenance Analyses*. XIV IUFRO Congress, Papers III, pp. 319-331, München.

- Vassey, T. L., & Sharkey, T. D. (1989). Mild Water Stress of *Phaseolus vulgaris* Plants Leads to Reduced Starch Synthesis and Extractable Sucrose Phosphate Synthase Activity. *Plant Physiology*, 89(4), 1066-1070.
- Wu, M., Zhang, W. H., Ma, C., & Zhou, J. Y. (2013). Changes in Morphological, Physiological and Biochemical Responses to Different Levels of Drought Stress in Chinese Cork Oak (*Quercus variabilis* BL.) Seedlings. *Russian Journal of Plant Physiology*, 60(5), 681–692.
- Yahyaoğlu, Z. (1987). Orman Ağacı Fidanlarının Kalite Özellikleri. *Scholander Tekniği Yardımı ile Su Potansiyelinin Ölçülmesi ve Önemi. KTÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 10(1-2), 140-151.
- Yahyaoğlu, Z., & Genç, M. (2007). *Fidan Standardizasyonu. Standart Fidan Yetiştirmenin Biyolojik ve Teknik Esasları*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Yahyaoğlu, Z., Güney, D., Turna, İ., & Atar, F. (2012). Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)’nda Bazı Morfolojik Özelliklere Bağlı Varyasyonların Belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 234-239.
- Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y. Z., Yao, X. Q., & Yin, H. J. (2007). Influence of Water Stress and Low Irradiance on Morphological and Physiological Characteristics of *Picea asperata* Masters Seedlings. *Photosynthetica*, 45(4), 613-619.
- Yin, C., Pang, X., & Lei, Y. (2009). *Populus* from High Altitude Has More Efficient Protective Mechanisms Under Water Stress Than from Low-Altitude Habitats: A Study in Greenhouse for Cuttings. *Physiologia Plantarum*, 137(1), 22-35.
- Yüksek, F. T. (2007). *Sapsız Meşe (Quercus petraea (Mattuschka) Liebl.) Fidanı Gelişimi Üzerine Tohum Boyutu ve Kök Kesim Zamanının Etkisi*. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Artvin.
- Zobel, B. J., Van W. Y. K. G., & Stahl, P. (1987). *Growing Exotic Forests*. New York: John Wiley and Sons.

ÖZGEÇMİŞ

Orman Mühendisi Ahmet Kerem SERTER, İlk ve orta öğrenimini Samsun'da tamamladıktan sonra 2015 yılında üniversite öğrenimine başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nden 2019 yılında 2,83 derecesi ile mezun oldu. 2019 yılında Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Ağaçlandırma Şube Müdürlüğünde Danışman Orman Mühendisi olarak görev yapmaya başladı. 2021 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2022 yılı Ağustos ayında Kpss ve mülakat sonucunda Orman Genel Müdürlüğü bünyesinde Giresun Orman Bölge Müdürlüğü'ne atanarak Şebinkarahisar Orman İşletme Müdürlüğünde Orman Mühendisi ve görevlendirmeyle Orman İşletme Şefi olarak görev yapmaya başladı.

Halen Orman Genel Müdürlüğünde Orman İşletme Şefi olarak görev yapmakta ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.

Medeni hali bekar olup, B1 seviyesinde İngilizce bilmektedir.