

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KUZEY ANADOLU SAPSIZ MEŞESİ (*Quercus petraea* subsp. *iberica*) FİDANLARINDA
KURAKLIK STRESİNİN BAZI FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELER ÜZERİNE
ETKİSİ İLE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

Ebru ATAR

**ŞUBAT 2021
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KUZEY ANADOLU SAPSIZ MEŞESİ (*Quercus petraea* subsp. *iberica*) FİDANLARINDA
KURAKLIK STRESİNİN BAZI FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELER
ÜZERİNE ETKİSİ İLE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
ANALİZİ

Ebru ATAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 / 01 / 2021

Tezin Savunma Tarihi : 09 / 02 / 2021

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Zafer YÜCESAN

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

“Kuzey Anadolu Sapsız Meşesi (*Quercus petraea* subsp. *iberica*) Fidanlarında Kuraklık Stresinin Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi ile Morfolojik Özellikler Arasındaki İlişkinin Analizi” adlı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Doktora çalışması KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri birimince FHD-2020-8863 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Doktora 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. Zafer YÜCESAN’a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Değerli görüş ve fikirlerinden yararlandığım değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Ali Ömer ÜÇLER ve Doç. Dr. Aykut SAĞLAM’a katkı ve desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışma sürecimde değerli bilgi ve yardımlarını esirgemen değerli hocalarım Prof. Dr. İbrahim TURNA ve Doç. Dr. Deniz GÜNEY’e çok teşekkür ederim.

Doktora sürecinin yoğun fidanlık ve laboratuvar çalışmalarında özverili çalışması ile bana destek ve katkı sağlayan sevgili meslektaşım Arş. Gör. Ali BAYRAKTAR’a çok teşekkür ederim. Çalışmamın analiz kısımlarında değerli bilgi ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemen sevgili arkadaşım Dr. Esra BAYAR’a 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 Osman HATİPOĞLU ve annem Nurşen HATİPOĞLU’ya, canım abim Kadir HATİPOĞLU’ya ve birtanecik kardeşlerim Zeynep HATİPOĞLU ve Funda HATİPOĞLU’ya sonsuz sevgilerimi sunarım.

Doktora sürecim boyunca çalışmamın başlangıcından sonuna kadar ki geçen zorlu zaman dilimde, benimle birlikte her koşulda yoğun ve yorucu çalışmaları gerçekleştiren, her zaman yanımda olan ve desteğini her daim arkamda hissettiğim, sevgili eşim ve meslektaşım Dr. Fahrettin ATAR’a ve de canım kızım Tanem ATAR’a sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmanın ülkemiz ormancılığına ve bilim dünyasına faydalı olmasını dilerim.

Ebru ATAR
Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora tezi olarak sunduğum “Kuzey Anadolu Sapsız Meşesi (*Quercus petraea* subsp. *iberica*) Fidanlarında Kuraklık Stresinin Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi ile Morfolojik Özellikler Arasındaki İlişkinin Analizi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Zafer YÜCESAN’nın 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. 09/02/2021

Ebru ATAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Kuzey Anadolu Sapsız Meşesi (<i>Quercus petraea</i> subsp. <i>iberica</i>) Hakkında Genel Bilgiler	4
1.2. Stres Faktörleri	5
1.3. Kuraklık Stresinin Bitkiler Üzerindeki Etkisi	6
1.4. Kuraklık Stresinin Bitkilerin Morfolojik ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi.....	8
1.5. Literatür Özeti.....	12
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	18
2.1. Tohum Materyalinin Temini	18
2.2. Fidanların Yetiştirilmesi	19
2.3. Deneme Deseni.....	20
2.4. Fidanlarda Bazı Morfolojik Özelliklerin Tespiti.....	22
2.5. Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Fidanlarda Bazı Fizyolojik Özelliklerin Tespiti	24
2.5.1. Bitki Su Geriliminin (Ksilem Su potansiyeli) Tespiti	24
2.5.2. Toprak Sıcaklığı ve Neminin Ölçülmesi	26
2.6. Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Fidanlarda Bazı Biyokimyasal Özelliklerin Tespiti.....	27
2.6.1. Klorofil Pigment Tayini	27
2.6.2. Toplam Çözünebilir Karbonhidrat Tayini	28
2.6.3. Prolin Tayini	29
2.7. Populasyonlara Ait İklim Verileri ve Biyoiklim Sınıflandırması.....	30
2.8. Verilerin Değerlendirilmesi	31
3. BULGULAR	33
3.1. Kuraklık Stresine Maruz Fidanların Fizyolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular.....	33

3.1.1. Şafak Öncesi Bitki Su Gerilimine (Ksilem Su potansiyeli) İlişkin Bulgular	33
3.1.2. Fidanların Toprak Nemine İlişkin Bulgular	40
3.1.3. Fidanların Toprak Sıcaklığına İlişkin Bulgular	47
3.2. Kuraklık Stresine Maruz Fidanların Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular ..	48
3.2.1. Klorofil a Miktarına İlişkin Bulgular	48
3.2.2. Klorofil b Miktarına İlişkin Bulgular	54
3.2.3. Toplam Klorofil Miktarına İlişkin Bulgular	60
3.2.4. Toplam Karotenoid Miktarına İlişkin Bulgular	65
3.2.5. Toplam Çözünebilir Karbonhidrat İçeriğine İlişkin Bulgular	71
3.2.6. Prolin İçeriğine İlişkin Bulgular	78
3.3. Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular	85
3.3.1. Fidan Boyuna (FB) İlişkin Bulgular	86
3.3.2. Kök Boğaz Çapına (KBÇ) İlişkin Bulgular	87
3.3.3. Yan dal Sayısına (YDS) İlişkin Bulgular	88
3.3.4. Gövde Taze Ağırlığına (GTA) İlişkin Bulgular	89
3.3.5. Gövde Kuru Ağırlığına (GKA) İlişkin Bulgular	91
3.3.6. Kök Taze Ağırlığına (KTA) İlişkin Bulgular	92
3.3.7. Kök Kuru Ağırlığına (KKA) İlişkin Bulgular	93
3.3.8. Fidan Taze Ağırlığına (FTA) İlişkin Bulgular	94
3.3.9. Fidan Kuru Ağırlığına (FKA) İlişkin Bulgular	96
3.3.10. En Uzun Kök Boyuna (EUKB) İlişkin Bulgular	97
3.3.11. Ana Kök Sayısına (AKS) İlişkin Bulgular	98
3.3.12. Kök Yüzdesine (KY) İlişkin Bulgular	99
3.3.13. Gürbüzlük İndisine (Gİ) İlişkin Bulgular	101
3.3.14. Katlılık İndisine (Kİ) İlişkin Bulgular	102
3.3.15. Dickson Kalite İndeksine (DKİ) İlişkin Bulgular	103
3.4. Kümeleme ve Ayırma Analizi Sonuçlarına İlişkin Bulgular	104
3.5. Korelasyon Analizine İlişkin Bulgular	106
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	109
4.1. Şafak Öncesi Bitki Su Gerilimi, Toprak Nemi ve Toprak Sıcaklığına İlişkin Tartışma ve Sonuçlar	109
4.2. Fotosentetik Pigment Analizi, Toplam Çözünebilir Karbonhidrat ve Prolin İçeriğine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar	114
4.3. Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar	119
5. ÖNERİLER	127

6. KAYNAKLAR.....	129
ÖZGEÇMİŞ	



Doktora Tezi

ÖZET

KUZEY ANADOLU SAPSIZ MEŞESİ (*Quercus petraea* subsp. *iberica*) FİDANLARINDA KURAKLIK STRESİNİN BAZI FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ İLE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ANALİZİ

Ebru ATAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Zafer YÜCESAN
2021, 146 Sayfa

Çalışma kapsamında Kuzey Anadolu Sapsız Meşesi'nin farklı populasyonlarından temin edilen tohumlardan yetiştirilen fidanların kuraklık stresine karşı göstereceği bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri tespit edilmesi, hem türün kuraklığa karşı vermiş olduğu tepkiler hem de populasyonlara bağlı olarak kuraklığa verilen tepkilerin değişiminin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu bağlamda sapsız meşe fidanlarında şafak öncesi bitki su gerilimi, toprak sıcaklığı ve nemi, fotosentetik pigment analizleri, toplam çözünebilir karbonhidrat ve prolin içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca bir yaşındaki sapsız meşe fidanlarında bazı morfolojik özellikler ölçülerek, populasyonların kuraklık stresine karşı vermiş olduğu tepkiler ile morfolojik özellikler arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda gerek fizyolojik ve biyokimyasal özellikler gerekse morfolojik özellikler bakımından populasyonlar arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan kuraklık stresine maruz fidanlarda stres uygulaması süresinin artmasına bağlı olarak bitki su gerilimi, toplam karotenoid, prolin ve toplam karbonhidrat miktarlarının arttığı, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarlarının ise azaldığı belirlenmiştir. Yine morfolojik özellikler bakımından populasyonlar arasındaki varyasyonlar ortaya koyulmuş ve fidan kalite sınıflandırmasında önemli parametrelerden olan kuru kök yüzdesi, katlılık indisi, gürbüzlük indisi ve Dickson kalite indisine ait elde edilen veriler ile populasyonların kuraklık stresine verdiği fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler arasında güçlü ilişkilerin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fizyoloji, Su potansiyeli, Prolin, Çözünebilir Şeker, Varyasyon

PhD. Thesis

SUMMARY

EFFECT OF DROUGHT STRESS ON SOME PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS IN *Quercus petraea* subsp. *iberica* SEEDLINGS AND ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MORPHOLOGICAL TRAITS

Ebru ATAR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineer Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Zafer YÜCESAN
2021, 146 Pages

Within the scope of the study, it was aimed to determine some physiological and biochemical characteristics of the saplings grown from seeds obtained from different populations of the North Anatolian sessile oak against drought stress, and to reveal both the reactions of the species to drought and the changes in reactions to drought depending on the populations. In this context, pre-dawn plant water stress, soil temperature and humidity, photosynthetic pigment analysis, total soluble carbohydrate and proline contents of sessile oak seedlings were determined. In addition, some morphological features were measured in one-year-old sessile oak saplings, and the relationships between the reactions of populations to drought stress and morphological characteristics were evaluated. As a result of the study, it was determined that there are differences between the populations in terms of both physiological and biochemical characteristics and morphological characteristics. On the other hand, it was determined that due to the increase in the stress application period in the saplings exposed to drought stress, the plant water stress, total carotenoid, proline and total carbohydrate amounts increased, while chlorophyll a, b and total chlorophyll amounts decreased. Also, in terms of morphological characteristics, variations between populations were revealed and it was determined that there were strong relationships between the physiological and biochemical responses of the populations to drought stress with the data obtained from dry root percentage, sturdiness index, dry shoot-root ratio and Dickson quality index, which are important parameters in seedling quality classification.

Key Words: Physiology, Water potential, Proline, Soluble Sugar, Variation

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Kuzey Anadolu Sapsız Meşesi'nin Türkiye'deki yayılış alanı	5
Şekil 2. Araştırmaya konu populasyonların Türkiye haritasındaki konumları.....	18
Şekil 3. Boş ve dolu tohumların suda yüzdürme yöntemi ile belirlenmesi	19
Şekil 4. Tohumların polietilen tüplere ekim işlemlerinin yapılması	19
Şekil 5. Yetiştirilen fidanlar ve bakım işlemleri.....	20
Şekil 6. Sera içerisinde kuraklık stresi denemesi	21
Şekil 7. Sera içerisine kurulan portatif meteoroloji istasyonu.....	22
Şekil 8. Bir yaşındaki fidanlarda morfolojik karakterlerin ölçülmesi	23
Şekil 9. Basınç odası tekniği ile bitki su potansiyelinin ölçülmesi	26
Şekil 10. Şafak öncesi ölçümlerde fidanlara ait toprak nem ve sıcaklıklarının ölçülmesi ..	26
Şekil 11. Klorofil pigment analizinin yapılması.....	28
Şekil 12. Toplam karbonhidrat içeriğinin belirlenmesi	29
Şekil 13. Prolin miktarının belirlenmesi.....	30
Şekil 14. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak BSG miktarlarına ait Duncan testi sonuçları	36
Şekil 15. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak BSG miktarlarına ait Duncan testi sonuçları	37
Şekil 16. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin sonuçlar.....	38
Şekil 17. Yeniden sulama ve populasyona bağlı olarak BSG miktarlarının değişimi.....	40
Şekil 18. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak toprak nemine ait Duncan testi sonuçları	43
Şekil 19. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar	44
Şekil 20. Yeniden sulama ve populasyona bağlı olarak toprak neminin değişimi.....	46
Şekil 21. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak klorofil a miktarı değişimi	51
Şekil 22. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak klorofil a miktarına ait Duncan testi sonuçları	52
Şekil 23. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak klorofil a miktarına ilişkin sonuçlar	53
Şekil 24. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak klorofil b miktarının değişimi..	56
Şekil 25. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak klorofil b miktarına ait Duncan testi sonuçları	58

Şekil 26. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak klorofil b miktarına ilişkin sonuçlar.....	59
Şekil 27. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak toplam klorofil miktarının değişimi.....	62
Şekil 28. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak toplam klorofil miktarına ait Duncan testi sonuçları.....	64
Şekil 29. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam klorofil miktarına ilişkin sonuçlar.....	65
Şekil 30. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ait Duncan testi sonuçları.....	68
Şekil 31. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ait Duncan testi sonuçları.....	69
Şekil 32. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ilişkin sonuçlar.....	70
Şekil 33. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ait Duncan testi sonuçları.....	73
Şekil 34. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ait Duncan testi sonuçları.....	75
Şekil 35. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin sonuçlar.....	76
Şekil 36. Yeniden sulama ve populasyona bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarının değişimi.....	78
Şekil 37. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak prolin miktarına ait Duncan testi sonuçları.....	81
Şekil 38. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak prolin miktarına ait Duncan testi sonuçları.....	82
Şekil 39. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak prolin miktarına ilişkin sonuçlar.....	83
Şekil 40. Yeniden sulama ve populasyona bağlı olarak prolin miktarlarının değişimi.....	85
Şekil 41. Populasyonlara ait fidan boylarına ilişkin Duncan testi sonucu.....	86
Şekil 42. Populasyonlara ait kök boğaz çapına ilişkin Duncan testi sonucu.....	88
Şekil 43. Populasyonlara ait yan dal sayısına ilişkin Duncan testi sonucu.....	89
Şekil 44. Populasyonlara ait gövde taze ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu.....	90
Şekil 45. Populasyonlara ait gövde kuru ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu.....	92
Şekil 46. Populasyonlara ait kök taze ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu.....	93
Şekil 47. Populasyonlara ait kök kuru ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu.....	94
Şekil 48. Populasyonlara ait fidan taze ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu.....	95
Şekil 49. Populasyonlara ait fidan kuru ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu.....	96
Şekil 50. Populasyonlara ait EUKB'ye ilişkin Duncan testi sonucu.....	98

Şekil 51. Populasyonlara ait AKS'ye ilişkin sonuçları gösteren histogram	99
Şekil 52. Populasyonlara ait kök yüzdesine ilişkin Duncan testi sonucu.....	100
Şekil 53. Populasyonlara ait gürbüzlük indisine ilişkin Duncan testi sonucu	101
Şekil 54. Populasyonlara ait katlılık indisine ilişkin Duncan testi sonucu.....	103
Şekil 55. Populasyonlara ait Dickson kalite indeksine ilişkin Duncan testi sonucu	104
Şekil 56. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda populasyonların ölçülen morfolojik özelliklere göre meydana getirdiği gruplar	105
Şekil 57. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda populasyonlar arasında elde edilen grupların harita üzerindeki dağılımı	106
Şekil 58. Morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklere ilişkin korelasyon analizi sonucu.....	107



TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Populasyonlara ait koordinat bilgileri	18
Tablo 2. Trabzon ili uzun dönem ortalama iklim verisi	20
Tablo 3. Sera içerisindeki sıcaklık ve nem verileri	22
Tablo 4. Sapsız meşe populasyonlarına ait uzun dönem iklim verisi ve biyoiklim sınıflaması	30
Tablo 5. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin sonuçlar.....	33
Tablo 6. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	34
Tablo 7. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin sonuçlar	35
Tablo 8. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin sonuçlar	37
Tablo 9. Yeniden sulama ve populasyon etkileşimine bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin sonuçlar	39
Tablo 10. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar	41
Tablo 11. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toprak nemine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	41
Tablo 12. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar	42
Tablo 13. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar	44
Tablo 14. Yeniden sulama ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar	46
Tablo 15. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toprak sıcaklığına ilişkin sonuçlar.....	47
Tablo 16. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toprak sıcaklığına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	48
Tablo 17. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak klorofil a miktarına ilişkin sonuçlar.....	49
Tablo 18. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak klorofil a miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	49
Tablo 19. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak klorofil a miktarına ilişkin sonuçlar.....	50
Tablo 20. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak klorofil a miktarına ilişkin sonuçlar	51

Tablo 21. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak klorofil b miktarına ilişkin sonuçlar.....	54
Tablo 22. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak klorofil b miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	55
Tablo 23. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak klorofil b miktarına ilişkin sonuçlar.....	56
Tablo 24. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak klorofil b miktarına ilişkin sonuçlar	57
Tablo 25. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toplam klorofil miktarına ilişkin sonuçlar.....	60
Tablo 26. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toplam klorofil miktarlarına ilişkin varyans analizi sonuçları	61
Tablo 27. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak toplam klorofil miktarına ilişkin sonuçlar.....	61
Tablo 28. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam klorofil miktarına ilişkin sonuçlar.....	63
Tablo 29. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ilişkin sonuçlar.....	66
Tablo 30. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları	67
Tablo 31. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ilişkin sonuçlar.....	67
Tablo 32. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ilişkin sonuçlar.....	69
Tablo 33. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin sonuçlar	71
Tablo 34. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	72
Tablo 35. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin sonuçlar	73
Tablo 36. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin sonuçlar.....	74
Tablo 37. Yeniden sulama ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin sonuçlar	77
Tablo 38. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak prolin miktarına ilişkin sonuçlar.....	79
Tablo 39. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak prolin miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	79
Tablo 40. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak prolin miktarına ilişkin sonuçlar	80

Tablo 41. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak prolin miktarına ilişkin sonuçlar	82
Tablo 42. Yeniden sulama ve populasyon etkileşimine bağlı olarak prolin miktarlarına ilişkin sonuçlar	84
Tablo 43. Populasyonlara ait fidan boylarına ilişkin sonuçlar	86
Tablo 44. Populasyonlara ait kök boğaz çapına ilişkin sonuçlar.....	87
Tablo 45. Populasyonlara ait yan dal sayısına ilişkin sonuçlar	88
Tablo 46. Populasyonlara ait gövde taze ağırlığına ilişkin sonuçlar	90
Tablo 47. Populasyonlara ait gövde kuru ağırlığına ilişkin sonuçlar	91
Tablo 48. Populasyonlara ait kök taze ağırlığına ilişkin sonuçlar.....	92
Tablo 49. Populasyonlara ait kök kuru ağırlığına ilişkin sonuçlar	93
Tablo 50. Populasyonlara ait fidan taze ağırlığına ilişkin sonuçlar.....	95
Tablo 51. Populasyonlara ait fidan kuru ağırlığına ilişkin sonuçlar.....	96
Tablo 52. Populasyonlara ait EUKB'ye ilişkin sonuçlar.....	97
Tablo 53. Populasyonlara ait AKS'ye ilişkin sonuçlar.....	99
Tablo 54. Populasyonlara ait kök yüzdesine ilişkin sonuçlar.....	100
Tablo 55. Populasyonlara ait gürbüzlük indisine ilişkin sonuçlar.....	101
Tablo 56. Populasyonlara ait katlılık indisine ilişkin sonuçlar.....	102
Tablo 57. Populasyonlara ait Dickson kalite indeksine ilişkin sonuçlar	103
Tablo 58. İklim verileri ve ölçülen parametrelere ilişkin korelasyon analizi sonucu.....	108

SEMBOLLER DİZİNİ

mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
μ l	: Mikrolitre
μ mol	: Mikromol
g	: Gram
$^{\circ}$ 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

Ormanlar, ülke ekonomilerine doğrudan katkılar yapan ve canlıların hayatiyetlerinin devamlılığında son derece önemli ekolojik hizmetler sunan doğal kaynakların başında gelmektedir. Yaşanabilir bir dünya ve sağlıklı yaşam için ormanların mevcudiyeti ve sürdürülebilir yönetim anlayışıyla işletilmesi bir gerekliliktir. Ancak dünya üzerinde her yıl ülkemiz orman varlığına eş değer alan yok olmaktadır. Geniş alanları kapsayan ormansızlaşma başta iklim değişikliği gibi birçok çevresel sorunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Türkiye, geçmişten günümüze ormanlar varlığının artırılması ve devamlılığı için önemli faaliyetlerde bulunmaktadır. Ülkemiz orman varlığı 1973 yılında 20.199.296 hektar iken, 2015 yılında 22.342.935 hektara ulaşmış ve ülke yüzölçümünün %28,6'sını kaplamaktadır. Fakat bu ormanların %57'si normal verimli ve %43'ü ise bozuk orman vasfındadır. Orman varlığımızda geniş alanlar kaplayan bozuk vasıflı ormanlar ekonomik, sosyal ve kültürel yönden kendilerinden beklenen hizmetleri sunamaz hale gelmiştir. Bozuk orman alanlarının tekrardan nitelik ve nicelik bakımından verimli hale dönüştürülmesi, orman ekosistemlerinin sağladığı çeşitli fonksiyonel yararların devamlılığı için son derece önem arz etmektedir. Bir ülkenin orman varlığı, ülke yüzölçümünün %30'un kadar olması durumda yeterli kabul edilmektedir. Türkiye'nin 2015 yılı orman varlığına göre %30'luk ormanlık alanı hedefine ulaşması için, bir milyon hektar yeni orman alanının tesis edilmesi gerekmektedir (Anonim, 2015).

Türkiye ormanlarının büyük bir bölümü tıpkı dünyada olduğu gibi çeşitli şekillerde tahribata uğradığından, nitelik ve nicelik yönünden onlardan beklenen faydaları yeterli düzeyde sağlayamamaktadır. Hem nüfusun hızla çoğalması hem de orman alanlarının daraltılması, gelecekte odun hammaddesine olan gereksinimin daha da artmasına neden olacaktır. Gerek bu artışın karşılanabilmesi gerekse sanayileşme neticesinde meydana gelen hava, su ve kara kirliliğinin önlenmesi amacıyla daha çok orman varlığına ve ağaçlandırma çalışmalarına ihtiyaç vardır (Yahyaoğlu, 1987; Ürgenç, 1998).

Orman varlığının artırılmasında yapay ve doğal gençleştirme, rehabilitasyon ve ağaçlandırma çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Ağaçlandırma faaliyetlerinin temel görevi doğal ve yapay gençleştirme çalışmalarıyla verimsiz ormanları verimli hale dönüştürmektir. Orman varlığını artırmaya konu olan sahaların birçoğu kurak ve yarı kurak

bölgeler içerisinde yer almaktadır. Kurak ve yarı kurak alanlarda yapılacak ağaçlandırmalar ise yoğun çaba ve zahmet gerektiren çalışmalardır. Buna benzer sahalar dünyada ve ülkemizde büyük alanlar kapsamaktadır (Ürgeç, 1998). Ülkemiz yarı kurak ve yarı nemli orta enlem bölgesinde yer almaktadır. Aynı bölgede bulunan birçok ülkede olduğu gibi bazı dönemlerde daha kurak, bazı dönemlerde ise daha nemli iklim şartları hakim olmaktadır. Türkiye'de kurak ve yarı kurak alan miktarının 51 milyon hektar olup, ülkemizin %37,3'ünde yarı kurak iklim şartları hakimdir (Turan, 2018).

Son yıllarda iklim değişikliği ya da diğer adıyla küresel ısınma birçok sorunun nedeni olarak gösterilmeye başlanmıştır. Küresel iklim değişikliğinin etkileri kuraklık, su kaynaklarının azalması, sellerdeki artışlar, sıcak hava dalgaları vb. olarak ortaya çıkmaktadır (Turan, 2018). Kuraklık dünya çapında bir sorun durumuna gelmiş olup, Türkiye'de dünya üzerindeki konumundan kaynaklı kuraklığın söz konusu olduğu bir noktada yer almaktadır (Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2018). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu ile Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü danışmanlığında yürütülen “Havza İzleme ve Değerlendirme Sistemi Kurulumu Projesi ve Çölleşme Kriter ve Göstergelerinin Belirlenmesi” adlı proje kapsamında Türkiye'nin çölleşme risk haritası oluşturulmuştur. Proje sonucunda zayıf, orta ve yüksek olmak üzere 3 farklı seviyede gruplandırılan çölleşme risk haritasına göre Türkiye arazilerinin %12,7'si zayıf, %53,2'ü orta, %25,5'i ise yüksek çölleşme risk sınıfında yer aldığı bildirilmiştir (Tübitak, 2015).

Orman ağaçlarında büyüme ve adaptasyon diğer canlılarda olduğu gibi genetik yapı ve çevre faktörleri tarafından kontrol edilmektedir (Kozłowski ve Pallardy, 1997). Suyun tek başına veya diğer çevresel faktörlerle birlikte yeryüzünde vejetasyon dağılımını belirleyen önemli bir faktör olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Kramer ve Kozłowski, 1960, Kozłowski ve Pallardy, 1997). Suyun bitki gelişimindeki önemi nedeniyle, su azlığı veya su fazlalığına bağlı olarak oluşan su stresi konusunda pek çok araştırma yapılmıştır (Bozcuk ve Topçuoğlu, 1984).

Orman yetiştirme ortamlarının büyük bir bölümü kuraklık etkisi altında olup günümüzde küresel boyutta iklimsel değişimin etkisi ile tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de kurak ve yarı kurak bölgelerin giderek artma eğiliminde olduğu bilinen bir gerçektir. Birçok ülke kuraklık etkisinin zararlarına karşı önlem alma ve bu zararları en aza indirmek amacıyla çeşitli çalışmalarla çözüm bulma uğraşındadır. Kuraklığa dayanıklı türler ve orijinler tespit edilerek bunların uygun yetiştirme ortamlarında kullanılması ve gelecekteki tohum transferi ve ıslah çalışmaları için de büyük önem taşımaktadır. Günümüzde çevresel koşullar çok hızlı

değişmekte, küresel ısınma sonucu bitkiler üzerindeki kuraklık stresinin etkisi giderek artmakta olup çevresel koşulların değişim hızı, orman popülasyonlarının bu değişime ayak uydurma hızından daha fazla olmaktadır (Dirik, 1994; Dirik, 2000; Ericsson vd., 1993).

Su yetersizliğinin, bugüne kadar ağaç türlerinin gelişimini önemli ölçüde etkilemediği bölge veya rejyonlarda bile, yakın gelecekte kuraklık stresinin yaratacağı problemlerle karşılaşılabilir. O halde, aynı iklimatik rejyonlardaki popülasyonların dahi, kuraklık stresine göre dayanıklılıklarının kıyaslanması önem kazanmaktadır. Bu yaklaşım aynı zamanda, belirsiz bir gelecek için aktif gen korumanın da altyapısını oluşturmada önemli bir işlev görecektir (Namkoong, 1986, Chaves ve Oliveira, 2004). Bu yüzden lokal orijinlerin güvencesi kesin olmayıp, nispeten kuraklığa dayanıklı orijinlerin de tespit edilmesi gelecekteki ağaçlandırma stratejilerinin belirlenmesi açısından önemlidir (Çalikoğlu, 2002).

Ormanlarımızdan en yüksek verimi alabilmemiz için öncelikle ormanlarımızı oluşturan ağaç türlerinin her yönüyle araştırılması gerekmektedir. Ülkemiz ormanlarında geniş sahalar üzerinde saf ve karışık meşcereler kuran asli ağaç türleri, az veya çok, çeşitli yönleriyle incelenmiş, bilinmeyenleri çözülmeye çalışılmıştır. Asli ağaç türlerimiz arasında yer alan meşeler ise gerek kapladığı alan gerekse 18 adet doğal türünün bulunması bakımından ülkemiz açısından büyük önem arz etmektedir. Sapsız meşe hem geniş yayılış alanına sahip olması hem de kaliteli odunu ile başta mobilya sanayinde olmak üzere birçok kullanım alanlarının bulunması nedeniyle önemli meşe türlerimizden biridir.

Sapsız meşe türünün ülkemizde farklı ekolojik koşullarda doğal olarak yetişebilmesi, ılıman iklimlerin ağacı olmakla birlikte az yağış ve kuraklığa da dayanıklı olması, yetiştirme yeri istekleri açısından kanaatkar bir tür olması ve hali hazırda birçok alanda kullanım alanı bulunması nedeniyle üzerinde durulması gereken türlerden olduğu düşünülmektedir. Türkiye’de farklı bölgelerde doğal olarak yayılış gösteren Kuzey Anadolu sapsız meşesi’nin farklı popülasyonlarından temin edilen tohumlardan yetiştirilen fidanlar üzerinde araştırma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada fidanların kuraklık stresine karşı göstereceği fizyolojik (ksilem su gerilimi değerleri, toprak sıcaklığı ve nemi) ve biyokimyasal (fotosentetik pigment analizi, toplam çözünebilir karbonhidrat ve prolin içeriği) tepkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca popülasyonlar arasındaki morfolojik varyasyonlar ile fidanların kuraklık stresine karşı göstereceği fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler arasındaki ilişkilerin ortaya koyulması hedeflenmiştir. Ulaşılan sonuçlar ile kuraklığa dayanıklı popülasyonların tespit edilmesi, gelecekteki ağaçlandırma stratejilerinin belirlenmesi, ıslah çalışmalarına ve aktif gen korumanın altyapısını oluşturmaya katkılar sağlanması amaçlanmıştır.

1.1. Kuzey Anadolu Sapsız Meşesi (*Quercus petraea* subsp. *iberica*) Hakkında Genel Bilgiler

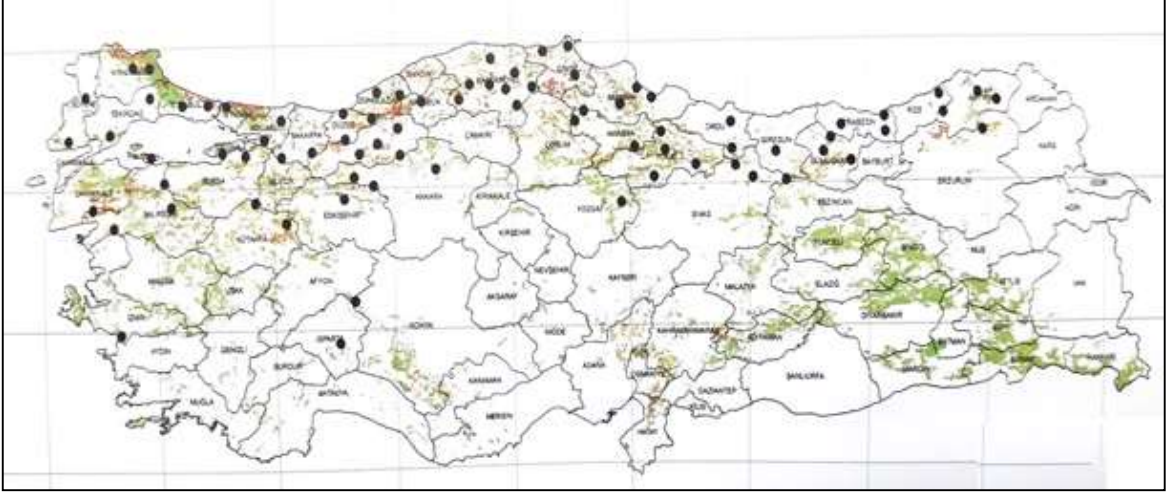
Sapsız Meşe kışın yaprağını döken, 30 m'ye kadar boylanabilen, dar tepeli bir orman ağacıdır. Genç sürgünler kırmızımsı kahverengi ve tüysüzdür. Yapraklar uzun saplı, dibe doğru daralır ve kama biçiminde sonuçlanır. Genellikle simetrik olan yaprakların lobları da düzenli ve fazla derin değildir. Yaprığın üst yüzü çıplak, koyu yeşil ve alt yüzü genellikle dağınık, seyrek yıldız tüylerle örtülüdür. Dişi çiçekler sürgünlerle ya doğrudan doğruya oturlar ya da çok kısa bir sapa bağlıdır. Sapsız meşe adı da bu özelliğinden kaynaklanmaktadır. Yetiştirme yeri istekleri açısından kanaatkâr bir türdür. Ilıman iklimlerin ağacı olmakla birlikte az yağış ve kuraklığa da dayanıklıdır. İlkbahar donlarına karşı duyarlıdır. Işık-yarıgölge ağacıdır ve güneşi sever. Toprak isteği bakımından kanaatkârdır. Taze asidik ve hafif topraklarda iyi gelişir. Kurak topraklara da dayanıklıdır.

Genel yayılışı Avrupa, Balkanlar, Trakya ve Anadolu'dur. Sapsız Meşe'nin Türkiye'de üç alttürü bulunur:

Quercus petraea subsp. *petraea*: Kadeh pulları düzgün, yaprak altı sık tüylü, alt damarların eksenlerinde tüy kümeleri vardır. Kırklareli, Tekirdağ ve Bolu yörelerinde yayılış göstermektedir.

Quercus petraea subsp. *iberica*: Kadeh pulları yumru şeklinde, yaprak alt yüzü çıplaktır. Loblar sığ, yaprak 12 cm kadardır. Marmara bölgesi ve tüm Karadeniz Bölgesi'nde yayılmaktadır. Artvin-Çoruh vadisinde, Trabzon, Gümüşhane yörelerinde yaygındır (Şekil 1).

Quercus petraea subsp. *pinnalioba*: Yaprığın alt yüzü tüylüdür. Lobları derindir. Yaprak büyük 17 cm'ye kadar olabilir. Türkiye'de Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da, Amanos ile Antitoros dağlarında yayılmaktadır (Yaltırık, 1984; Anşin ve Özkan, 2006; Öztürk, 2013).



Şekil 1. Kuzey Anadolu Sapsız Meşesi'nin Türkiye'deki yayılış alanı

1.2. Stres Faktörleri

Bitkilerin maruz kaldığı çevresel faktörler, kalite ve verimliliği önemli derece de etkilemektedir. Bunlar toprak ve iklim faktörü, doğal olmayan kirleticiler, hayvanlar ve diğer bitkiler ile rekabet şeklinde sınıflandırılabilir. Biyologlar canlı organizmalara elverişli olmayan herhangi bir çevre faktörü için “stres” terimini benimseyerek, uygun olmayan bir çevre faktörüne karşı bitkinin hayatta kalabilme yeteneğine ise “stres direnci” adını vermişlerdir (Levitt, 1980).

Bitkilerde stres çevre kaynaklı veya biyolojik faktörlerin ayrı ayrı ya da beraberce, bitkinin fizyolojisinde belirgin değişiklikler meydana getirmesi olarak ifade edilmektedir. Başka bir ifadeyle stres, normal döngüsündeki bir sistemin fonksiyonlarında çevrenin etkisiyle kısıtlamaya yönelmesi olarak tanımlanabilir. Bitkilerde stres durumu, önemli metabolik ve fizyolojik değişimlere neden olarak, büyüme ve gelişimi olumsuz yönde etkilemekte, bitkinin veya organlarının ölümüne yol açabilmektedir. Bir bitkide stres, su ve besin maddesi emiliminin, büyümenin, gelişimin, fotosentezin, solunumun, üremenin vb. fizyolojik değerlerin değişmesi ile meydana gelir (Çebel, 1995; Lambers vd., 1998).

Bitkiler, hareket yeteneğine sahip olmadıklarından ötürü çevresel koşullardaki değişikliklerden ve olumsuz koşullardan en fazla etkilenen canlılardır. Yaşam döngüleri süresince meydana gelen kuraklık, tuzluluk, aşırı yağış, soğuk vb. iklimsel faktörlere bağlı gelişen abiyotik stres koşulları, bitki gelişimi üzerinde doğrudan etkilidir (Taiz ve Zeiger, 2010). Bitkiler, çevresel koşullarda meydana gelebilecek olan bu değişikliklerden en az zarar görecektir şekilde büyüme ve gelişme mekanizmalarını esnetebilir ve hatta uzun yıllar

boyunca aynı iklim koşullarında yetiştiklerinde çevresel etmenlerden en az etkilenecek şekilde adaptasyon sağlayabilirler. Bitkilerin çok farklı çevresel koşullara adapte olabildiklerinin en güzel göstergelerinden biri de aynı türe ait bitkilerin dünya üzerinde farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde yayılım gösteribilmeleridir (Öztürk, 2015). Abiyotik stres koşullarına karşı bitkilerin tepkilerini ortaya koyabilmek önemli ve zorlayıcı bir konudur (Hirayama ve Shinozaki, 2010). Çünkü bitkilerin strese karşı tepkileri stresin süresine ve yoğunluğuna göre değişkenlik gösteren dinamik bir süreçtir (Kosová vd., 2011). Bitkilerin abiyotik stres koşullarına karşı oluşturdıkları tolerans ise tüm organizma ve hücresele seviyelerde oldukça karmaşıktır (Ashraf ve Foolad, 2007).

1.3. Kuraklık Stresinin Bitkiler Üzerindeki Etkisi

Kuraklık, bir bölgede alınan yağış miktarının belirli süre içerisinde beklenen miktarın altında kalması ve nem miktarındaki dengesizliğin su kıtlığı ile ilişkisi olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2012). Başka bir ifadeyle kuraklık, belirli bir alanda buharlaşma yoluyla kaybedilen suyun, yağışlarla sağlanan sudan daha fazla olması durumudur (Özyuvacı, 1999). Bir bölgeye “kurak bölge” diyebilmek için, o bölgede yağış azlığı ve su yetersizliğinin mevcut olması ve bu durumun sürekliliği gerekmektedir (Uluocak, 1974). Dünya üzerindeki yıllık 300 mm’den daha az yağış olan bölgeler “kurak alanlar”, yıllık yağış miktarı 300 ile 600 mm arasında değişen bölgeler ise “yarı kurak alanlar” olarak tanımlanmaktadır. Kuraklık, su yetersizliğinin bitkilerin uygun yaşam faaliyetlerini engellemesinden ötürü bir stres türü olarak ele alınabilir. Gerek su yetersizliğinin, gerekse su fazlalığının bitkiler üzerinde bir stres meydana getirebileceği ifade edilmekle birlikte, genel olarak su yetersizliğinin neden olduğu stres durumu ön planda tutulmakta ve bu durum “kuraklık stresi” olarak adlandırılmaktadır (Goor ve Barney, 1968).

Kuraklık stresi bitkilerde pek çok biyokimyasal, fizyolojik ve moleküler tepkileri harekete geçirmekte, bunun sonucunda bitkiler de değişen çevre koşullarına uyum sağlayabilmek için strese durumuna karşılık olarak adaptasyon mekanizmaları geliştirmektedir. Su yetersizliğine karşı oluşturulan bitkilerdeki bu tepkiler, genotipe, türe, su kaybı şiddeti ve uzunluğuna, bitkinin yaşına, gelişim durumuna bağlı olarak farklılık göstermektedir (Bray, 1997).

Bitkiler, kuraklık stresinin olumsuz etkilerinden sakınmak için adaptasyon, kuraklıktan kaçınma ve kuraklık toleransı olmak üzere üç farklı stratejiye sahiptir. Kurak

süreçlere dayanıklılık kapasitesi “kuraklığa adaptasyon”, protoplazmadaki su potansiyeli azalmasının bitkiye zarar verecek düzeye gelmesini engelleyen strateji “kuraklıktan kaçınma” olarak tanımlanmaktadır. Bitkilerin su eksikliği süresince turgoru devam ettirmek adına koruyucu ozmolitler sentezlemesi ise “kuraklık toleransı” olarak adlandırılmıştır (Gürel ve Avcıoğlu, 2001; Mundree vd., 2002). Uzun sürelerce canlılıklarını sürdürebilmek için dokularında su depolayan sukkulent bitkiler kuraklıktan kaçınma mekanizmasına örnek olarak verilebilir (Salisbury ve Ross, 1992). Orta şiddetteki kuraklık stresi durumunda stresten kaçınan bitkiler hayatlarını sürdürebilirken, çok daha şiddetli kuraklık stresi şartlarında ise koruyucu mekanizmalarını aktif hale getiren strese toleranslı bitkiler hayatiyetlerini devam ettirebilirler (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Bazı bitkiler kuraklık stresinden kaçınmak için yapraklarının güneş ışınlarına göre yön değiştirmesi, üzerinde mum tabakasının olması, kıvrılma özelliğine sahip olması vb. koruyucu mekanizmalara sahiptir (Sağlam, 2004). Su eksikliği süresince turgoru devam ettirmek adına koruyucu ozmolitler sentezleyen çöl bitkileri kuraklık toleransına örnek olarak gösterilebilir (Mundree vd., 2002; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Bitkilerin su stresi durumunda stomalarını daraltması ve kapatması olayı, su kaybını önlemek adına ortaya çıkardığı ilk adaptasyon mekanizmasıdır (Osakabe vd., 2014).

Kurak alanlarda yer alan doğal bitki popülasyonlarının, kuraklık stresinin etkisi ile binlerce yıl süren doğal seleksiyon sonucu, bu koşullara ileri derecede uyum sağlayabilme yeteneğine sahip oldukları ifade edilmektedir (Nilsen ve Orcutt, 1996; Gaspar vd., 2002). Benzer şekilde bazı orman ağaçlarının orman sınırına yakın popülasyonları, ekstrem koşullara adapte olmakta ve daha iyi yetiştirme ortamlarındaki popülasyonlara göre farklı bir genetik yapıya sahip olmaktadır (Van Buijtenen ve Stern, 1967). Ayrıca, Zobel vd. (1987) yabancı orijinli orman ağacı popülasyonlarının da, yetiştirildikleri bölgenin dışındaki koşulların (kuraklık gibi) etkisiyle, bir idare süresi boyunca etkili bir seleksiyona maruz kalabileceklerini ve bu süre sonunda, söz konusu koşullara adaptasyon sağlayabildiklerini (stres teorisi) ifade etmektedir.

Kuraklık durumuna maruz bölgelerin vejetasyon yapısı da önemli ölçüde etkilenmektedir. Kurak ve yarı kurak alanlardaki vejetasyon tipleri, dünyanın çok farklı yerlerinde olsalar bile bu alanlardaki su yetersizliği, söz konusu vejetasyon tipleri açısından çok karakteristik bazı ortak yönler meydana getirmektedir. Bu alanlardaki bitkiler, genel olarak kurak dönemi dormant olarak geçirmekte, sıcaklığa bağlı protoplastik stabilitesi ve

viskozitesi yüksek olmakta, kuru ağırlık oranı çok fazla, yüksek miktarda glikoz ve düşük osmotik potansiyel değerine sahip olmaktadır (Vorontzova ve Zaugolnova, 1985).

Bir türe ait orijinlerin kuraklığa toleransı (solma noktasının daha düşük ozmotik potansiyel değerinde gerçekleşmesi) ile temsil ettikleri yörelerin yaz kuraklığı şiddeti arasında bir ilişkinin olduğu belirtilmektedir (Dirik, 2000). Yine ağaç türlerine ait orijinlerin kuraklığa dayanıklılıkları ile temsil ettikleri doğal yayılış alanlarındaki iklimin koşullarının kuraklık derecesi arasında bir paralelliğin var olduğu anlaşılmaktadır. Kuraklık stresi ile orijinlerin bu strese karşı dayanıklılıkları irdelenirken, herhangi bir orijinin kuraklığa olan dayanıklılığı ile temsil ettiği rejyonun iklimi arasında bir ilişki kurmak yanında, o orijinin kuraklığa dayanıklılığının niteliğini de ortaya koymak önemlidir. Bir tür veya orijin kuraklık stresine, ya kuraklıktan sakınarak ya da kuraklığı tolere ederek karşı koyabilirler. Bu iki nitelik aynı tür veya orijinde eşit oranda yer alabileceği gibi, farklı tür veya orijinlerde ayrı ayrı da önem kazanabilir (Çalikoğlu, 2002).

1.4. Kuraklık Stresinin Bitkilerin Morfolojik ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi

Su, tüm canlılar için olduğu gibi, bitkiler için de yaşamsal öneme sahip temel maddelerin başında gelmektedir. Su eksikliği veya yetersizliği, bitkiler üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak birçok olumsuz etkilere neden olmaktadır (Kulaç, 2010). Bitkiler kurak şartlar altında turgor basıncını dolayısıyla su potansiyeli miktarını değiştirmektedir. Stres faktörlerinin bitki gelişimleri üzerindeki temel etkisi daha çok ozmotik basınç ile ifade edilmektedir. Osmotik dengeleme olayı, bitkilerde kuraklık stresinin etkilerini en aza indirme hususunda çok önemli bir rol oynamaktadır (Morgan, 1995). Bitkilerin osmotik olarak denge sağlaması “ozmotik uyum” olarak tanımlanmaktadır (Hamada vd., 1992). Bitkiler, hayatlarını devam ettirebilmek adına toprak çözeltisinde mevcut bazı iyonlardan faydalanmak veya bazı organik bileşikleri sentezlemek suretiyle osmotik su kaybını en az seviyede tutmaktadır (Ashraf, 1994; Salama vd., 1994).

Bitkiler hücre turgor dengesini sağlamak ve korumak amacıyla ozmolit olarak adlandırılan prolin, glisin, asparajin vb. serbest aminoasitler, karbonhidratlar, betain ve organik asitler gibi bir grup çözünür madde üretir ve biriktirirler (Tari vd., 2008; Öztürk, 2015; Liang vd., 2013). Yaprak su basıncını dengelemekte görevli olan ozmolitler stoma iletkenliğini artırarak fotosentezin devamlılığını sağlar ve böylece büyümeye destek olurlar.

Kurak koşullarda su dengesinin korunması ve hücre metabolik aktivitelerin kısıtlı da olsa devam edebilmesi bitkilere kısa süreli bir dayanıklılık sağlamaktadır. Ancak stres faktörünün uzun süre devam etmesi durumunda, ozmolit birikimi su yetersizliğinden dolayı meydana gelen turgor kaybını dengelemeye yeterli olmamaktadır (Öztürk, 2015).

Topraktaki ve atmosferdeki su eksikliği bitki büyümesini ve fotosentezi sınırlayan önemli bir faktördür (Shvaleva vd., 2006). Kuraklık periyoduyla başa çıkabilmek için bitkiler, genotipik çeşitlilik gösteren (kuraklıktan-kaçınma ve kuraklık-toleransı gibi) mekanizmalarına güvenirler. Bu mekanizmalar bitkilerin morfolojik özelliklerinde değişime yol açarlar. Örneğin; kök sistemlerini derine indirirler (Chavez vd., 2002), yaprak transpirasyon oranlarını düşürürler ya da yaprak küçülmesi ve büyüme kısıtlaması yoluyla transpirasyon yüzeylerini azaltarak abiyotik çevresel strese dayanıklılık gösterirler (Chavez vd., 2003; Munn-Bosch ve Alegre, 2004).

Kuraklık stresinin bitkilerde sürgün boyu, çap artışı vb. morfolojik karakterleri de olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Kulaç, 2010). Rose vd. (1983)'nin belirttiğine göre ağaç büyümesinde, mevsimsel değişimin %80 ile %90'ı doğrudan su stresi ile ilgilidir. Chehab vd. (2009)'nin yapmış oldukları çalışmada Kamel ve Loser, (1995)'e atfen son yıllarda yapılan çalışmalar, topraktaki kullanılabilir su miktarı ile bitkilerin büyümesi arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla su stresinin dünya üzerindeki birçok bölgede bitki büyümesini sınırladığı belirtilmektedir.

Kuraklık koşullarında yapraklar genellikle transpirasyon yoluyla kaybolan su miktarını azaltmaya, kökler ise toprakta mevcut olan suyu daha yüksek bir kuvvetle absorbe etmeye yönelik morfolojik değişimler geçirirler. Kuraklık stresi koşullarında ilk olarak kök gelişimi hızlanmakta ve kökün gövdeye oranı artmaktadır. Ayrıca kuraklık durumunda fotosentez hızı yavaşlamakta ve buna bağlı olarak filiz gelişimi zayıflamaktadır. Fotosentez sonucu elde edilen birikimlerin önemli bir bölümü kök gelişimini desteklemek amacıyla köklere taşınmaktadır (Öztürk ve Seçmen 1992). Kuraklığın artması ile yapraklardaki stoma aralığı daralmakta, hücre büyüme ve gelişmesinde azalma meydana gelmektedir. Şiddetli su stresi, fotosentezin bloke edilmesine, fotosentetik karbon asimilasyonunun sürekli bir şekilde engellenmesine, metabolizmanın bozulmasına ve en nihayetinde de bitkinin ölümüne neden olabilir. Stomaların kapanmasını takiben CO₂ girişinde azalma meydana gelir. Dolayısıyla CO₂ asimilasyonunda ve net fotosentezde düşüş oluşur (Farquhar ve Sharkey, 1982; Dubey, 1997).

Bitkilerde kuraklık stresi durumunu genellikle su noksanlığı ve kuruma olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür (Smirnoff, 1993). İlk grup olan su noksanlığı durumunda bitkiler orta derecede su kaybı sonucu stomalarını kapatarak gaz değişimini kısıtlar. Oransal su içeriğinin yaklaşık % 70'de kaldığı hafif su noksanlığına maruz bitkiler stomalarını kapatması sonucu karbondioksit alımını kısıtlanmaktadır. Metabolizma ve hücre yapısının tamamen bozularak enzimle katalizlenen reaksiyonların durmasına sebep olabilecek aşırı miktardaki su kaybı ise kuruma olarak adlandırılabilir (Smirnoff, 1993; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Solma durumunda, bitkiler sahip oldukları turgor basıncını yitirerek hücreler çökmekte, ihtiyaç duydukları suya kavuştuklarında ise solgunluk şiddeti azalarak eski halini alabilmektedir. Ancak kuruma olayı gerçekleştiğinde solma çok ileri düzeye ulaştığından, bitki tekrardan eski haline dönememektedir (Kaçar, 2015). Kurumaya hassas çoğu vasküler bitkilerin vejetatif dokularında oransal su içeriği % 30'un altına düşerse iyileşme süreci gerçekleşmemektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Topraktaki su yetersizliği durumunda, yapraklardan terlemeyle yitirilen suyun bitki köklerinden karşılanamaması sonucu turgor kaybedilmekte ve bunun sonucunda yaprak hücreleri plazmoliz durumuna geçerek pörsüme olayı gerçekleşmektedir (Günay, 2005). Kurak şartların meydana geldiği ilk dönemler, bitki daha fazla su elde edebilmek için gövde uzamasını yavaşlatmakta ve kök gelişimini artırmaktadır (Öztürk, 2015). Bunun yanında, kuraklığın uzun sürmesi halinde bitkilerin kök ve gövde gelişimini tamamen durdurmakta, yaprak sayısı ve alanını azaltmakta ve kuraklık şiddetine bağlı olarak bazı yaprakları sararak dökülmektedir (Anjum vd., 2011; Öztürk, 2015).

Su stresi kloroplastlarda fotosentezi etkileyen yapısal değişimlere neden olur (Dubey, 1997). Kuraklık stresi altında fotosentetik pigment içeriği (klorofil a, klorofil b, karotenoidler) azalır (Yordanov vd., 2000; Pukacki ve Kaminska-Rozek, 2005; Terzi vd., 2010). Kuraklık stresinden sonra uygun su koşullarında bitkilerin fotosentetik sistemleri eski haline dönüşürler (Nar vd., 2009). Örneğin, stres altındaki bitkilerde maksimum yaprak su içeriği % 91'e ulaştığı zaman klorofil a+b'nin yeniden biriktiği ve karotenoid sentezi yapıldığı gözlemlenmiştir. Kuraklık stresi altındaki bitkilerde fotosentetik pigmentlerde meydana gelen değişimleri, sadece günlük değil aynı zamanda mevsimsel olarakta araştırılması gerektiğinin altı çizilmektedir (Schwab vd., 1989; Tuba vd., 1996). Fotosentetik pigmentler fotosentez olaylarındaki rollerine ilave olarak ışık tarafından uyarılan aşırı reaktif oksijen türlerinin oluşumunu engelleyerek fotodinamik hasarlara karşı bir koruma sağlarlar. Bu pigmentlerden en önemlisi karotenoidlerdir (Sairam vd., 1998).

Kuraklık stresine karşı bitkilerin vermiş olduğu bir diğer tepki ise nişasta ve sukroz gibi karbonhidrat sentezlerinin stres altındaki bitkilerde değişime uğramasıdır (Wang ve Stutte, 1992; Keller ve Ludlow, 1993; Dien vd., 2019). Kuraklık stresine bağlı olarak fotosentetik ürünlerin tüketimi, üretimlerini aşar ve fotosentezde bozulmalar meydana gelir. Bu da karbon ve enerji metabolizmasını, yapısal olmayan karbonhidrat rezervlerine bağlı kılar (Guehl vd., 1993). Bazı türlerde kuraklığa bağlı oluşan stres, karbonhidrat birikmesini artırır (Munns ve Weir, 1981; Thomas, 1990; Guehl vd., 1993). Su stresine cevap olarak çözünebilir şekerlerin artması, yapraklardaki şeker translokasyonlarının, büyümenin yavaşlamasından kaynaklanan şeker tüketimindeki azalış ve nişasta hidrolizi gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır (Kameli ve Lösel, 1996). Pek çok canlıda şekerlerin birikimi kuraklık toleransının gelişimi için önemli görülmektedir. Çevresel strese cevap olarak bitkilerin farklı kısımlarındaki karbonhidrat birikimi artmaktadır (Gill vd. 2001).

Prolin uzun yıllardan beri bir osmotik düzenleyici olarak bilinmektedir. Bununla birlikte son çalışmalar prolinin strese adaptasyon, iyileşme ve sinyal gibi çoklu fonksiyonları olduğunu göstermektedir. Kloroplast ve sitoplazmadaki protein ve protein komplekslerinin kararlılığının sağlanması, fotosentetik mekanizmanın korunması, ROS temizlenmesinde fonksiyon gören enzimlerin aktivitelerinin teşviki, prolinin önemli fonksiyonları arasındadır. Kloroplastlardaki artan prolin sentezi hücresel dengenin korunmasına katkı sağlar. Buna ilaveten prolinin yıkımının mitokondrideki ROS seviyesini düzenlediği ve programlı hücre ölümü üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Prolin abiotik ve biyotik stres cevaplarını düzenlemenin yanı sıra çeşitli genlerin ifade edilmesini kontrol eden bitki büyüme ve gelişmesini etkileyen bir metabolik sinyaldir. Ayrıca artan prolin biyosentezinin strese adaptasyonda önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir (Lehmann vd., 2010; Verslues ve Sharma, 2010; Bhaskara, vd., 2015). Yapılan çalışmalarda kuraklık stresinin bitkilerdeki prolin miktarlarını artırdığı rapor edilmektedir. Örneğin Sircelj vd. (2005)'te kuraklık, çözünebilir şeker ve prolin miktarlarını etkilediğini açıklamıştır. Bitkiler, hücrelerindeki metabolik hasarlarını onarmak için prolin ve şeker miktarları artırmaktadırlar. Kandemir (2002), bitki su gerilimi ile prolin içeriği arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirtmektedir.

1.5. Literatür Özeti

Stres koşulları altındaki bitkilerde araştırma yapılmasının iki nedenle önemlidir. Birincisi bitkilerin strese karşı nasıl bir reaksiyon mekanizmasına sahip olduklarının tespit edilmesidir. İkincisi ise stres altında bulunan bitkilerin söz konusu streslere dayanma kabiliyetlerinin belirlenmesi ve dolayısıyla daha verimli ürün elde edilmesidir. Bu nedenle aşırı olumsuz şartlardan kaynaklanan streslere dayanabilen ya da bu stresleri tolere edebilen bitkiler yetiştirilmesi önem arz etmektedir. Strese karşı daha toleranslı ve dayanıklı bitkiler yetiştirmek için strese dayanıklılık ve tolerans mekanizmalarının tespiti bir gerekliliktir (Bidwell, 1974). Dahası günümüzdeki moleküler biyoloji ve genetik çalışmaların strese tolerans konusunda aldığı mesafe göz önüne alınırsa; stres teşvikli genetik mekanizmaların anlaşılması hem bilimsel hem de insani (besin yetersizliğinden kaynaklanan hastalıklar, savaşlar ve diğer problemler) açılarından önemlidir.

Orman ağaçlarında orijin veya populasyonların kuraklığa dayanıklılığı konusunda yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından yapılan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Fizyolojik özelliklere ait araştırmalar daha çok bitki su içeriği ve bileşenleri, kök gelişme kapasitesi ile strese dayanıklılık testleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Yapılan birçok araştırmada, sürgün dokularına ait solma noktasındaki su potansiyeli değeri, fidanlar için tazelik sınırı olarak kabul edilmiştir (Ritchie, 1984; Yahyaoğlu, 1987). Su birçok habitatlarda bitkin fizyolojik ve ekolojik performansını sınırlayan birincil faktördür (Donovan vd., 2002). Odunsu bitkilerde su eksikliği, tomurcuk oluşumu, yaprak büyümesi, sürgün uzaması, çap büyümesi, erken yaprak dökümü ve dallanma üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı gövde büyümesinde azalmaya neden olmaktadır (Kozlowski ve Pallardy, 1997). Fizyolojik çalışmalarda basınç odası cihazı (Pressure chamber) ve psikometrik metod toplam su potansiyelinin belirlenmesinde çok yaygın olarak kullanılmakta ve bu konuda çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Scholander, ve ark. 1964; Boyer, 1967; Hellkvist ve ark.1974; Turner, 1988; Katerina vd., 2009). Bu cihazla bitkilerin yaprak, dal, daha küçük parçalar ve köklerindeki basınç-hacim ilişkisi belirlenmektedir (Turner, 1988). Bitki su potansiyelinin tespiti ile bitkinin kuraklığa olan toleransı ve dayanıklılığı hakkında bilgi edinilebilmektedir. Lorenzo vd. (2005), kurak koşullarda şafak öncesi su potansiyelinin, gün ortası yaprak ve sürgün su potansiyeline karşın bitki su durumunun iyi bir göstergesi olduğunu belirtmektedir.

Akdeniz bölgesi yayılan meşe türlerinde mevsimsel bitki su potansiyeli farklılıklarına bağlı prolin içeriklerindeki değişimlerin ortaya koyulduğu bir çalışmada, şafak öncesi su potansiyelleri ve prolin içeriklerinin temmuz ayına kadar yüksek olduğu, ağustos ayından itibaren azalmaya başladığı ve eylül ayında en düşük değerlerin elde edildiği bildirilmiştir (Lansac vd., 1994).

Faria vd. (1996) tarafından Portekiz’de gerçekleştirilen bir çalışmada, erken yaz aylarında 40 yaşındaki meşe ağaçlarının (*Quercus suber* L.) güneşli ve gölgeli yapraklarında gün içerisindeki fotokoruyucu mekanizmalardaki değişimler araştırılmıştır. Şeker konsantrasyonları şafak öncesi ve akşamüstü yüksek, özellikle sabah saatlerinde ise en düşük değerler ölçülmüştür. Gölge yapraklarında da aynı sonuçlar elde edilmiştir. Fakat güneşli yapraklara göre daha düşük konsantrasyonlar da ölçülmüştür. Karoten miktarları gün içerisinde fazla değişmemekle beraber güneşli yapraklarda gölgeli yapraklara oranla daha yüksek oranda tespit edilmişlerdir. Toplam klorofil gölgeli yapraklarda sabah erken saatlerde yüksek iken gün ortasında düşük değerler almıştır.

Thomas ve Gausling (2000) orta şiddette kuralık stresinin *Quercus petraea* ve *Quercus robur* fidanları üzerindeki morfolojik ve fizyolojik etkilerini araştırdığı çalışmasında, kuraklık stresli fidanların şafak öncesi yaprak su potansiyeli ve yaprak, kök biyokütlesi gibi birçok özelliklerinin kontrol fidanlarına kıyasla önemli farklılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir.

Dirik (2000) çalışmasında, kızılçamın farklı biyoiklim kuşaklarını temsilen 7 farklı orijine ait 2+0 yaşlı fidanlardan sürgün örnekleri alarak kurak dönemdeki su potansiyellerini, basınç-hacim eğrisi yöntemi ile analiz etmiştir. Çalışma sonunda fizyolojik parametrelerden orijinlerin solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerleri ile doğal ortamlarının iklim özellikleri arasında anlamlı ilişkiler belirlenmiştir. Kuvvetli yaz kuraklığı yaşanan doğal yayılış alanlarından gelen orijinlerin ozmotik potansiyel değerleri en düşük çıkarak, kuraklık etkilerine karşı oransal olarak en dirençli orijinler olduğu belirlenmiştir.

Çalıkoğlu ve Tilki (2002) orman ağacı tohumlarında çimlenme ile su stresi ilişkisinin araştırmıştır. Su stresine karşı ağaç türlerinin göstermiş olduğu tutumların farklı olduğu belirtilmiştir. Farklı ağaç türleri ile yapılan çalışmalar sonucu yağışlı bölgeleri temsil eden tür veya orijinlere ait tohumların su stresine karşı daha az dayanıklı oldukları belirlenmiştir.

Leuzinger vd. (2005) tarafından yapraklı orman ağaçları üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, kuraklık stresinin *Carpinus betulus*’un su kullanma etkinliğini, stoma iletkenliğini ve fotosentetik verimini etkilediği ortaya konmuştur.

Fraxinus excelsior türünde yapılan çalışmada, kurak koşullar altında bütün fidanlarda gövde su basıncı (hidrolik) iletiminin azaldığını, kuraklık stresi kesildikten sonra stomal geçirgenlikteki azalmanın devam ettiği belirlenmiştir. Gövde su potansiyeli ve iklim değişkeni ile direk bağlantılı gövde akış miktarı için bir model geliştirilmiştir (Stöhr ve Lösch 2004).

Çalikoğlu ve Tilki (2004) tarafından yapılan çalışmada, Lübnan meşesi (*Q. libani* Olivier) ve Macar meşesi'ne (*Q. frainetto* Ten.) ait 1+0 yaşlı fidanlar ağustos ayında kök boğazından kesilerek bitki su potansiyeli değerleri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda Lübnan meşesinin stomalarını, Macar meşesine oranla daha erken ve daha yüksek su potansiyeli düzeyinde kapadığı, Lübnan meşesinin transpirasyonla su kaybına daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir.

Arazide yetiştirilen *Rosmarinus officinalis* L. bitkilerinde yaprak yaşının kuraklık stresine karşı direncinin araştırıldığı çalışmada, yaşlı yapraklara sahip bitkilere kuraklık stresi uygulanmış ve yaşlı yaprakların sararmalar meydana getirerek klorofil içeriğini düşürme yoluna gittikleri belirlenmiştir (Munne-Bosch ve Alegre 2004).

Shvaleva vd. (2005) çalışmasında, iki okaliptüs klonunun su eksikliğine karşı metabolik cevaplarını araştırmış ve kuraklığa karşı hassasiyetlerini karşılaştırmıştır. Su eksikliğine maruz bırakılan okaliptüs klonlarında çözülebilir şeker, çözünemez şeker, prolin, total protein ve birçok antioksidan enzimlerin miktarlarında değişimler meydana gelmiştir. Genellikle su eksikliği, morfolojik olarak büyümeyi azalttığı, prolin ve çözülebilir şeker oranlarında artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Fagus sylvatica L. ve *Quercus petraea* Matt. türlerinde gerek şafak öncesi gerekse gün ortası yapraklarda yapılan ölçümler sonucunda, şafak öncesi su potansiyeli değerleri, temmuz ayı sonuna kadar yüksek bulunurken, Ağustos ayının başından itibaren azalmaya başlayan bitki su potansiyeli değerleri, asgari değerlere eylül ortasında ulaşmıştır (Aranda vd., 2005).

Serrano vd. (2005) *Quercus ilex* L. ve *Phillyrea latifolia* L. türlerinde yaptıkları çalışmada, sürgün su ilişkilerindeki mevsimsel değişime ilişkin iki türde de toprak nem içeriği ile şafak öncesi bitki su potansiyeli arasında yakın ilişkilerin olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada, Brezilya'da dört farklı kahve (*Coffea canephora* Pierra var. *Kouillou*) klonlarına su stresi uygulanmış ve klonların ikisinin kuraklığa dayanıklı ikisinin ise kuraklığa karşı hassas oldukları bildirilmiştir. Bu kahve klonlarında uzun süreli toprak kuraklığının etkisiyle yaprak fotosentezlerinde ve karbonhidrat içeriklerindeki

değişmeler araştırılmıştır. Klorofil a içeriklerinde çok az fark oluşmuş ve stres durumunda nişasta içeriğinde dikkate değer azalma meydana gelmiştir. Fakat toplam şeker içeriğinde genelde artış meydana gelmiştir (Praxedes vd., 2006).

Gomes-Laranjo vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada, üç kestane kültüründe (aveleira, judia ve longal) farklı sıcaklıkların (31, 26 ve 18 °C) etkileri temmuz, eylül ve ekim aylarında araştırılmıştır. Bu türlerde gaz değişimi, klorofil pigmentleri ve lipid değişimleri ölçülmüştür. Bu değerler en yüksek judia kültüründe tespit edilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada, iki farklı bölgede (ılıman - kurak) aynı tür kavakların (*Populus przewalskii* Maximowicz), kuraklık stresine karşı verdikleri morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal yanıtları araştırılmıştır. Çalışmada sera ortamında yetiştirilen fidanlara 3 farklı sulama rejimi (%100, %50 ve %25 tarla kapasitesi) uygulanmıştır. Populasyonlar arasında farklılıklar belirlenmiştir. Sulama, kuru ağırlıkla birlikte klorofil pigment içeriğini de çok azaltmıştır. Prolin miktarları da iki populasyon arasında sulamaya bağlı farklılık göstermiştir (Lei vd., 2006).

Yang vd. (2007) *Picea asperata* Mastters fidanlarında gerçekleştirmiş oldukları çalışmada tarla kapasitesi % 100 ve % 30 olan iki farklı sulama rejimi ile % 100 yüksek ışıklı ve % 15 düşük ışıklı ortamlarda, su stresinin kombine etkilerini araştırmıştır. Kuvvetli su stresi büyümeyi, klorofil a ve b içeriğini, stomal iletimi, transpirasyon hızını, net fotosentez hızını ve efektif ürün fotosistemlerini azaltmış, fakat serbest prolin içeriğini ve malondialdehyde içeriğini artırmıştır. Az ışıktaki ise klorofil içeriği artmıştır. Her iki sulama ve ışık şiddeti dikkate alındığında alt tabakadaki fidanların ışıktan çok kuraklığa duyarlı olduğu belirlenmiştir.

Herdem yeşil Akdeniz bitkilerinin (*Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Pinus halepensis*, ve *Juniperus phoenicea*) kuraklığa dayanıklılığının araştırıldığı çalışmada, bitkilerde gövde su potansiyeli, gaz değişimi, klorofil flüoresans, klorofil ve karotenoid içerikleri araştırılmıştır. Ayrıca Akdeniz türlerinde suyu kullanabilme kapasiteleri, su kaybından kaçınma ve zor dönemlerde aşırı enerji emilimini artırma gibi özellikleri araştırılmıştır. Sonuç olarak iklim koşullarına bağlı su potansiyellerinin değiştiği belirlenmiştir. Yazın foto-korunmadan dolayı klorofil içeriği düşmüş, karotenoid içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Kazık köklüler yağmurdan, sıg köklüler hem yağmur hem de sıcaklığa bağlı evaporasyondan etkilenmiştir (Baqedano ve Castillo, 2007).

Murakami vd. (2008) çalışmasında, Amerika'da akçaağaç (*Acer saccharum* Marsh.) türlerinde sonbaharda yaprak renklenmeleri ile şeker konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi

araştırmıştır. Korelasyon analizleri sonucu yaprak rengi ile şeker miktarları arasında kuvvetli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Sonuçta akçaağaç yapraklarında sonbahar boyunca yaprak şeker konsantrasyonu ve antosiyanin miktarlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun çevresel stres olarak algılanabileceği belirtilmiştir.

Bulut (2008) KTÜ araştırma serasında, Kılıçkaya orijinli sarıçam fidanlarında bazı morfolojik ve fizyolojik özellikleri mevsimsel olarak incelemiş ve şafak öncesi ve gün ortası bitki su gerilimlerini dikkate alarak sulama programı oluşturmuştur.

Farklı yükseltilerden elde edilen kavaklar, sera ortamında yetiştirilerek su stresine tabi tutulmuş ve su stresine karşı yükseltini etkisi araştırılmıştır. Yüksek bölgelerde bulunan kavakların, düşük rakımdakilere göre, daha dayanıklı oldukları belirlenmiştir. Neticede yüksek yerlerdeki kavaklarda kuraklığa karşı daha iyi mekanizmalar geliştirmiş olduğu sonucuna köklerin kuru ağırlıkları, daha yüksek fotosentez oranları, osmolit birikimleri, daha kuvvetli antioksidan aktivitelerinden ve düşük klorofil/karotenoid oranından varmışlardır (Yin vd., 2009).

Sanz-Pérez vd. (2009) tarafından Akdeniz Bölgesinde yayılış gösteren *Quercus ilex* Desf. Samp, *Q. faginea* Lam. ve *Pinus halepensis* L. fidanlarında yapılan çalışmada iki yaz boyunca iki farklı sulama uygulamışlardır. Kontroldeki ve su stresi altındaki fidanlarda şafak öncesi bitki su potansiyellerini sırasıyla, -0,5 ve -2,5 MPa aralığında ölçülmüştür. Her iki meşe türü de büyümelerini vejetasyon dönemi başında gerçekleştirdiği için kök biokütlesi daha fazla gelişmiş, toprak altı nişasta ve yağ rezervleri de artmıştır. Meşe türleri mevsimsel karbon depolama özellikleri bakımından Halep çamından farklılık göstermiştir. Halep çamında çözünebilir şeker ve nişasta içerikleri ağustos ayında çok keskin düşüşler göstermiştir. Kuraklık üç türde de büyümeyi azaltmıştır. Fakat karbon rezervleri azalmamıştır. Su stresi koşulları altındaki büyüme karbon rezervleri tarafından sınırlandırılmadığı belirtilmiştir.

Mango (*Mangifera indica* L.) bitkisinde yapılan bir çalışmada uzun dönemli kuraklığın etkisinin yapraklarda klorofil kapasitesi ve stoma iletkenliği üzerindeki etkisin araştırmışlardır. Araştırma sonucunda klorofil miktarı stresin arttığı aylarda azaldığı, çözülebilir şeker miktarlarında ise stresli dönemlerde artış meydana geldiğini tespit etmiştir (Gaelle vd., 2009).

Bruschi (2010) kuraklık stresine maruz kalan altı *Quercus petraea* populasyonu arasındaki fenotipik plastisitedeki farklılıklar incelediği çalışmasında, hem populasyon hem

de sulama rejimine bağılı olarak fidanların morfolojik özellikleri arasında önemli farklılıkların bulunduğunu bildirmiştir.

Nakai ve ark. (2010), sel ve kuraklık etkisinin peş peşe tekrarlandığı stres koşullarında söğüt (*Salix gracilistyla*) türünün toleransını araştırmışlardır. Çalışma sera koşullarında yetiştirilen çelikler üzerinde yapılmıştır. Yaprak stomal geçirgenliği, şafak öncesi su potansiyeli ve ozmotik değişimler ölçülmüştür. 1, 2, 3 haftalık stres (fazla su ve kuraklık) uygulanmıştır. Yaprak stomal geçirgenliğin en düşük değeri, stresin en yüksek olduğu 3 haftalık uygulamada görülmüştür. Yaprak su potansiyeli 3 hafta kurak ve fazla suyun 2 ve 3 haftalık uygulamalarında azalmıştır. Uzun süren tekrarlı kurak ve fazla suya karşı çeliklerde ozmotik uyum zayıf çıkmıştır. Tekrarlı 2 veya 3 hafta fazla su, 3 hafta kuraklık ile kombine edildiğinde strese tolerans azalmıştır.

Maguire ve Kobe (2015) *Acer rubrum* Marsh., *Betula papyrifera* Marsh., *Fraxinus americana* L., *Quercus rubra* L. ve *Quercus velutina* Lam türlerine ait fidanlar üzerinde yaptığı çalışmada, kuraklık durumuna bağılı olarak çözülebilir karbonhidrat birikimini ortaya koymuştur.

Quercus pubescens türünde hızlandırılmış yaşlanma sırasında kuraklık ve don kaynaklı çözünebilir karbonhidrat birikiminin araştırıldığı çalışmada, kuraklık stresinin neden olduğu yaşlanmanın, çözünebilir karbonhidratta önemli bir artışa neden olduğu ifade edilmiştir (Holland vd., 2016).

Deligöz ve Bayar (2017) tarafından yapılan çalışmada kuraklık stresine maruz *Quercus cerris* fidanlarında bazı fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerin değişimleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda kuraklık stresli saçlı meşe fidanları su açığı koşulları altında bitkinin toleransına katkıda bulunduğu bilinen toplam çözünebilir şekerleri hem yaprak hem de köklerinde biriktirmiştir. Kuraklık stresinin stoma iletkenliği üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu ve meşe fidanlarının kurak koşulları altında toplam çözünebilir şeker birikimiyle osmotik ayarlamayı gerçekleştirerek kuraklığa tolerans mekanizması gösterdikleri bildirilmiştir.

Quercus robur ve *Quercus cerris* fidanlarının kuraklık stresine verdiği tepkilerin araştırıldığı başka bir çalışmada, kuraklık koşullarında her iki türe ait fidanlarda prolin ve şeker birikimi gerçekleşirken, su kaybını azaltmak için stoma iletkenliğinin azaldığı, büyümenin yavaşladığı ve kök:sürgün oranının arttığı belirtilmiştir (Deligöz ve Bayar, 2018).

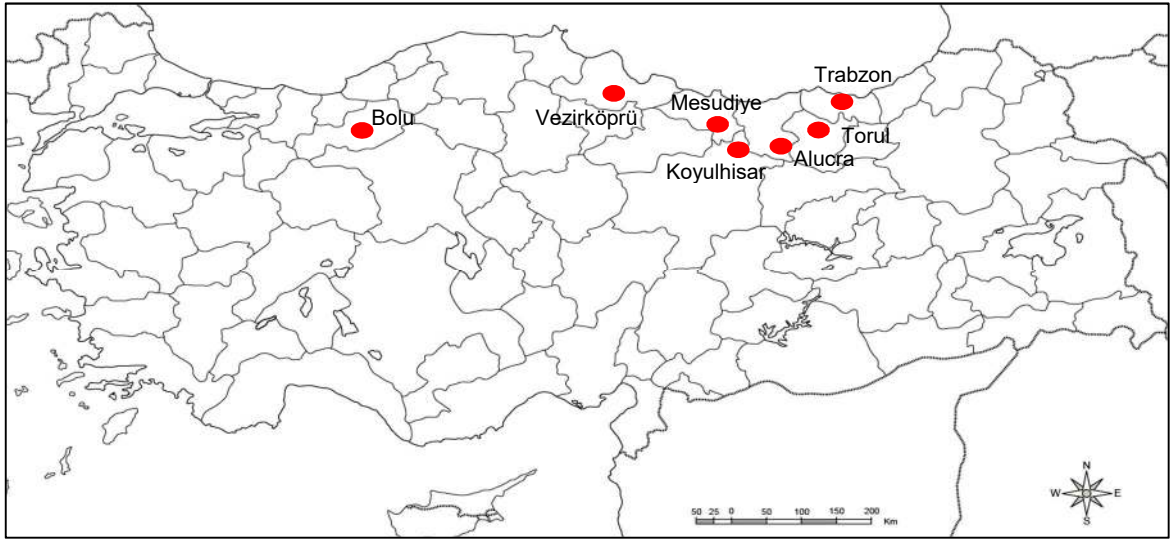
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Tohum Materyalinin Temini

Araştırmada kullanılan tohum materyali; Kuzey Anadolu sapsız meşesi'nin Karadeniz Bölgesindeki doğal yayılış alanlarındaki yedi farklı popülasyondan (Trabzon-Merkez, Gümüşhane-Torul, Giresun-Alucra, Sivas-Koyulhisar, Ordu-Mesudiye, Samsun-Vezirköprü ve Bolu-Merkez) elde edilmiştir. Tohumlar sapsız meşe'nin tohumunun olgunlaşma zamanı olan 2019 yılı Eylül-Ekim aylarında toplanmıştır. Tohumların toplandığı popülasyonlara ilişkin bilgiler Tablo 1'de ve memleket haritasındaki konumları Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Popülasyonlara ait koordinat bilgileri

Popülasyon	Enlem	Boylam	Rakım (m)
Trabzon-Merkez	40° 59' 15''	39° 42' 29''	250
Gümüşhane-Torul	40° 39' 16''	39° 20' 23''	1370
Giresun-Alucra	40° 21' 34''	38° 52' 33''	1750
Sivas-Koyulhisar	40° 15' 46''	38° 01' 50''	1450
Ordu-Mesudiye	40° 31' 08''	37° 48' 01''	1400
Samsun-Vezirköprü	41° 15' 44''	35° 05' 39''	890
Bolu-Merkez	40° 43' 09''	31° 31' 02''	900



Şekil 2. Araştırmaya konu popülasyonların Türkiye haritasındaki konumları

Elde edilen tohumlara suda yüzdürme yöntemi uygulanarak dolu ve boş tohumların ayrımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Dolu tohumlar kese kâğıtları içerisinde +4°C’de buzdolabında ekim işlemi zamanına kadar bekletilmiştir.



Şekil 3. Boş ve dolu tohumların suda yüzdürme yöntemi ile belirlenmesi

2.2. Fidanların Yetiştirilmesi

2019 yılı Eylül-Ekim aylarında Tablo 1’de belirtilen populasyonlardan temin edilen tohumlar, KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasının açık alan fidanlık koşullarında, 2019 yılı Aralık ayında orman toprağı, torf ve dere kumu karışımı (2:2:1) içeren 12x20 cm boyutundaki polietilen tüplü torbalara ekilmiştir. Ekim işlemi sonrasında hem tohumların hem de çimlenme sonrası fidelerin dış etkenlerden (kuş, fare vb.) zarar görmemesi amacıyla tüplü torbaların üzeri gölgelik ile korunmuştur (Şekil 4). 2020 yılı Nisan ayında çimlenmelerin başlamasıyla birlikte düzenli olarak sulama ve 10 günde bir ot bakımı işlemleri gerçekleştirilmiş olup, araştırmada kullanılan fidan materyali elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Tohumların polietilen tüplere ekim işlemlerinin yapılması



Şekil 5. Yetiştirilen fidanlar ve bakım işlemleri

Fidanların yetiştirildiği KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasının yer aldığı bölgeye ait uzun dönem (1927-2019 yılları) ortalama iklim verileri Tablo 2’de gösterilmiştir. Fidanlığın bulunduğu Trabzon ilinin uzun dönem iklim verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 14,7 °C, toplam yıllık yağış ise 829,6 mm'dir.

Tablo 2. Trabzon ili uzun dönem ortalama iklim verisi

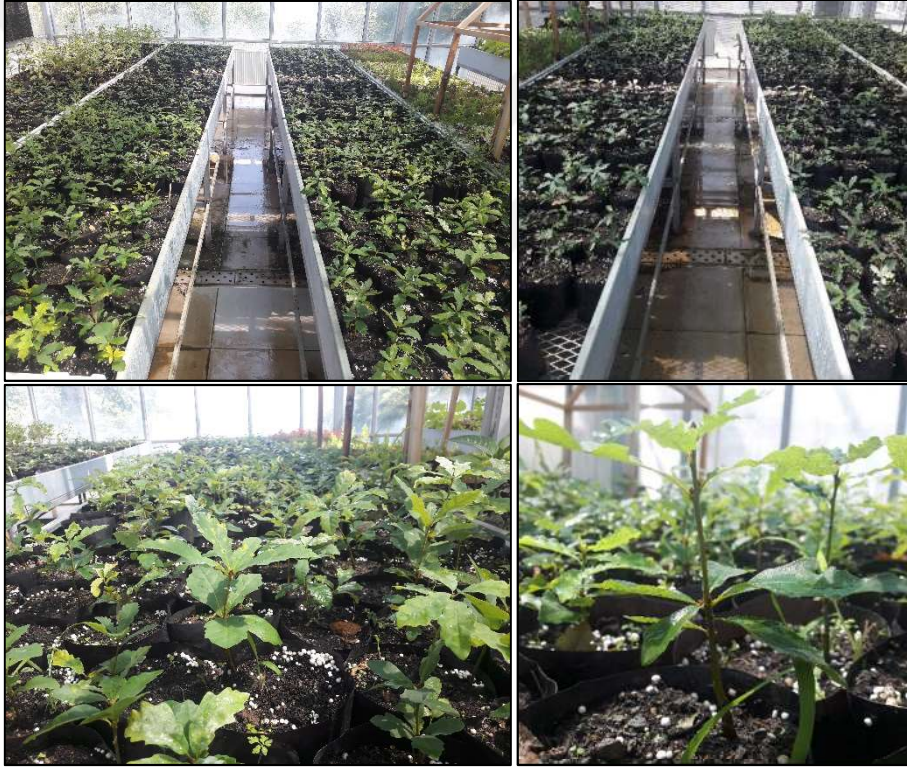
Ölçüm Periyodu (1927 - 2019)													
	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıllık
1	7.4	7.2	8.3	11.7	15.8	20.1	22.9	23.3	20.3	16.6	12.9	9.5	14.7
2	10.7	10.7	11.9	15.5	19.1	23.1	25.9	26.5	23.7	20.0	16.5	12.9	18.0
3	4.6	4.3	5.4	8.6	12.9	17.0	19.9	20.3	17.3	13.6	10.0	6.7	11.7
4	11.8	11.7	12.6	12.4	12.3	10.3	7.6	8.3	10.4	11.8	11.3	12.0	132.5
5	82.9	64.6	58.4	56.9	52.1	51.8	35.6	48.0	78.6	115.4	99.6	85.7	829.6

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. Deneme Deseni

Kuraklık stresi çalışmasında, populasyon ve su stresi (sudan alıkoymak) olmak üzere iki faktörün bir yaşındaki Kuzey Anadolu sapsız meşesi fidanlarının fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Buna göre 7 populasyon × 2 işlem [sulama ve kuraklığa bırakma] × 7 ölçüm [5. 10. 15. 25. 35. 45. ve 55. günler] × 5 fidan × 3 tekrar olmak üzere toplam 1470 fidan üzerinde çalışma rastlantısal bloklar deneme desenine göre gerçekleştirilmiştir. Fidanlar 2020 yılı Mayıs ayından Ağustos ayına kadar iki günde bir olacak şekilde, tarla kapasitesine ulaşana kadar yeterli miktarda sulanmıştır. Açık alan fidanlık koşullarındaki fidanlar Temmuz ayında Araştırma ve Uygulama Serasının içerisine alınarak fidanların olası yağışlardan etkilenmemesi sağlanmıştır. Ayrıca fidanlara sudan alıkoyma yöntemi ile kuraklık stresi uygulandığından dolayı kuraklık stresi süre boyunca

otomasyon sistemine sahip olan serada sıcaklık mümkün olduğunca sabit tutulmuş ve dış hava koşullarındaki sıcaklık değişimlerinin etkisi en aza indirilmiştir. 2020 yılı Ağustos ayında kuraklık stresi uygulaması için fidanlar iki gruba ayrılmıştır. Kontrol grubu olan birinci grup düzenli olarak sulanmaya devam edilmiştir. Kuraklık stresi uygulanacak ikinci grupta sulama kesilmiştir. Stres grubu 5, 10, 15, 25, 35, 45 ve 55 gün süreyle susuz bırakılarak, kuraklık stresi oluşturulmuştur ve bu günlerde örneklemeler yapılmıştır. Ayrıca strese maruz kalan fidanların bir grubuna 45. günde yeniden bir sulama yapılarak (rewatering) populasyonların hangi kuraklık seviyesinde yaşama devam ettiklerinin tespit edilmesi planlanmıştır. Yeniden sulama işleminde fidanlara bir hafta boyunca sulama işlemi yapılmış ve bir hafta sonunda ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Sera içerisinde kuraklık stresi denemesi

Kuraklık stresi uygulandığı süre boyunca sera içerisindeki sıcaklık ve nem değişimini sağlıklı bir şekilde ortaya koymak için, sera içersine portatif meteoroloji istasyonu (Davis Vantage Pro-2) kurulmuştur (Şekil 7). Meteoroloji istasyonunun araştırma süresi boyunca düzenli olarak 30 dakikada bir kaydettiği veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Sera içerisindeki sıcaklık ve nem verilerine ilişkin genel bilgiler Tablo 3’de gösterilmiştir.

Çalışma dönemi boyunca sera içerisinde ortalama sıcaklık 24,0°C, maksimum sıcaklık 28,4°C, minimum sıcaklık 19,5°C ve ortalama nispi nem %81,9 olarak kaydedilmiştir.



Şekil 7. Sera içerisine kurulan portatif meteoroloji istasyonu

Tablo 3. Sera içerisindeki sıcaklık ve nem verileri

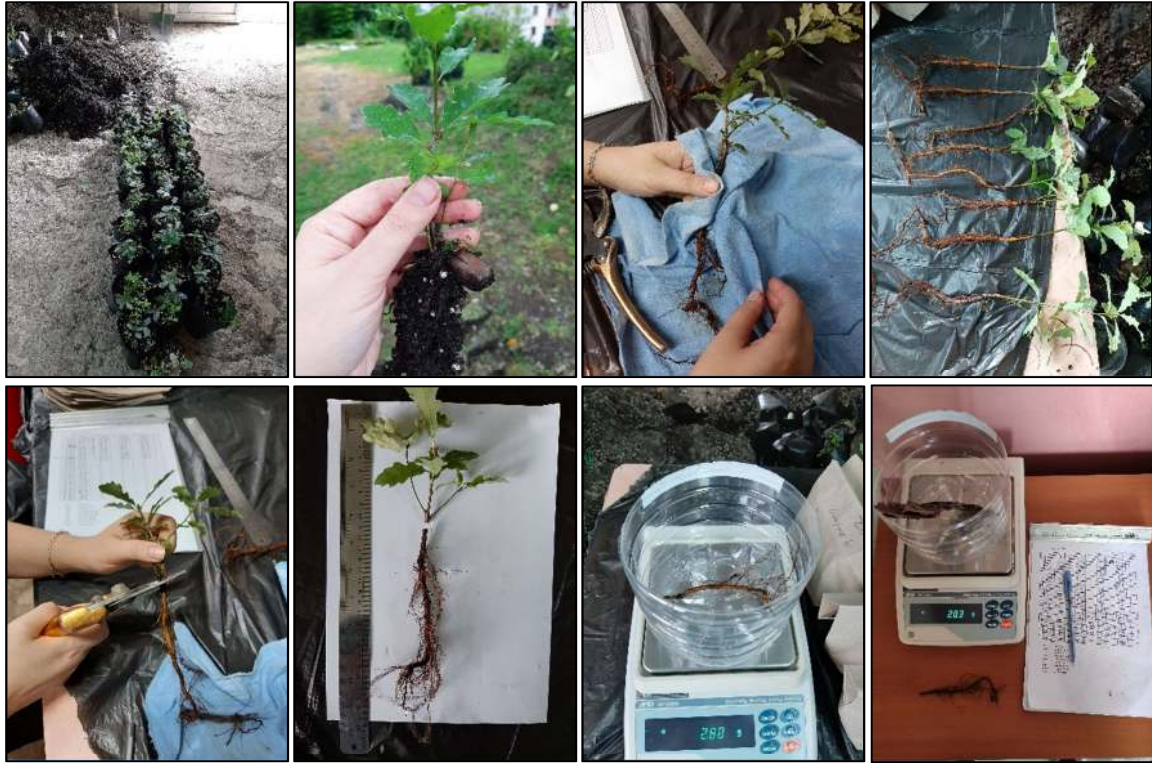
Ölçüm Zamanı	Ortalama sıcaklık (°C)*	Maksimum sıcaklık (°C)	Minimum sıcaklık (°C)	Ortalama Nispi nem (%)*
5. gün (13.08-17.08.2020)	23,8 ± 1,62	27,8	20,4	82,2 ± 5,17
15. gün (18.08-27.08.2020)	23,6 ± 1,56	25,9	19,9	78,4 ± 4,42
25. gün (28.08-06.09.2020)	24,5 ± 1,58	27,9	20,7	82,7 ± 3,98
35. gün (07.09-16.09.2020)	24,2 ± 1,32	27,1	21,3	82,3 ± 3,99
45.gün (17.09-26.09.2020)	23,8 ± 1,66	28,4	20,8	83,6 ± 4,26
55.gün (27.09-05.10.2020)	23,4 ± 1,72	28,1	19,5	82,0 ± 3,76
Ortalama	24,0 ± 1,57	28,4	19,5	81,9 ± 4,26

*Ortalama ± standart sapma

2.4. Fidanlarda Bazı Morfolojik Özelliklerin Tespiti

Farklı populasyonlara ait fidanların kuraklık stresine karşı göstermiş olduğu fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler ile morfolojik özellikler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla fidanlarda morfolojik ölçümler 2020 yılı Ekim ayında yapılmıştır. Bu ölçümler için, populasyonların her birinden rastgele seçilen 30 adet fidan kullanılmıştır. Bir yaşındaki fidanlar üzerinde fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, taze ve kuru gövde ağırlıkları, taze ve kuru kök ağırlıkları, fidan taze ağırlığı, fidan kuru ağırlığı, en uzun kök boyu, ana kök sayısı, kök yüzdesi, gürbüzlük indisi, katlılık indisi ve Dickson kalite indeksi ölçülmüştür. Fidan boyu kök boğazından terminal sürgünün ucuna kadar olan kısım olarak ± 1 mm ölçüm hassasiyeti olacak şekilde metre ile kök boğazı çapı ise $\pm 0,01$ mm ölçüm hassasiyeti olacak şekilde dijital kumpas ile ölçülmüştür. Yan dal sayısı fidanlarda meydana gelen yan dalların sayısını ifade etmektedir. Taze gövde ve kök ağırlıkları hassas terazi yardımıyla $\pm 0,001$ g hassasiyetle ölçüldükten sonra 24 saat süreyle 105 °C’de etüvde

kurutulmuştur. Kuru gövde ve kök ağırlıkları yine hassas terazi yardımıyla $\pm 0,001$ g hassasiyetle ölçülmüştür. Taze gövde ve kök ağırlıkları birlikte fidan taze ağırlığını ifade etmekte olup kuru gövde ve kök ağırlıkları da fidan kuru ağırlığına karşılık gelmektedir. Fidanlar üzerinde ana kök sayıları tespit edilmiş olup en uzun kök boyları cetvel yardımıyla ± 1 mm olacak şekilde ölçülmüştür (Şekil 8). Kök yüzdesi (KY) kök kuru ağırlığının fidan kuru ağırlığına oranını ($KY = KKA / FKA$) ifade etmektedir. Gürbüzlük indisi (Gİ) fidan boyunun kök boğazı çapına oranını ($Gİ = FB / KBÇ$), katlılık indisi gövde kuru ağırlığının kök kuru ağırlığına oranını ($Kİ = GKA / KKA$) ifade etmektedir. Dickson Kalite indeksi ise fidan kuru ağırlığının gürbüzlük ve katlılık indislerinin toplamına [$DKİ = FKA / (Gİ + Kİ)$] oranıdır. Yukarıda belirtilen karakterler fidan kalite değerlendirilmesi için geniş ölçekte kullanılmaktadır (Aussenac vd., 1988; Gezer ve Ercan, 1989; Kaya, 1989; Eler vd., 1993; Güner vd., 2008; Kırdar ve Allahverdi, 2010; Deligöz, 2012; Atar ve Turna, 2018; Gülseven vd., 2019, Ayan vd., 2020a). Fidanlarda ölçülecek olan bu morfolojik özelliklerin popülasyonlara bağlı değişimi ile kuraklık stresine karşı popülasyonların gösterdiği tepkiler arasındaki ilişkiler ortaya koyulmuştur.



Şekil 8. Bir yaşındaki fidanlarda morfolojik karakterlerin ölçülmesi

2.5. Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Fidanlarda Bazı Fizyolojik Özelliklerin Tespiti

Fidanlara uygulanan kuraklık stresinin fizyolojik özellikler üzerine etkisini belirleyebilmek amacıyla, şafak öncesi bitki su gerilimi, toprak sıcaklığı ve toprak nemi ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

2.5.1. Bitki Su Geriliminin (Ksilem Su potansiyeli) Tespiti

Fidanların su durumu, genellikle bitki su gerilimi (BSG - *PMS*) veya bitki su potansiyeli (BSP - *PWP*) olarak belirlenir (Landis vd. 1989). Bir sistemdeki suyun serbest enerjisi ile aynı sıcaklık ve basınçtaki suyun serbest enerjisi arasındaki farkı su potansiyeli olarak adlandırılmıştır (Yahyaoğlu 1987). Su potansiyeli basınç birimleriyle ifade edilmektedir. Bitki su geriliminin ifade edilmesinde Bar veya Mpa (megapaskal) kullanılmaktadır. BSP daima negatif bir sayı alırken, BSG pozitif sayılar almaktadır. Örneğin, BSP -1.5 MPa iken BSG 1.5 MPa dır. $1 \text{ MPa} = 10 \text{ bars} \sim 10 \text{ atm} \sim 150 \text{ psi}$ 'dir (Lambers vd. 1998).

Fidanlarda su içeriğini belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Sıvı dengeleme, fizikometrik, gravimetrik, yoğunluk, hidrolik basınç, donma noktası gerilimi ve basınç odası yöntemleri bazılarıdır (Genç 1992; Ritchie ve Landis 2005; Lopushinsky, 1990; Ortuno, vd. 2006; Deligöz 2007).

Sıvı dengeleme yöntemi, zahmetli ve zaman alıcıdır. Aynı zamanda, güvenilir sonuçlar da vermemektedir. Fizikometrik yöntem ile çok hassas ölçümler yapılabilmekte; fakat gelişmiş özel laboratuvar şartlarını gerektirmektedir. Hidrolik basınç yönteminin ise, kullanımı oldukça kolay ve ekonomiktir. Gravimetrik yöntem ile su potansiyeli belirlenmemekte, sadece fidanın su içeriği hakkında bize fikir vermektedir. Yoğunluk yöntemi, ekipmanları taşınabilen, ekonomik ve hızlı bir yöntemdir. Ne elektriğe ne de gaz basıncına ihtiyaç vardır. Fakat su potansiyeli bileşenlerini bu yöntem ile tahmin etmek mümkün değildir (Joly, 1985; Lopushinsky, 1990; Genç 1992; Ritchie ve Landis 2005).

Fidanlık çalışmaları için en iyi yöntem basınç odası tekniğidir. Basınç odası tekniği ile basit ve hızlı ölçümler yapılabilmekte ve doğru sonuçlar alınabilmektedir. Bu teknik; su potansiyelinin, osmotik ve turgor potansiyellerinin belirlenmesinde, relatif su içeriğinin tespitinde, kök sistemlerinin hidrolik iletkenliğin ölçümünde ve köklerdeki aşırı soğuktan ve sıcaktan kaynaklanan tahribatların tespitinde kullanılabilmektedir (Lopushinsky, 1990).

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

Öncelikle ölçülecek fidan kök boğazından kesilir. Kesimden önce ksilemdeki su kolonu gerilim altında olduğundan organ kesilerek su kolonu bölündüğünden, canlı hücre etrafındaki ksilemdeki su, osmoz olgusuyla hızla kesim yüzeyinden içeriye doğru uzaklaşır. Sonuçta kesim yüzeyi donuk ve kuru gözüktür. Fidanın kesilen bu parçası kesim yüzeyi dışarıda kalacak şekilde basınç odasına yerleştirilip, ksilemdeki su kesim yüzeyine geri gelinceye kadar oda içine yavaş yavaş azot gazı verilir (ksilem kanalı ve canlı hücre arasındaki su dağılıncaya kadar oda içindeki gaz sıkıştırılır). Bir süre sonra, kesim yüzeyi üzerinde verilen basıncın etkisiyle halkalar oluşmaya başlar. Basınç artırıldıkça en içteki halka koyu kahverengi renk alır ve kesim yüzeyindeki su zerrecikleri köpürmeye başlar. Yüzeye suyu geri getirmek için ihtiyaç duyulan bu basınç “denge basıncı” olarak adlandırılır (Taiz ve Zeiger 1998). Bu anda manometreden okunan basınç değeri, başka bir ifade ile bitkinin örnekleme anında sahip olduğu ksilem su potansiyeli olarak kabul edilir.

Mevcut (aktüel) ksilem su potansiyelini ortaya koymak amacıyla her bir populasyonun kontrol ve kuraklık işlemlerini temsilen alınan 9 fidanda (3 fidan $\times$ 3 tekrar) ölçümler gerçekleştirilmiştir. Şafak öncesi ksilem su potansiyeli ölçümleri saat 03.00 ile 5.30 saatleri arasında yapılmıştır. Tüplü fidanlar şafak öncesinde laboratuvara getirilerek, toprak nemi ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Sonrasında fidanlar kök boğaz seviyesinden budama makası ile kesilerek ölçüme hazır hale getirilmiştir. Kesim yüzeyinden geriye doğru 1-2 cm lik kısımdaki kabuk soyularak ksilem açığa çıkarılmıştır. Hemen ardından fidan cihaza yerleştirilerek azot gazı verilmeye başlanmış ve kesim yüzeyinde su belirinceye kadar cihazın odacığına basınç dolması sağlanmıştır. Kesim yüzeyi el büyüteci ile gözlenirken su çıktığı anda cihazın subapı kapatılarak monometreden oda içindeki basınç okunmuştur (Şekil 9). Okunan değer, ölçümü istenen, gövde ksilemi su potansiyeline, yani örnekleme anındaki mevcut bitki su gerilimine eşittir. Şafak öncesi ölçümler kuraklık stresi uygulamasının başlamasından itibaren 5, 10, 15, 25, 35, 45 ve 55. günlerde düzenli olarak ölçülmüştür.



Şekil 9. Basınç odası tekniği ile bitki su potansiyelinin ölçülmesi

2.5.2. Toprak Sıcaklığı ve Neminin Ölçülmesi

Şafak öncesi ksilem su potansiyeli ölçümleri esnasında her bir tüplü fidanın toprak sıcaklığı ve nem değerleri tespit edilmiştir. Toprak sıcaklığı civalı termometre ile ölçülmüştür. Toprak nemi ise toprak nem ölçer cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 10). Toprak nem cihazı 1 ile 10 arasında değer vermekte olup, cihaz üzerindeki skalada 1-3 arası değerler kuru, 4-7 arası değerler nemli ve 8-10 arası değerler ıslak olarak tanımlanmıştır.



Şekil 10. Şafak öncesi ölçümlerde fidanlara ait toprak nem ve sıcaklıklarının ölçülmesi

2.6. Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Fidanlarda Bazı Biyokimyasal Özelliklerin Tespiti

Populasyon ve su stresi (sudan alıkoymak) olmak üzere iki faktörün bir yaşındaki Kuzey Anadolu sapsız meşesi fidanlarının bazı biyokimyasal özelliklerine etkisi ortaya koymak amacıyla klorofil pigment tayini, toplam karbonhidrat içeriği ve prolin analizleri gerçekleştirilmiştir.

2.6.1. Klorofil Pigment Tayini

Klorofil pigment tayini Arnon (1949)'a göre tespit edilmiştir. Pigment ekstraksiyonu için öncelikle %80'lik aseton çözeltisi hazırlanmıştır. Klorofil miktarını belirlemek amacıyla kök boğazından kesilen fidanlara ait taze yapraklar makas ile kesilerek homojen bir şekilde karıştırılmış ve bisturi ile 1 g ağırlığında yaş örnekler bölünmüştür. Sonrasında taze yaprak örnekleri üç tekrarlı olmak üzere 0,1 g olacak şekilde hassas terazide tartılmıştır. 0,1 g ağırlığında taze yaprak örnekleri 10 ml %80'lik aseton çözeltisinde iyice ezilerek homojenize edilmiştir. Homojen hale getirilen örnekler 10 ml'lik plastik tüplere aktarılmış ve vorteks kullanılarak yaklaşık 5-10 saniye karıştırılmıştır. Ardından örnekler 3 ml'lik kuvars küvetlere aktararak spektrofotometrede 450, 645 ve 663 nm dalga boylarında ölçüm işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 11). Elde edilen pigment ekstraktının absorbans değerleri (A) aşağıdaki formüller kullanılarak klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarları mg/1000 ml cinsinden hesaplanmıştır.

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

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

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

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



Şekil 11. Klorofil pigment analizinin yapılması

2.6.2. Toplam Çözünabilir Karbonhidrat Tayini

Toplam çözünabilir karbonhidrat (şeker) içeriği Dubois vd. (1956) tarafından bildirilen fenol-sülfirik asit metoduna göre belirlenmiştir. Yaprak örnekleri kese kâğıtlarına koyularak, etüvde 65°C’de 48 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan yaprak örnekleri kahve öğütücüsü ile öğütülmüş ve öğütülen örnekler 0,1 g olacak şekilde hassas terazide tartılmıştır. 0,1 g kuru örnekler %80’lik etanol ile 24 saat homojenize edildikten sonra 10 dakika 5000 rpm santrifüj yapılmıştır. Spektrofotometrik ölçümler için her bir cam tüp içerisine 50 µl sıvı numune ve üzerine 1 ml %5’lik fenol çözeltisi eklenerek vorteks yardımıyla karıştırılmıştır. Daha sonra 5 ml sülfirik asit ilave edilerek tekrar karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 1 saat bekletilip soğuyan örnekler 3ml’lik küvetlerde 490 nm dalga boyunda okutulmuştur (Şekil 12). Toplam çözünabilir karbonhidrat miktarı kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış olup, mg/g kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir.



Şekil 12. Toplam karbonhidrat içeriğinin belirlenmesi

2.6.3. Prolin Tayini

Prolin miktarı asit-ninhidrin metodu kullanılarak belirlenmiştir (Bates vd., 1973). Prolin tayini için 65°C’de 48 saat etüvde kurutulmuş yaprak örnekleri kullanılmıştır. Kurutulmuş örneklerden 0,1 g alınarak 10 ml %3’lük sülfosalisilik asit içinde homojenize edilmiştir. Daha sonra homojenat 10 dakika 5000 rpm santrifüj edilmiştir. Ölçümler için cam tüp içerisinde 2 ml örnek koyulmuş ve üzerine 2 ml asit ninhidrin ve 2 ml glasiyal asetik asit eklenerek vorteks ile karıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler su banyosu içerisinde 100 °C’de 1 saat bekletildikten sonra reaksiyonu durdurmak için buz banyosunda soğutulmuştur. Soğutulan örnekler toluen eklenerek 15 saniye vortekste karıştırılmış ve spektrofotometrede ölçüme hazır hale gelmiştir (Şekil 13). Her bir örneğin absorbans değeri 520 nm dalga boyunda okutulmuş ve prolin içeriği kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanarak $\mu\text{mol/g}$ kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir.



Şekil 13. Prolin miktarının belirlenmesi

2.7. Populasyonlara Ait İklim Verileri ve Biyoiklim Sınıflandırması

Farklı yetiştirme ortamı koşullarından seçilen populasyonların uzun dönem iklim verileri (1976-2000 yılları arası) ve Emberger biyoiklim sınıflandırmasına göre biyoiklim özellikleri Tablo 4’te verilmiştir. İklim verileri, küresel iklim verilerini mekânsal veri katmanları olarak sağlayan Worldclim veri tabanından elde edilmiştir (Fick ve Hijmans, 2017).

Tablo 4. Sapsız meşe populasyonlarına ait uzun dönem iklim verisi ve biyoiklim sınıflaması

Populasyon	P (mm)	M (°C)	m (°C)	PE (mm)	ME (°C)	S	Q	Biyoiklim Tipi	
								S	Q
Trabzon	789	25	2	154	24,0	6,4	119,7	Sub Akdeniz	Yağışlı Akdeniz
Torul	671	22	-10	122	20,3	6,0	75,1	Sub Akdeniz	Az Yağışlı Akdeniz
Alucra	620	25	-8	89	21,7	4,1	66,7	Akdeniz	Az Yağışlı Akdeniz
Koyulhisar	596	26	-5	78	24,7	3,2	67,8	Akdeniz	Az Yağışlı Akdeniz
Mesudiye	630	23	-6	93	21,3	4,4	77,1	Akdeniz	Az Yağışlı Akdeniz
Vezirköprü	566	24	-2	103	24,0	4,3	76,6	Akdeniz	Az Yağışlı Akdeniz
Bolu	561	25	-3	105	25,0	4,2	70,5	Akdeniz	Az Yağışlı Akdeniz

P: Ortalama yıllık yağış; M: En sıcak ayın maksimum ortalaması; m: En soğuk ayın minimum ortalaması; PE: Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının yağış toplamı; ME: Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının maksimum sıcaklık ortalaması; S: Yaz kuraklığı indeksi; Q: Yağış-sıcaklık katsayısı

Türkiye, coğrafi konumu itibariyle genel olarak, sub tropikal iklimler arasında olan Akdeniz ikliminin etki alanına girmektedir. Emberger biyoiklim sınıflandırmasına göre (Akman, 2011), Akdeniz biyoiklim katlarını belirlemek için yağış-sıcaklık katsayısı uygulanmış ve aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$Q = \frac{2000 \times P}{(M + m + 546.24) \times (M - m)}$$

Yağış-sıcaklık katsayısı (Q) ne kadar küçükse iklim o derece kurak, ne kadar büyükse iklim o kadar nemlidir.

Akdeniz ikliminin belirlenmesinde en önemli unsurlardan biri yaz kuraklığının tespit edilmesidir. Emberger kurak devreyi belirleyebilmek için aşağıdaki formülü geliştirmiştir.

$$S = \frac{PE}{ME}$$

S katsayısının küçük olması yaz kuraklığının şiddetini, büyük olması da yaz kuraklığının zayıf olmasını ifade etmektedir.

2.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Yapılan ölçümler sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 23.0 ve R 3.5.1 istatistik paket programları kullanılmış olup, varyans analizi (One-Way ANOVA), Duncan testi, bağımsız örneklem t testi, kümeleme analizi, ayırma analizi ve korelasyon analizi yapılmıştır.

Populasyonlar arasında bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler bakımından farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla elde edilen verilere varyans analizi ve bağımsız örneklem t testi uygulanmıştır ($p < 0.05$). Varyans analizi sonucunda istatistiksel bakımdan anlamlı farklılıklar bulunması durumunda “Duncan” testi uygulanarak populasyonlar arasında homojen gruplar oluşturulmuştur ($\alpha = 0.05$). Ayrıca her iki işlem grubunda ilgili parametrelerde kuraklığa maruz kalma süresinin etkisi varyans analizi ve takiben Duncan testi ile tespit edilmiştir.

Ölçülen morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal karakterler arasındaki doğrusal ilişkileri ortaya koymak için korelasyon analizi yapılmıştır.

Kümeleme analizi ile ölçülen farklı parametrelere göre populasyonlar gruplanmıştır. Kümeleme analizi ile elde edilen gruptamanın istatistiksel olarak anlamlılığı ayırma analizi ile test edilmiştir (Özdamar, 1999).



3. BULGULAR

3.1. Kuraklık Stresine Maruz Fidanların Fizyolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular

Kuraklık stresi uygulamasının farklı sapsız meşe populasyonlarına ait fidanların fizyolojik özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla bitki su gerilimi (BSG) miktarı, toprak nemi ve toprak sıcaklığı değerleri incelenmiştir.

3.1.1. Şafak Öncesi Bitki Su Gerilimine (Ksilem Su potansiyeli) İlişkin Bulgular

Kuraklık stresi uygulaması, ölçüm zamanı ve farklı populasyonlara bağlı olarak BSG miktarları arasında meydana gelen değişimler ve elde edilen sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama BSG (bar)						
		5.gün	10.gün	15.gün	25.gün	35.gün	45.gün	55.gün
Kontrol	Trabzon	3,15	3,10	3,50	3,00	3,17	1,59	3,20
	Torul	2,15	2,08	1,65	2,10	2,37	1,65	1,98
	Alucra	2,37	2,33	1,63	1,96	1,99	1,64	1,97
	Koyulhisar	3,33	3,40	3,13	3,65	3,75	2,64	4,15
	Mesudiye	2,76	3,46	2,08	3,34	3,16	2,68	3,90
	Vezirköprü	3,03	2,76	1,48	2,00	2,07	2,02	3,05
	Bolu	4,47	4,37	4,58	5,98	4,37	4,58	-
Kuraklık	Trabzon	3,03	3,22	3,40	5,08	9,22	16,61	21,33
	Torul	2,12	2,58	2,70	5,98	6,68	12,75	20,02
	Alucra	2,42	3,00	2,50	3,70	3,91	6,16	8,14
	Koyulhisar	3,30	3,10	3,43	5,75	5,15	8,40	8,95
	Mesudiye	2,66	3,60	3,04	5,30	7,10	9,62	11,00
	Vezirköprü	2,90	2,57	2,08	3,80	4,42	13,28	19,93
	Bolu	4,53	5,24	6,03	8,92	8,93	8,78	-

Tablo 4'te elde edilen değerler incelendiğinde, hem kuraklık stresi uygulamasına hem de farklı populasyonlara bağlı olarak BSG miktarı arasında farklılıkların meydana geldiği tespit edilmiştir. Ölçüm zamanına bağlı olarak kontrol grubunda yer alan populasyonların ortalama BSG miktarları kuraklık stresi süresi boyunca fazla bir farklılıklar göstermemiştir. Kontrol grubunda yer alan populasyonlarda ortalama BSG miktarı en düşük 1,48 bar (Vezirköprü populasyonu 15.gün ölçümü) ve en yüksek 5,98 bar (Bolu populasyonu 25.gün ölçümü) ölçülmüştür. Ölçüm zamanına bağlı olarak kuraklık grubunda yer alan

populasyonların ortalama BSG miktarları ise kuraklık stresi süresi boyunca önemli değişimler göstermiştir. Kuraklık grubunda en düşük ortama BSG miktarı 2,12 bar (Torul populasyonu 5.gün ölçümü) ve en yüksek ortalama BSG miktarı ise 21,33 bar (Trabzon populasyonu 55.gün ölçümü) olarak belirlenmiştir. Trabzon, Torul ve Vezirköprü populasyonlarında kuraklık stres denemesinin 45. gününden itibaren ortalama bitki su gerilim değerlerinin 10 bar'ın üstüne çıktığı ve bazı fidanların yapraklarında sararma ve kurumaların başladığı, 55. günde ise BSG değerlerinin 20 bar'ın üzerine çıktığı ve fidanların birçoğunda kurumaların gerçekleştiği tespit edilmiştir. Alucra, Koyulhisar ve Mesudiye populasyonların ise kuraklık stresinin 55. gününde de ortalama BSG değerleri 10 bar'ın altında kaldığı ve kuraklık toleranslarının yüksek olduğu ortaya koyulmuştur. Bolu populasyonunda ise kuraklık stresi denemesinin 25. gününden itibaren ortalama BSG değeri 8 bar ve üstünde olduğu belirlenmiş olup, diğer populasyonlara kıyasla su eksikliğinden hızlı bir şekilde etkilenmiş ve 45. günden itibaren fidanların birçoğunda kurumalar gerçekleşerek 55. gün ölçümlerine kadar fidanların tamamı kurumuştur.

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı populasyonlara bağlı olarak BSG miktarları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı çoğul varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	9145,47	95	96,26	36,24	0,000
Etkileşim	12516,75	1	12516,75	4712,58	0,000
Zaman	2279,62	6	379,93	143,04	0,000
Stres	1959,06	1	1959,06	737,59	0,000
Populasyon	615,00	6	102,50	38,59	0,000
Zaman * Stres	2235,33	6	372,55	140,26	0,000
Zaman * Populasyon	624,58	35	17,84	6,71	0,000
Stres * Populasyon	282,53	6	47,08	17,72	0,000
Zaman*Stres*Populasyon	668,38	35	19,09	7,19	0,000
Hata	1213,80	457	2,65		
Toplam	23117,11	553			
Düzeltilmiş Toplam	10359,28	552			

Varyans analizi sonucunda ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve populasyonların BSG miktarları üzerine istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Ayrıca zaman $\times$ stres, zaman $\times$ populasyon, stres $\times$ populasyon

ve zaman $\times$ stres $\times$ populasyon etkileşimlerine bağlı olarak da BSG miktarları arasında %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir (Tablo 6).

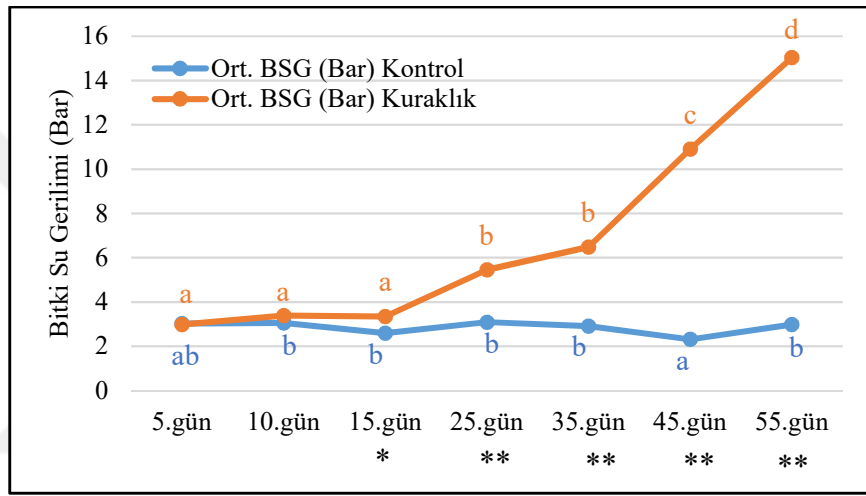
Kuraklık stresi uygulaması ve ölçüm zamanına ilişkin elde edilen BSG miktarlarına ait sonuçlar Tablo 7’de verilmiştir. Buna göre kontrol grubunda en düşük ortalama BSG miktarı 2,31 bar ile 45. ölçüm gününde, en yüksek ortalama BSG miktarı ise 3,09 bar ile 25. ölçüm gününde belirlenmiştir. Genel olarak kontrol grubunda BSG miktarlarının farklı ölçüm zamanlarında birbirlerine yakın değerler aldığı görülmektedir. Kuraklık grubunda ise ölçüm zamanlarının artmasına bağlı olarak BSG miktarları da artış göstermiştir. En düşük ortalama BSG miktarı 2,98 bar ile 5. ölçüm gününde, en yüksek ortalama BSG miktarı ise 15,04 bar ile son ölçüm günü olan 55. günde tespit edilmiştir. Ayrıca maksimum BSG miktarı 25. günde 13,80 bar, 35. günde 13,00 bar, 45. günde 19,40 bar ve 55. günde 29,00 bar olarak ölçülmüştür.

Tablo 7. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Ölçüm Zamanı (gün)	Ort. BSG (Bar)	Standart Hata	Min. BSG (Bar)	Mak. BSG (Bar)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	5	3,02	0,16	1,40	5,50	0,000
	10	3,05	0,17	1,30	5,50	
	15	2,59	0,19	0,90	5,00	
	25	3,09	0,23	1,00	7,50	
	35	2,91	0,16	1,20	5,00	
	45	2,31	0,17	1,00	6,00	
	55	2,98	0,17	1,50	5,10	
Kuraklık	5	2,98	0,17	1,50	5,20	0,000
	10	3,39	0,18	1,50	6,20	
	15	3,35	0,25	1,30	8,50	
	25	5,45	0,39	2,00	13,80	
	35	6,48	0,42	2,50	13,00	
	45	10,91	0,62	4,90	19,40	
	55	15,04	1,18	6,00	29,00	

Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak farklı ölçüm zamanlarına ait BSG miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile ortaya koyulmuştur. Şekil 14’te gösterilen grafikte ölçüm zamanlarına ait BSG miktarı arasında kontrol grubunda üç, kuraklık grubunda ise dört farklı grup meydana gelmiştir. Kuraklık grubunda 5, 10 ve 15. ölçüm zamanları ilk grubu, 25 ve 35. ölçüm zamanları ikinci grubu oluştururken, 45 ve 55. ölçüm zamanları tek başlarına grup meydana getirmişlerdir. Kontrol grubunda ise 5 ve 45. ölçüm zamanları tek başlarına grup oluştururken, diğer ölçüm zamanları aynı grupta yer almıştır. Kontrol grubunda ölçüm zamanlarına bağlı olarak BSG miktarlarına bakıldığında

da birbirlerine yakın ve dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. Ayrıca BSG miktarlarının kontrol ve kuraklık gruplarında 10. ölçüm güne kadar birbirine yakın değerler aldığı, 15. ölçüm gününden itibaren kuraklık grubunda BSG miktarının artması ile aradaki farkın zamana bağlı arttığı belirlenmiştir. Yapılan bağımsız t testi sonucunda da kontrol ve kuraklık grubunun 5. ve 10. ölçüm günlerinde elde edilen sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmazken, 15. gün ($p<0,05$) ve sonrasındaki ölçüm günlerinde ($p<0,01$) elde edilen BSG değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu ortaya koyulmuştur (Şekil 14).



* $p<0,05$ ve ** $p<0,01$ önem düzeyinde her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki farklılıkları gösterir

Şekil 14. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak BSG miktarlarına ait Duncan testi sonuçları

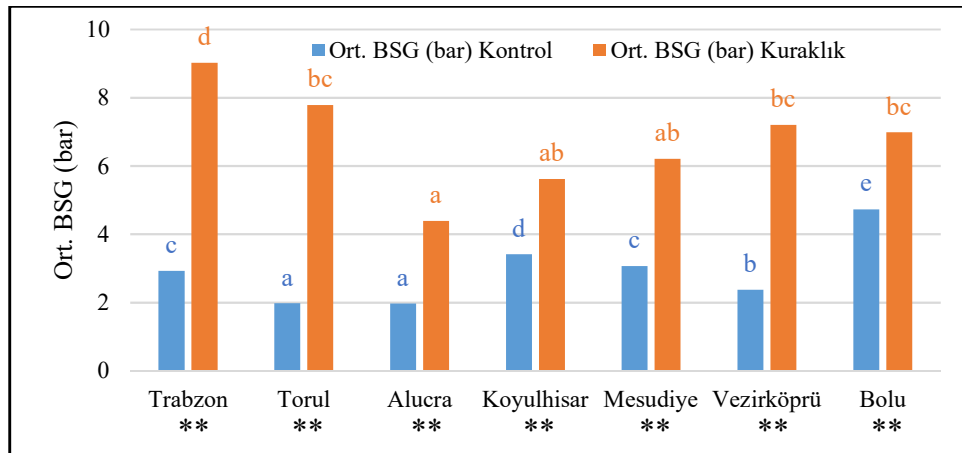
Kuraklık stresi uygulaması ve popülasyon etkileşimine bağlı olarak BSG miktarlarının değişimi Tablo 8’de gösterilmiştir. Kontrol grubunda en düşük ortalama BSG miktarı 1,97 bar ile Alucra popülasyonunda, en yüksek ortalama BSG miktarı ise 4,73 bar ile Bolu popülasyonunda tespit edilmiştir. Kuraklık grubunda da en düşük ortalama BSG miktarı 4,39 bar ile Alucra popülasyonunda, en yüksek ortalama BSG miktarı ise 9,02 bar ile Trabzon popülasyonunda belirlenmiştir. Ayrıca maksimum BSG miktarı Torul popülasyonunda 29,00 bar, Trabzon popülasyonunda 26,00 bar ve Vezirköprü popülasyonunda 24,00 bar olarak elde edilmiştir. Ayrıca her bir popülasyon için kontrol ve kuraklık grubuna ait ortalama BSG değerleri arasında yapılan t testi sonucunda, tüm popülasyonlarda iki işlem arasında istatistiksel olarak %99 güven düzeyi ile anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir (Şekil 15).

Tablo 8. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Populasyon	Ort. BSG (Bar)*	Standart Hata	Min. BSG (Bar)	Mak. BSG (Bar)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	Trabzon	2,93	0,14	1,00	5,00	0,000
	Torul	1,98	0,07	1,00	3,10	
	Alucra	1,97	0,07	1,00	3,10	
	Koyulhisar	3,41	0,14	2,10	5,10	
	Mesudiye	3,07	0,14	1,50	5,00	
	Vezirköprü	2,37	0,12	0,90	4,50	
	Bolu	4,73	0,17	3,00	7,50	
Kuraklık	Trabzon	9,02	1,10	1,90	26,00	0,002
	Torul	7,78	1,07	1,50	29,00	
	Alucra	4,39	0,34	1,50	11,60	
	Koyulhisar	5,62	0,46	2,30	10,00	
	Mesudiye	6,21	0,56	1,50	14,00	
	Vezirköprü	7,20	1,07	1,30	24,00	
	Bolu	6,98	0,39	3,80	12,50	

*Her bir populasyon ait ortalama BSG değeri 7 farklı ölçüm gününe ait BSG değerlerinin ortalamasıdır.

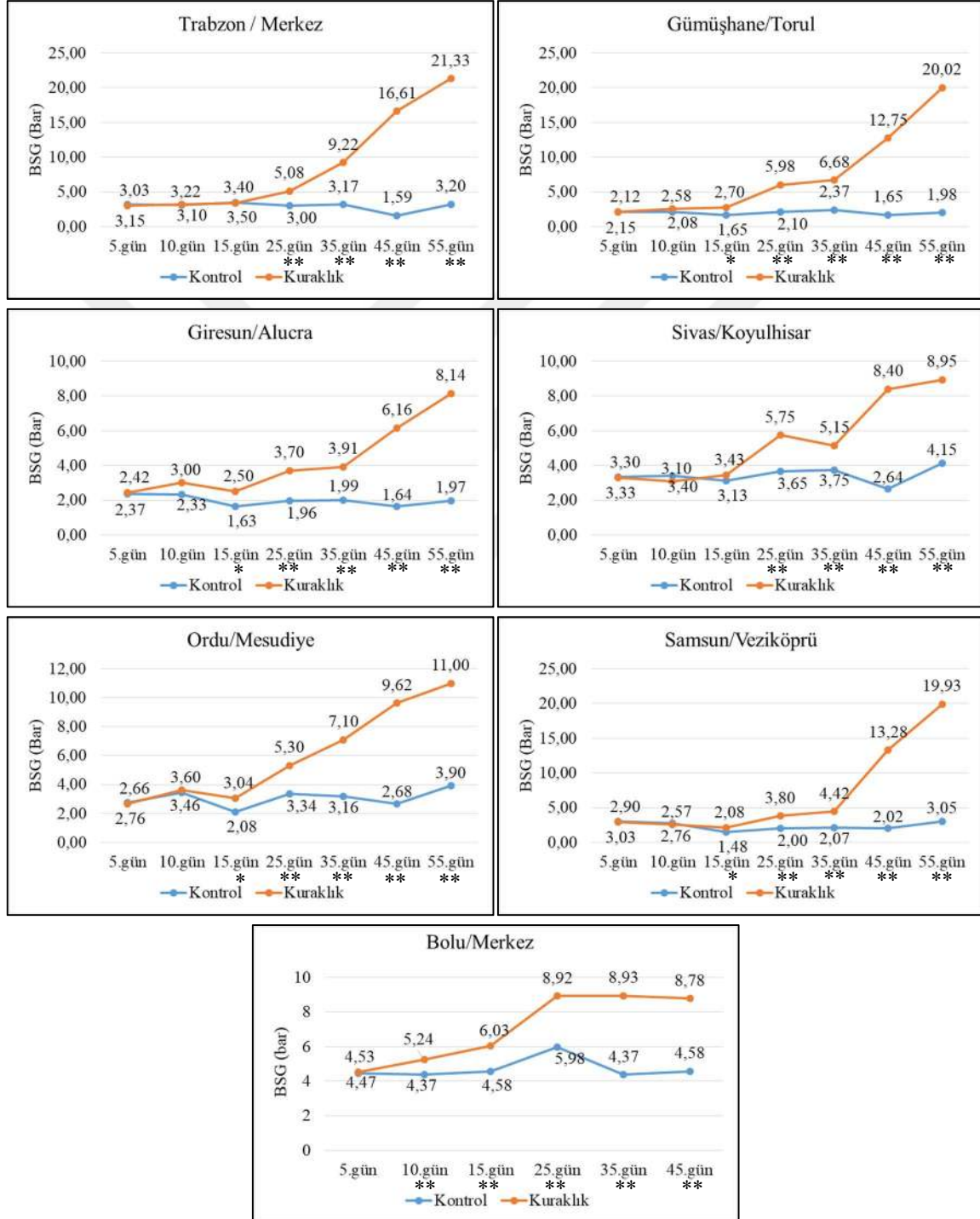
Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak farklı populasyonlara ilişkin BSG miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir. Kontrol grubunda yer alan populasyonlara ait BSG miktarları arasında beş, kuraklık grubunda ise dört farklı grup oluşmuştur. Kontrol grubunda Torul ve Alucra populasyonları ilk grubu meydana getirirken, diğer populasyonlar tek başlarına grup oluşturmuştur. Kuraklık grubunda Koyulhisar ve Mesudiye populasyonları aynı grupta, Torul, Vezirköprü ve Bolu populasyonları diğer bir grupta yer almışlardır. Alucra ve Trabzon populasyonları ise tek başlarına grup meydana getirmişlerdir (Şekil 15).



** $p < 0,01$ önem düzeyinde her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıklarını gösterir.

Şekil 15. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak BSG miktarlarına ait Duncan testi sonuçları

Kuraklık stresi uygulaması sonucu populasyonların ölçüm zamanına bağlı olarak BSG miktarlarının değişimi Şekil 16'da gösterilmiştir. Ayrıca tüm populasyonlarda her bir ölçüm gününde kontrol ve kuraklık grubu arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı bağımsız örneklem t testi ($p < 0,05$, $p < 0,01$) ile belirlenmiştir.



Şekil 16. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin sonuçlar

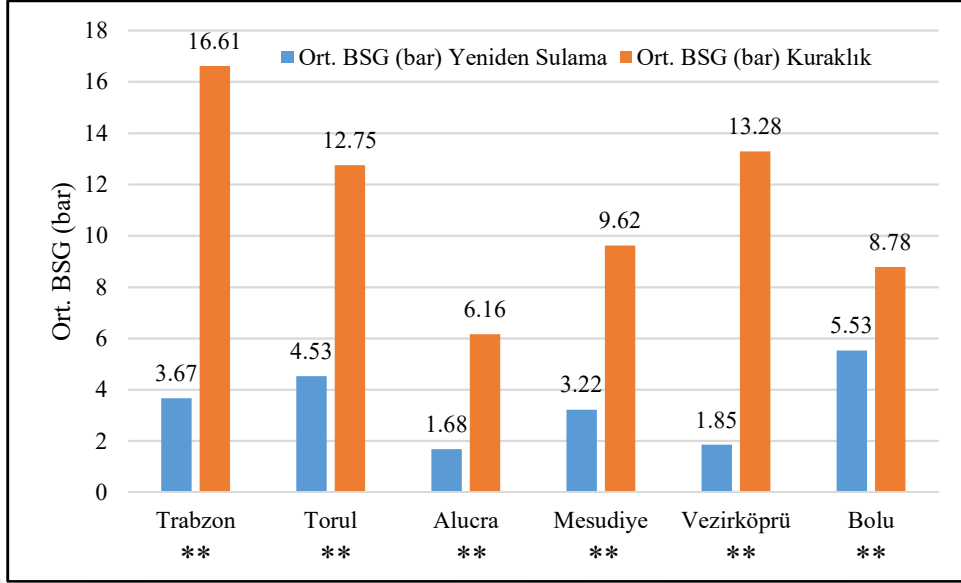
Buna göre Bolu popülasyonu haricinde diğer tüm popülasyonların 10. ölçüm gününe kadar kontrol ve kuraklık grubunda BSG miktarlarının birbirlerine yakın değerler aldığı, 15. ölçüm gününden itibaren ise kuraklık grubunda su eksikliğinin artması ile BSG miktarlarının ölçüm zamanının artmasına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Bolu popülasyonuna ait kuraklık grubu ise su eksikliğinden daha hızlı etkilenecek 10. ölçüm gününden itibaren ölçüm zamanının artmasına bağlı olarak BSG miktarları da artış göstermiştir.

Kuraklık stresine maruz fidanların bir grubuna 45. günde yeniden bir sulama yapılarak fidanlara bir hafta boyunca su verilmiş ve popülasyonların BSG miktarlarındaki değişim ortaya koyulmuştur. Yeniden sulama sonrası popülasyonlara ait BSG ile 45. gündeki kuraklık grubuna ait popülasyonların BSG miktarları arasındaki farkların anlamlılığı varyans analizi ile belirlenmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Yeniden sulama ve popülasyon etkileşimine bağlı olarak BSG miktarlarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Popülasyon	Ort. BSG (Bar)	Standart Hata	Min. BSG (Bar)	Mak. BSG (Bar)	Önem Düzeyi (p)
Yeniden sulama	Trabzon	3,67	0,34	2,00	5,00	0,000
	Torul	4,53	0,19	3,60	5,40	
	Alucra	1,68	0,06	1,50	2,00	
	Mesudiye	3,22	0,74	1,50	5,50	
	Vezirköprü	1,85	0,14	1,20	2,60	
	Bolu	5,53	0,43	3,30	6,70	
	Ortalama	3,42	0,25	1,20	6,70	
Kuraklık	Trabzon	16,61	1,22	9,70	19,40	
	Torul	12,75	1,19	7,00	16,30	
	Alucra	6,16	0,50	4,90	9,40	
	Mesudiye	9,62	0,64	7,00	11,80	
	Vezirköprü	13,28	1,18	9,60	17,00	
	Bolu	8,78	1,05	6,80	12,50	
	Ortalama	11,22	0,68	4,90	19,40	

Yeniden sulama ve popülasyon etkileşimine bağlı olarak BSG miktarları arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık grubunun 45. gün ölçümüne ait popülasyonların BSG ortalaması 11,22 bar iken, yeniden sulama sonrası popülasyonların ortalama BSG miktarı 3,42 bar değer almıştır (Tablo 9).



** $p < 0,01$ önem düzeyinde her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıklarını gösterir.

Şekil 17. Yeniden sulama ve populasyona bağlı olarak BSG miktarlarının değişimi

Kuraklık grubunda en yüksek BSG miktarı 16,61 bar ile Trabzon populasyonuna ait fidanlarda elde edilmiş olup, yeniden sulama sonrası BSG miktarı 3,67 bar'a kadar düşmüştür. Kuraklık grubunun ikinci en yüksek değere sahip Vezirköprü populasyonuna ait BSG miktarı ise yeniden sulama sonrası 13,28 bar değerinden 1,85 bar değerine kadar düşüş göstermiştir (Şekil 17).

3.1.2. Fidanların Toprak Nemine İlişkin Bulgular

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toprak nemine (TN) ait değerler elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 10'da gösterilmiştir. Toprak nemine ilişkin sonuçlar incelendiğinde, kontrol grubuna ait populasyonlara ait toprak nemlerinin genel olarak bir birine yakın değerler aldığı belirlenmiştir. Kuraklık grubuna ait populasyonlara ait toprak nemlerinin ise ölçüm zamanına bağlı olarak kuraklık stresi süresi boyunca önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Kontrol grubunda yer alan populasyonlarda ortalama toprak nemi en düşük 8,62 birim (Trabzon populasyonu 55.gün ölçümü) ve en yüksek ise 10 birim (Koyulhisar, Mesudiye ve Bolu populasyonları 15.gün ölçümü) ölçülmüştür. Kuraklık grubunda en düşük ortalama toprak nemi 1,10 birim (Alucra populasyonu 55.gün ölçümü) ve en yüksek ortalama toprak nemi ise 9,25 birim (Trabzon populasyonu 5.gün ölçümü) olarak elde edilmiştir.

Tablo 10. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Toprak Nemi						
		5.gün	10.gün	15.gün	25.gün	35.gün	45.gün	55.gün
Kontrol	Trabzon	9,33	9,25	9,72	9,93	9,67	9,36	8,62
	Torul	9,42	9,25	9,83	9,67	9,92	9,88	8,75
	Alucra	9,25	9,33	9,80	9,94	9,86	9,63	9,08
	Koyulhisar	9,00	9,25	10,00	9,75	9,88	9,20	9,25
	Mesudiye	9,60	9,30	10,00	9,80	9,90	9,67	9,17
	Vezirköprü	9,17	9,30	9,90	9,70	9,67	9,00	9,33
	Bolu	9,25	9,08	10,00	9,83	9,42	9,33	-
Kuraklık	Trabzon	9,25	8,17	6,25	5,13	2,17	1,34	1,20
	Torul	9,00	8,08	4,17	4,25	1,37	1,18	1,15
	Alucra	8,92	8,33	5,50	4,49	3,00	1,65	1,10
	Koyulhisar	8,67	8,25	6,88	6,13	3,13	1,30	1,38
	Mesudiye	8,80	8,33	7,60	4,94	1,40	1,70	1,12
	Vezirköprü	8,75	8,17	5,80	3,80	1,67	1,20	1,15
	Bolu	8,75	8,14	6,00	4,08	1,58	1,24	-

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı populasyonlara ilişkin toprak nemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olup olmadığı çoğul varyans analizi ile tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toprak nemine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	5911,16	95	62,22	122,609	0,000
Etkileşim	26574,54	1	26574,54	52364,529	0,000
Zaman	1172,48	6	195,41	385,058	0,000
Stres	3142,43	1	3142,43	6192,098	0,000
Populasyon	13,50	6	2,25	4,435	0,000
Zaman * Stres	1188,87	6	198,14	390,442	0,000
Zaman * Populasyon	34,85	35	0,99	1,962	0,001
Stres * Populasyon	11,24	6	1,87	3,692	0,001
Zaman*Stres*Populasyon	26,82	35	0,76	1,510	0,034
Hata	231,92	457	0,50		
Toplam	33565,86	553			
Düzeltilmiş Toplam	6143,08	552			

Tablo 11’de gösterilen varyans analizi sonucuna göre ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve populasyonlara ait toprak nemleri arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca zaman × stres, zaman × populasyon ve stres × populasyon etkileşimlerine bağlı olarak toprak nemleri %99 güven

düzeyinde, zaman $\times$ stres $\times$ populasyon etkileşimine bağlı olarak ise toprak nemi %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık göstermektedir.

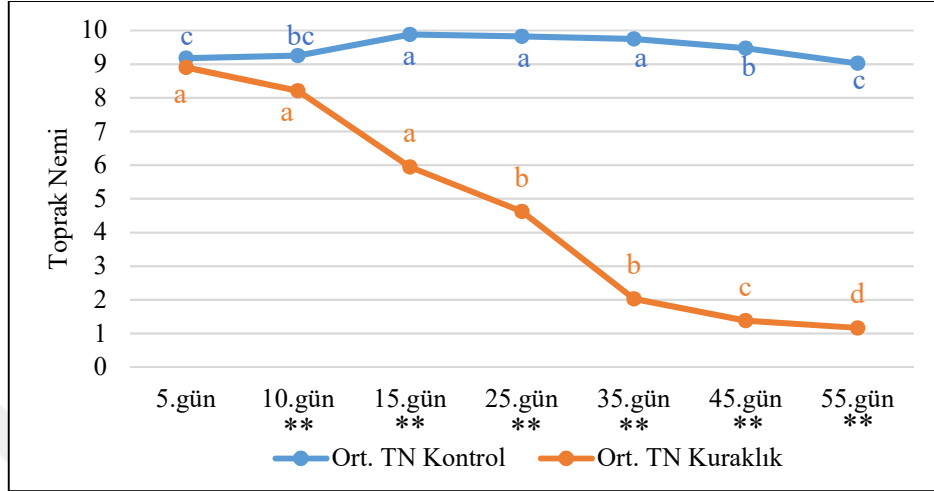
Kuraklık stresi uygulaması ve ölçüm zamanına ilişkin toprak nem değerleri belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 12’de verilmiştir. Kontrol grubunda en düşük ortalama toprak nemi 9,02 birim ile 55. ölçüm gününde, en yüksek ortalama toprak nemi ise 9,88 birim ile 15. ölçüm gününde elde edilmiştir. Kuraklık grubunda en yüksek ortalama toprak nemi 8,90 birim ile 5. ölçüm gününde, en düşük ortalama toprak nemi ise 1,17 birim ile son ölçüm günü olan 55. günde belirlenmiştir. Kontrol ve kuraklık grubu içerisinde fidanların toprak nemleri açısından ölçüm zamanına bağlı olarak göstermiş oldukları farklılıkların anlamlılığı varyans analizi ile ortaya koyulmuştur. Hem kontrol grubu hem de kuraklık grubunda ölçüm zamanına bağlı olarak toprak nemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 12. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Ölçüm Zamanı (gün)	Ort. TN	Standart Hata	Min. TN	Mak. TN	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	5	9,18	0,15	4,00	10,00	0,000
	10	9,25	0,07	8,50	10,00	
	15	9,88	0,03	9,00	10,00	
	25	9,82	0,05	9,00	10,00	
	35	9,75	0,05	9,00	10,00	
	45	9,47	0,07	8,00	10,00	
	55	9,02	0,08	7,50	9,50	
Kuraklık	5	8,90	0,08	8,00	10,00	0,000
	10	8,21	0,08	7,50	9,50	
	15	5,95	0,25	2,50	8,50	
	25	4,62	0,25	1,50	7,50	
	35	2,03	0,15	1,00	4,50	
	45	1,38	0,07	1,00	3,50	
	55	1,17	0,03	1,00	1,50	

Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak farklı ölçüm zamanlarına ait toprak nem değerleri arasında meydana gelen gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir. Toprak nem değerleri bakımından hem kontrol grubunda hem de kuraklık grubunda dört farklı grup oluşmuştur. Kontrol grubunda 15, 25 ve 35. ölçüm zamanları ilk grubu, 5 ve 55. ölçüm zamanları ikinci grubu meydana getirirken, 10 ve 45. ölçüm zamanları tek başlarına grup oluşturmuşlardır. Kuraklık grubunda ise 5, 10 ve 15. ölçüm zamanları ilk grupta, 25 ve 35.

ölçüm zamanları ikinci grupta, 45. ölçüm zamanı üçüncü ve 55. ölçüm zamanı son grupta yer almıştır (Şekil 18).



** $p < 0,01$ önem düzeyinde her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki farklılıkları gösterir

Şekil 18. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak toprak nemine ait Duncan testi sonuçları

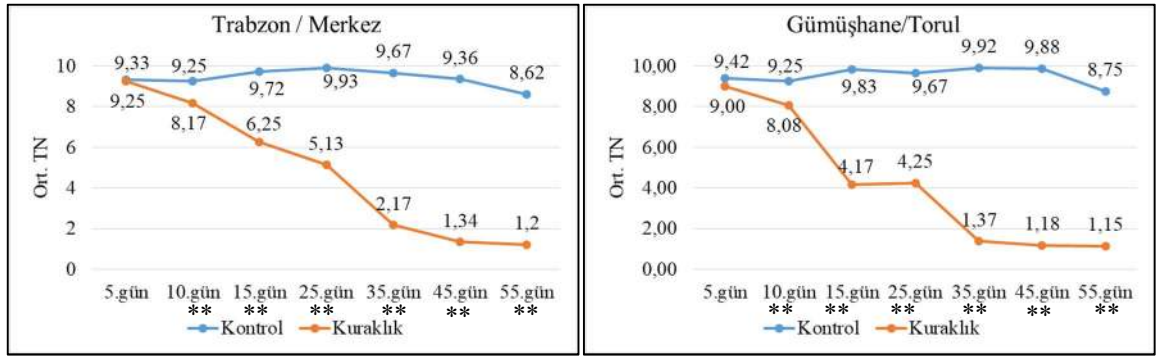
Şekil 18’de görüldüğü üzere, kontrol grubuna ait toprak nemleri düzenli sulama neticesinde genel itibariyle birbirine yakın değerlere sahip olurken, kuraklık grubuna ait toprak nemleri ise kuraklık stresi süresinin artmasına bağlı olarak sürekli olarak azalmıştır. Bağımsız t testi sonucunda da 10. ölçüm gününden itibaren her bir ölçüm gününde kontrol ve kuraklık grubuna ait toprak nemi değerleri arasında istatistiksel olarak %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine ilişkin toprak nemi değişimine ait sonuçlar Tablo 13’te verilmiştir. Kontrol grubunda en düşük ortalama toprak nemi 9,31 birim ile Vezirköprü populasyonunda, en yüksek ortalama toprak nemi ise 9,62 birim ile Mesudiye populasyonunda elde edilmiştir. Kuraklık grubunda da en düşük ortalama toprak nemi 4,03 birim ile Torul populasyonunda, en yüksek ortalama toprak nemi ise 5,16 birim ile Bolu populasyonunda belirlenmiştir. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimi bakımından toprak nemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,01$) farklılık bulunurken (Tablo 11), kontrol ve kuraklık grubu içerisinde populasyonların toprak nem değerleri istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0,05$) farklılık göstermemiştir (Tablo 13).

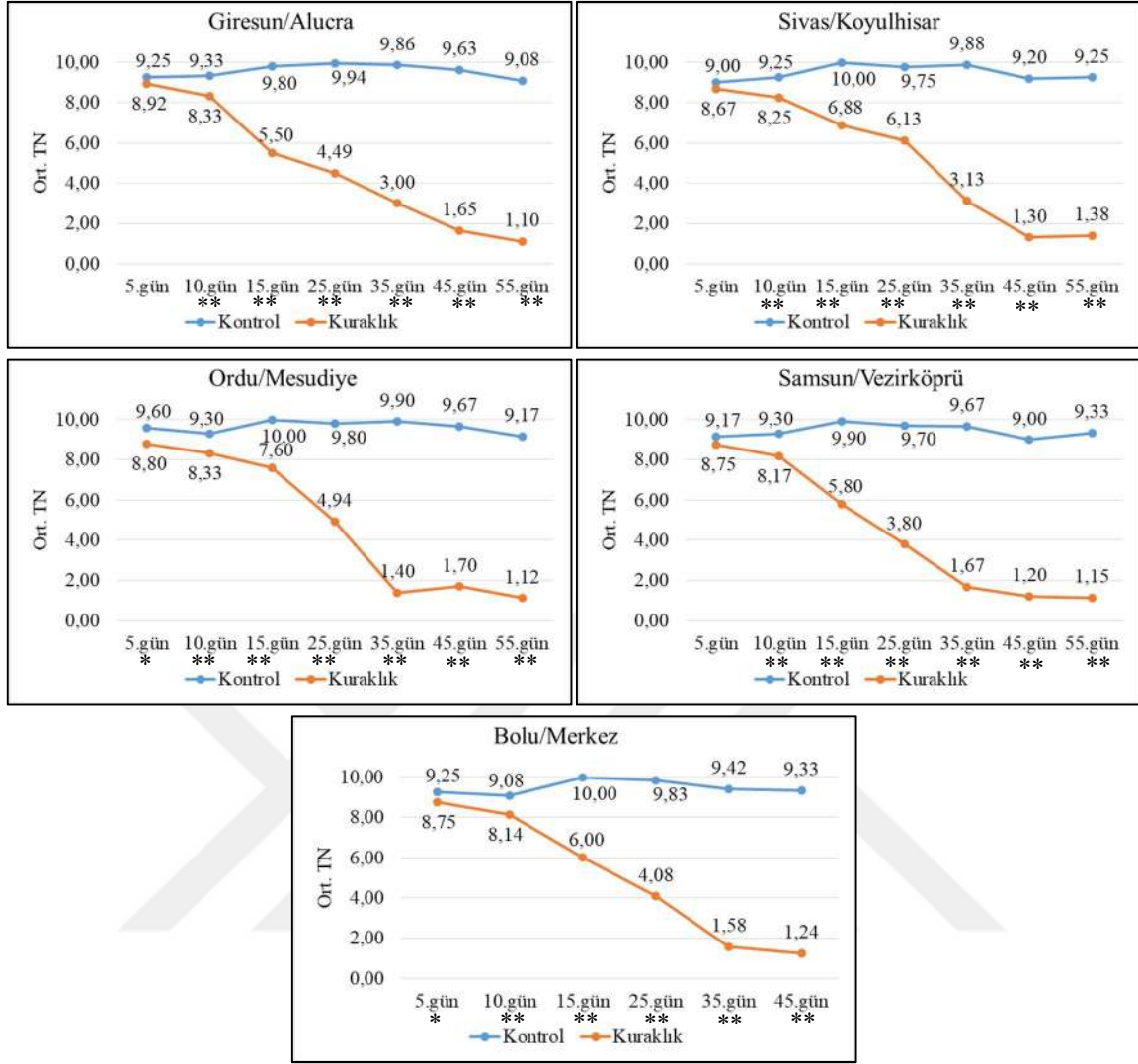
Tablo 13. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Populasyon	Ort. TN	Standart Hata	Min. TN	Mak. TN	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	Trabzon	9,42	0,09	7,50	10,00	0,299
	Torul	9,55	0,08	8,00	10,00	
	Alucra	9,58	0,06	8,50	10,00	
	Koyulhisar	9,48	0,09	8,50	10,00	
	Mesudiye	9,62	0,07	8,50	10,00	
	Vezirköprü	9,31	0,15	4,00	10,00	
	Bolu	9,49	0,09	8,00	10,00	
Kuraklık	Trabzon	4,71	0,48	1,00	10,00	0,783
	Torul	4,03	0,48	1,00	9,50	
	Alucra	4,47	0,43	1,00	9,50	
	Koyulhisar	4,84	0,58	1,00	9,00	
	Mesudiye	4,75	0,54	1,00	9,50	
	Vezirköprü	4,34	0,50	1,00	9,50	
	Bolu	5,16	0,53	1,00	9,50	

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toprak nem değişimi Şekil 19’da gösterilmiştir. Buna göre tüm populasyonlara ait toprak nem değerleri kontrol grubunda tüm ölçüm zamanı boyunca benzer ve yüksek değerler alırken, kuraklık grubuna ait fidanların toprak nem değerleri ise ilk ölçüm gününden itibaren azalmıştır. Ayrıca tüm populasyonlarda her bir ölçüm gününde kontrol ve kuraklık grubu arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı bağımsız örneklem t testi ($*p<0,05$, $**p<0,01$) ile ortaya koyulmuştur.



Şekil 19. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar



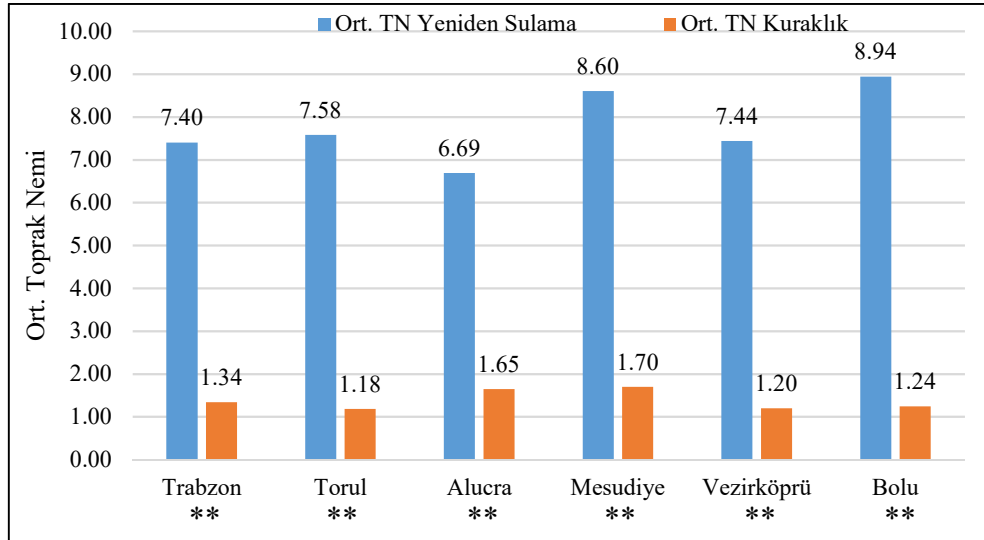
Şekil 19'un devamı. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar

Yeniden sulama sonrası populasyonlara ait toprak nemleri ile 45. gündeki kuraklık grubuna ait populasyonların toprak nemleri arasındaki farkların anlamlılığı varyans analizi ile belirlenmiştir (Tablo 14). Yeniden sulama ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toprak nem değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($p<0,01$) gösterdiği belirlenmiştir. Kuraklık grubunun 45. gün ölçümüne ait populasyonların ortalama toprak nemi 1,39 birim iken, yeniden sulama sonrası populasyonların ortalama toprak nemi 7,73 birime kadar yükselmiştir.

Tablo 14. Yeniden sulama ve popülasyon etkileşimine bağlı olarak toprak nemine ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Popülasyon	Ort. TN	Standart Hata	Min. TN	Mak. TN	Önem Düzeyi (p)
Yeniden sulama	Trabzon	7,40	0,32	5,80	8,50	0,000
	Torul	7,58	0,29	6,50	9,00	
	Alucra	6,69	0,36	5,00	8,00	
	Mesudiye	8,60	0,24	8,00	9,00	
	Vezirköprü	7,44	0,37	5,00	8,00	
	Bolu	8,94	0,25	8,00	10,00	
	Ortalama	7,73	0,17	5,00	10,00	
Kuraklık	Trabzon	1,34	0,07	1,00	1,50	
	Torul	1,18	0,07	1,00	1,50	
	Alucra	1,65	0,28	1,00	3,50	
	Mesudiye	1,70	0,23	1,00	2,50	
	Vezirköprü	1,20	0,10	1,00	1,50	
	Bolu	1,24	0,11	1,00	1,50	
	Ortalama	1,39	0,07	1,00	3,50	

Kuraklık grubuna ait popülasyonların ortalama toprak nemi değerleri 1,18 - 1,70 birim arasında değişirken, yeniden sulama sonrası popülasyonların toprak nem değerleri 8,94 birime kadar artmıştır. (Şekil 20). Her bir popülasyona ait işlemler arasındaki farkların istatistiksel anlamlılığı t testi ile tespit edilmiş ve işlemler arasında %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir.



** $p < 0,01$ önem düzeyinde her bir popülasyonun iki işlem arasındaki farklılıklarını gösterir

Şekil 20. Yeniden sulama ve popülasyona bağlı olarak toprak neminin değişimi

3.1.3. Fidanların Toprak Sıcaklığına İlişkin Bulgular

Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyonlara ilişkin toprak sıcaklık (TS) değerleri tespit edilmiştir. Kontrol grubunda yer alan populasyonlarda ortalama toprak sıcaklığı en düşük 18,42°C (Vezirköprü populasyonu 55.gün ölçümü) ve en yüksek 23,07°C (Trabzon populasyonu 25.gün ölçümü) ölçülmüştür. Kuraklık grubunda en düşük ortalama toprak sıcaklığı 18,33°C (Mesudiye ve Vezirköprü populasyonu 55.gün ölçümü) ve en yüksek ortalama toprak sıcaklığı 22,83°C (Trabzon populasyonu 25.gün ölçümü) olarak belirlenmiştir. Çalışma kontrollü sera koşullarında gerçekleştirildiğinden dolayı genel olarak tüm sıcaklık değerlerinin birbirlerine yakın değerler aldığı görülmektedir (Tablo 15).

Tablo 15. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toprak sıcaklığına ilişkin sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Toprak Sıcaklığı (°C)						
		5.gün	10.gün	15.gün	25.gün	35.gün	45.gün	55.gün
Kontrol	Trabzon	21,17	21,67	22,67	23,07	22,25	22,36	18,75
	Torul	20,92	21,00	22,83	22,67	22,17	22,25	18,75
	Alucra	21,00	21,00	22,67	22,63	22,21	22,25	18,75
	Koyulhisar	21,00	21,00	22,50	22,50	22,13	22,30	18,63
	Mesudiye	20,90	21,00	22,50	22,50	22,10	22,17	18,58
	Vezirköprü	20,83	21,00	22,50	22,50	22,00	22,17	18,42
	Bolu	21,25	20,17	22,42	22,50	22,00	22,25	-
Kuraklık	Trabzon	21,08	21,17	22,75	22,83	22,17	22,29	18,83
	Torul	21,25	21,00	22,58	22,58	22,17	22,44	18,67
	Alucra	21,17	21,00	22,50	22,50	22,14	22,25	18,50
	Koyulhisar	21,17	21,25	22,50	22,50	22,13	22,20	18,63
	Mesudiye	20,90	20,83	22,50	22,50	22,20	22,17	18,33
	Vezirköprü	20,92	20,00	22,50	22,50	21,92	22,33	18,33
	Bolu	21,08	20,14	22,42	22,50	21,83	22,20	-

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı populasyonlara bağlı olarak toprak sıcaklıkları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı çoğul varyans analizi ile tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 16'da gösterilmiştir. Varyans analizi sonucunda ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve populasyonların toprak sıcaklıkları üzerine istatistiksel olarak anlamlı ($p>0,05$) etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda zaman $\times$ stres, zaman $\times$ populasyon, stres $\times$ populasyon ve zaman $\times$ stres $\times$ populasyon etkileşimlerine bağlı olarak da toprak sıcaklıkları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($p>0,05$) bulunmamıştır.

Tablo 16. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toprak sıcaklığına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	937,18	95	9,86	12,60	0,000
Etkileşim	243928,40	1	243928,40	311678,08	0,000
Zaman	829,36	6	138,22	176,61	0,000
Stres	0,02	1	0,02	0,03	0,857
Populasyon	9,70	6	1,61	2,06	0,056
Zaman * Stres	4,65	6	0,77	0,99	0,431
Zaman * Populasyon	31,93	35	0,91	1,16	0,241
Stres * Populasyon	6,14	6	1,02	1,30	0,252
Zaman*Stres*Populasyon	22,71	35	0,64	0,82	0,746
Hata	357,66	457	0,78		
Toplam	256102,75	553			
Düzeltilmiş Toplam	1294,84	552			

3.2. Kuraklık Stresine Maruz Fidanların Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular

Sapsız meşe populasyonlarına ait fidanlarda kuraklık stresinin bazı biyokimyasal özellikler üzerine etkisini ortaya koymak amacıyla klorofil a miktarı, klorofil b, toplam klorofil, toplam karotenoid, toplam karbonhidrat ve prolin miktarları incelenmiştir.

3.2.1. Klorofil a Miktarına İlişkin Bulgular

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve farklı populasyonlara bağlı olarak klorofil a miktarları arasında meydana gelen değişimler tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 17’de gösterilmiştir. Tüm ölçüm zamanları ve populasyonlara göre ortalama klorofil a miktarı kontrol grubunda 2,43 mg/g, kuraklık grubunda ise 2,34 mg/g olarak belirlenmiştir. Kontrol grubuna ait populasyonlarda ortalama klorofil a miktarı en düşük 1,22 mg/g (Bolu populasyonu 15.gün ölçümü) ve en yüksek 2,96 mg/g (Mesudiye populasyonu 35.gün ölçümü) olarak elde edilmiştir. Kuraklık grubunda en düşük ortalama klorofil a miktarı 1,38 mg/g (Bolu populasyonu 5 ve 25.gün ölçümü, Trabzon populasyonu 55. gün ölçümü) ve en yüksek ortalama klorofil a miktarı 2,94 mg/g (Koyulhisar populasyonu 35 ve 45.gün ölçümü, Vezirköprü populasyonu 5. gün ölçümü) olarak belirlenmiştir.

Tablo 17. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak klorofil a miktarına ilişkin sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Klorofil a (mg/g)						Ort.
		5.gün	15.gün	25.gün	35.gün	45.gün	55.gün	
Kontrol	Trabzon	1,95	1,98	2,23	2,08	2,20	2,17	2,10
	Torul	2,02	1,91	2,06	1,99	2,16	2,14	2,05
	Alucra	2,51	2,43	2,67	2,76	2,48	2,61	2,58
	Koyulhisar	2,88	2,76	2,73	2,86	2,89	2,95	2,85
	Mesudiye	2,84	2,91	2,80	2,96	2,89	2,92	2,89
	Vezirköprü	2,76	2,69	2,66	2,94	2,77	2,74	2,76
	Bolu	1,43	1,22	1,29	2,59	1,71	-	1,65
	Ort.	2,34	2,27	2,35	2,60	2,44	2,59	2,43
Kuraklık	Trabzon	1,87	1,79	1,97	1,88	1,94	1,38	1,81
	Torul	2,14	2,22	1,92	1,94	1,97	1,91	2,02
	Alucra	2,64	2,50	2,51	2,64	2,67	2,13	2,52
	Koyulhisar	2,89	2,46	2,76	2,94	2,94	2,74	2,79
	Mesudiye	2,88	2,84	2,93	2,79	2,80	2,80	2,84
	Vezirköprü	2,94	2,51	2,65	2,75	2,61	2,90	2,73
	Bolu	1,38	1,66	1,38	1,67	1,55	-	1,53
	Ort.	2,39	2,28	2,30	2,37	2,35	2,31	2,34

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı populasyonlara bağlı olarak klorofil a miktarlarının istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterip göstermediği çoğul varyans analizi ile tespit edilmiştir (Tablo 18).

Tablo 18. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak klorofil a miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	59,174	81	0,731	118,393	0,000
Etkileşim	1369,171	1	1369,171	221887,879	0,000
Zaman	1,107	5	0,221	35,877	0,000
Stres	0,573	1	0,573	92,820	0,000
Populasyon	50,616	6	8,436	1367,151	0,000
Zaman * Stres	0,870	5	0,174	28,203	0,000
Zaman * Populasyon	3,063	29	0,106	17,115	0,000
Stres * Populasyon	0,515	6	0,086	13,916	0,000
Zaman*Stres*Populasyon	2,405	29	0,083	13,441	0,000
Hata	1,012	164	0,006		
Toplam	1456,667	246			
Düzeltilmiş Toplam	60,186	245			

Tablo 18’de verilen varyans analizi sonucunda ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve populasyonların klorofil a miktarı üzerine istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Yine zaman $\times$ stres, zaman $\times$ populasyon, stres $\times$ populasyon ve zaman $\times$ stres $\times$ populasyon etkileşimlerine bağlı olarak da klorofil a

miktarları arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

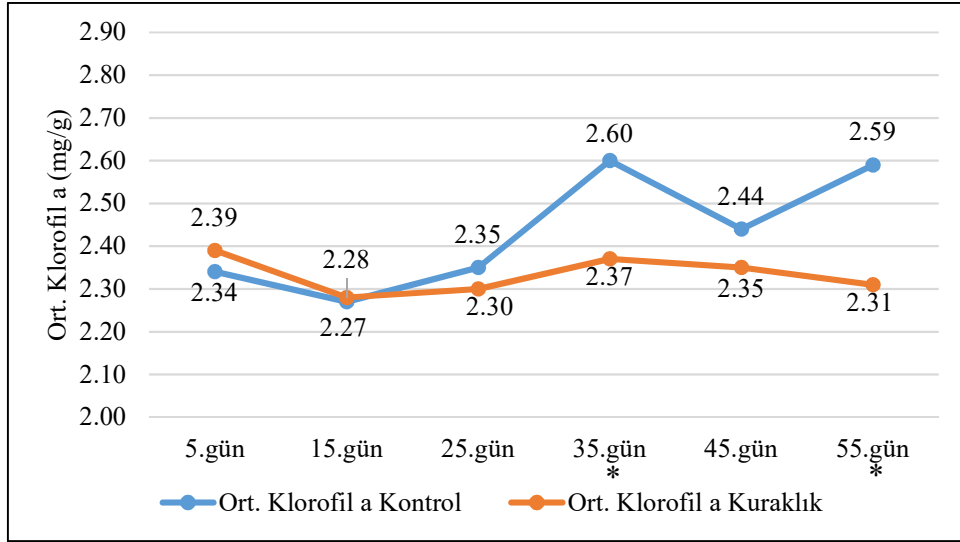
Kuraklık stresi uygulaması ve ölçüm zamanına ilişkin elde edilen klorofil a miktarlarına ait sonuçlar Tablo 19’da verilmiştir. Kontrol grubuna ait en düşük ortalama klorofil a miktarı 2,27 mg/g ile 15. ölçüm gününde, en yüksek ortalama klorofil a miktarı ise 2,60 mg/g ile 35. ölçüm gününde elde edilmiştir. Kuraklık grubuna ait en düşük ortalama klorofil a miktarı 2,28 mg/g ile 15. ölçüm gününde, en yüksek ortalama klorofil a miktarı 2,39 mg/g ile 5. ölçüm gününde tespit edilmiştir.

Tablo 19. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak klorofil a miktarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Ölçüm Zamanı (gün)	Ort. Kla (mg/g)	Standart Hata	Min. Kla (mg/g)	Mak. Kla (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	5	2,34	0,11	1,36	2,91	0,147
	15	2,27	0,13	1,21	2,92	
	25	2,35	0,11	1,25	2,83	
	35	2,60	0,08	1,92	2,96	
	45	2,44	0,09	1,68	2,91	
	55	2,59	0,08	2,05	2,96	
Kuraklık	5	2,39	0,12	1,31	3,00	0,982
	15	2,28	0,08	1,51	2,84	
	25	2,30	0,12	1,32	2,98	
	35	2,37	0,11	1,61	2,96	
	45	2,35	0,11	1,47	2,94	
	55	2,31	0,14	1,30	2,90	

Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimi bakımından klorofil a miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık bulunurken (Tablo 18), kontrol ve kuraklık grubu içerisinde ölçüm zamanlarına ait klorofil a miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p>0,05$) farklılık bulunmadığı varyans analizi ile belirlenmiştir (Tablo 19).

Şekil 21’de gösterilen sonuçlar irdelendiğinde, kontrol grubunda ölçüm zamanlarına bağlı olarak klorofil a miktarlarının genellikle dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. Ayrıca 25. ölçüm gününden itibaren kuraklık grubuna ait klorofil a miktarlarının kontrol grubuna kıyasla daha düşük değerler aldığı tespit edilmiştir. Yapılan bağımsız t testi sonucunda ise kontrol ve kuraklık grubunun 35. ve 55. ölçüm günlerinde elde edilen sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) farklılıkların olduğu ortaya koyulmuştur.



* $p < 0,05$ önem düzeyinde her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıklarını gösterir

Şekil 21. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak klorofil a miktarı değişimi

Kuraklık stresi uygulaması ve populasyon etkileşimine ilişkin klorofil a miktarlarına ait sonuçlar Tablo 20’de verilmiştir. Kontrol grubunda en düşük ortalama klorofil a miktarı 1,65 mg/g ile Bolu populasyonunda, en yüksek ortalama klorofil a miktarı ise 2,89 mg/g ile Mesudiye populasyonunda belirlenmiştir. Kuraklık grubunda da kontrol grubuna benzer şekilde en düşük ortalama klorofil a miktarı 1,53 mg/g ile Bolu populasyonunda, en yüksek ortalama klorofil a miktarı ise 2,84 mg/g ile Mesudiye populasyonunda elde edilmiştir.

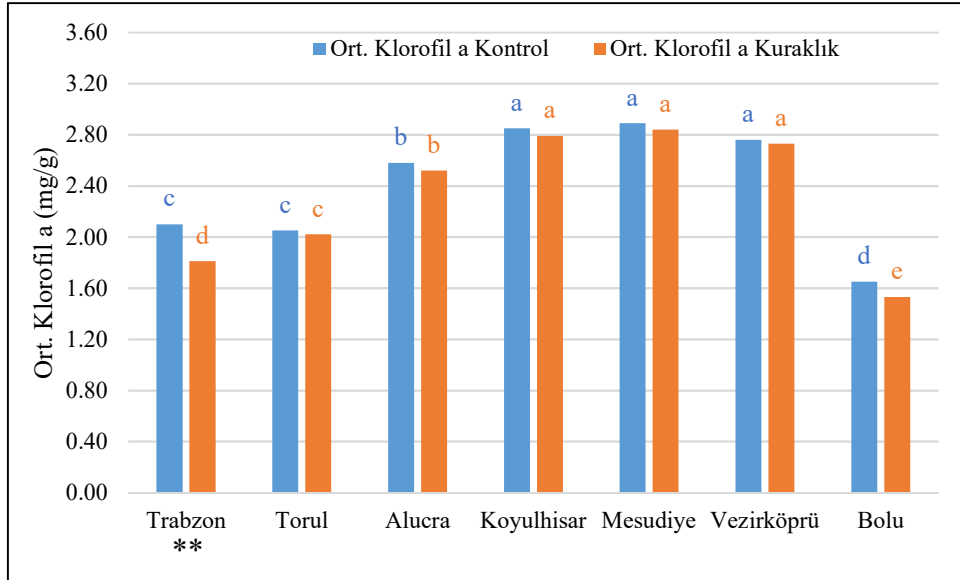
Tablo 20. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak klorofil a miktarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Populasyon	Ort. Kla (mg/g)*	Standart Hata	Min. Kla (mg/g)	Mak. Kla (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	Trabzon	2,10	0,03	1,92	2,27	0,000
	Torul	2,05	0,03	1,71	2,21	
	Alucra	2,58	0,04	2,26	2,83	
	Koyulhisar	2,85	0,02	2,69	2,96	
	Mesudiye	2,89	0,01	2,75	2,96	
	Vezirköprü	2,76	0,02	2,62	2,95	
	Bolu	1,65	0,13	1,21	2,61	
Kuraklık	Trabzon	1,81	0,05	1,30	2,04	0,000
	Torul	2,02	0,04	1,84	2,33	
	Alucra	2,52	0,04	2,04	2,73	
	Koyulhisar	2,79	0,04	2,46	2,96	
	Mesudiye	2,84	0,01	2,75	2,98	
	Vezirköprü	2,73	0,04	2,45	3,00	
	Bolu	1,53	0,03	1,31	1,76	

*Her bir populasyon ait ortalama Kla değeri, 7 farklı ölçüm gününe ait Kla değerlerinin ortalamasıdır

Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak klorofil a miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık bulunurken, kontrol ve kuraklık grubu içerisinde populasyonlara ait klorofil a miktarları arasında da istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık olduğu varyans analizi ile tespit edilmiştir (Tablo 20).

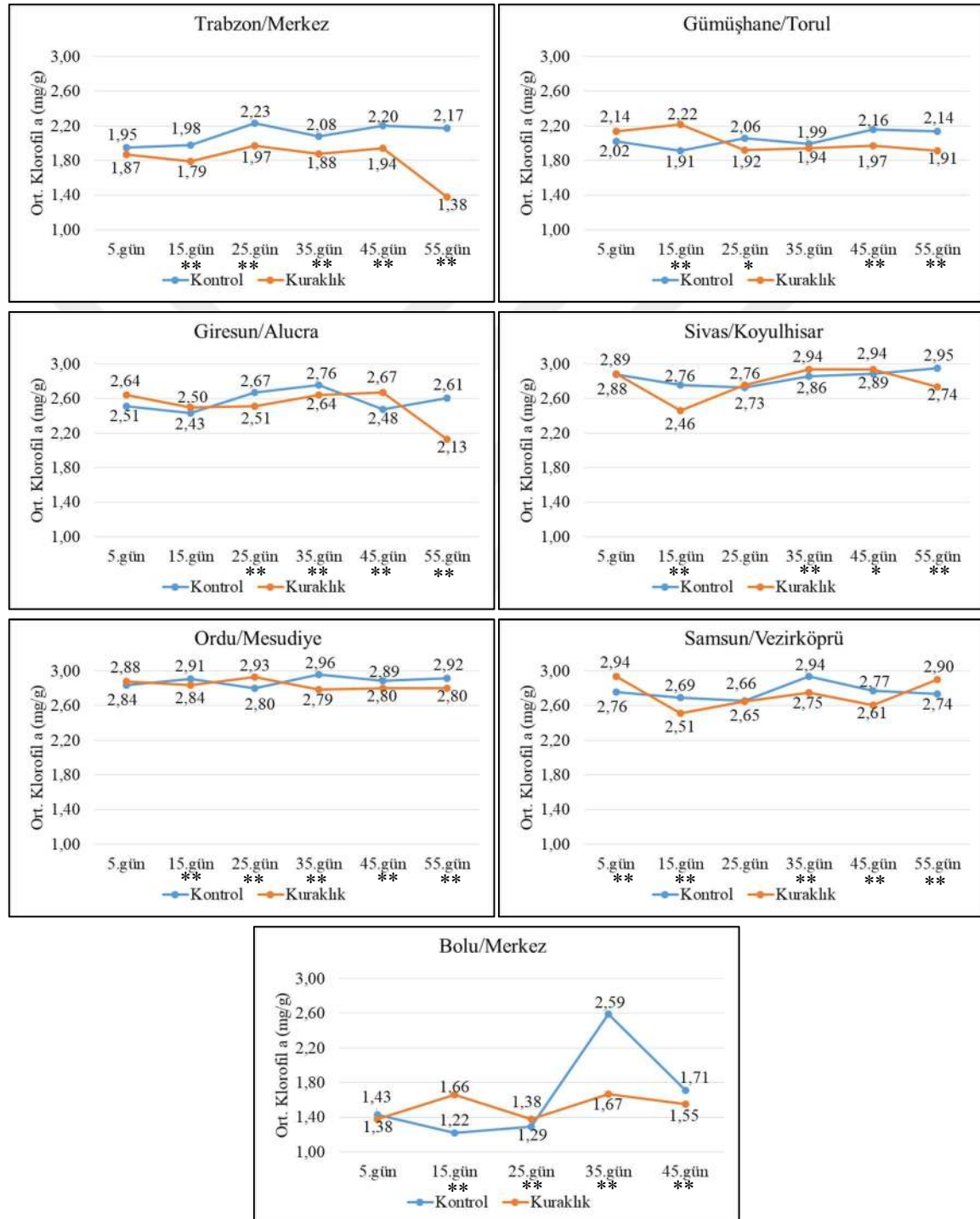
Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak farklı populasyonlara ilişkin klorofil a miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile ortaya koyulmuştur. Kontrol grubunda yer alan populasyonlara ait klorofil a miktarları arasında dört, kuraklık grubunda ise beş farklı grup meydana gelmiştir. Kontrol grubunda en yüksek klorofil a miktarlarına sahip Koyulhisar, Mesudiye ve Vezirköprü populasyonları ilk grupta, Alucra populasyonu ikinci grupta, Trabzon ve Torul populasyonları üçüncü grupta ve Bolu populasyonu ise son grupta yer almıştır. Kuraklık grubunda da Koyulhisar, Mesudiye ve Vezirköprü populasyonları ilk grubu meydana getirirken, diğer populasyonlar tek başlarına grup oluşturmuşlardır (Şekil 22). Ayrıca her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıklar t testi ile tespit edilmiştir. Buna göre sadece Trabzon populasyonuna ait kontrol ve kuraklık grubu arasında K_{la} değerleri bakımından istatistiksel olarak fark olduğu, diğer populasyonlara ait K_{la} değerleri arasında ise anlamlı farklılıklar bulunmadığı belirlenmiştir.



** $p<0,01$ önem düzeyinde her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki farklılıkları gösterir

Şekil 22. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak klorofil a miktarına ait Duncan testi sonuçları

Kuraklık stresi uygulaması sonucu populasyonların her bir ölçüm gününde kontrol ve kuraklık grubu arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı bağımsız örneklem t testi ($*p<0,05$, $**p<0,01$) ile belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 23'te gösterilmiştir.



Şekil 23'te gösterilen sonuçlara göre, Trabzon, Torul, Mesudiye ve Bolu populasyonlarında ölçüm günlerinin artmasına bağlı olarak kuraklık grubuna ait fidanların klorofil a miktarlarının genellikle daha düşük değerler aldığı görülmektedir. Alucra, Koyulhisar ve Vezirköprü populasyonlarında kontrol ve kuraklık grubuna ait klorofil a miktarlarının ölçüm günlerine göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

3.2.2. Klorofil b Miktarına İlişkin Bulgular

Kuraklık stresi uygulaması, ölçüm zamanı ve populasyonlara ilişkin klorofil b miktarlarına ait sonuçlar Tablo 21'de verilmiştir. Kontrol grubuna ait populasyonlarda ortalama klorofil b miktarı en düşük 0,48 mg/g (Bolu populasyonu 15.gün ölçümü) ve en yüksek 1,87 mg/g (Vezirköprü populasyonu 35.gün ölçümü) olarak tespit edilmiştir. Kuraklık grubunda en düşük ortalama klorofil b miktarı 0,53 mg/g (Bolu populasyonu 5. gün ölçümü) ve en yüksek ortalama klorofil b miktarı 1,60 mg/g (Vezirköprü populasyonu 5.gün ölçümü, Koyulhisar populasyonu 45. gün ölçümü) olarak belirlenmiştir. Tüm ölçüm zamanları ve populasyonlara göre ortalama klorofil b miktarı kontrol grubunda 1,04 mg/g, kuraklık grubunda ise 0,98 mg/g değerindedir.

Tablo 21. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak klorofil b miktarına ilişkin sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Klorofil b (mg/g)						
		5.gün	15.gün	25.gün	35.gün	45.gün	55.gün	Ort.
Kontrol	Trabzon	0,69	0,68	0,79	0,73	0,79	0,75	0,74
	Torul	0,69	0,69	0,72	0,70	0,78	0,75	0,72
	Alucra	1,00	0,91	1,08	1,19	0,95	1,01	1,02
	Koyulhisar	1,45	1,20	1,13	1,31	1,44	1,58	1,35
	Mesudiye	1,29	1,47	1,21	1,64	1,37	1,52	1,42
	Vezirköprü	1,22	1,18	1,10	1,87	1,30	1,23	1,32
	Bolu	0,55	0,48	0,51	0,98	0,67	-	0,64
	Ort.	0,98	0,94	0,94	1,20	1,04	1,14	1,04
Kuraklık	Trabzon	0,67	0,62	0,70	0,66	0,65	0,54	0,64
	Torul	0,78	0,79	0,66	0,68	0,68	0,64	0,71
	Alucra	1,04	0,95	0,93	1,04	1,07	0,75	0,96
	Koyulhisar	1,48	0,91	1,19	1,57	1,60	1,16	1,32
	Mesudiye	1,34	1,24	1,50	1,27	1,21	1,23	1,30
	Vezirköprü	1,60	1,01	1,10	1,20	1,12	1,41	1,24
	Bolu	0,53	0,63	0,54	0,66	0,66	-	0,60
	Ort.	1,06	0,88	0,95	1,01	1,00	0,96	0,98

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı populasyonlara bağlı olarak klorofil b miktarları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı çoğul varyans analizi ile belirlenmiştir. Varyans analizi sonucunda ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve populasyonlara göre klorofil b miktarları arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık olduğu tespit edilmiştir. Yine zaman $\times$ stres, zaman $\times$ populasyon, stres $\times$ populasyon ve zaman $\times$ stres $\times$ populasyon etkileşimlerine ilişkin klorofil b miktarları arasında da %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu ortaya koyulmuştur (Tablo 22).

Tablo 22. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak klorofil b miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	27,628	81	0,341	101,275	0,000
Etkileşim	244,158	1	244,158	72494,639	0,000
Zaman	1,024	5	0,205	60,784	0,000
Stres	0,260	1	0,260	77,230	0,000
Populasyon	22,175	6	3,696	1097,375	0,000
Zaman * Stres	0,574	5	0,115	34,113	0,000
Zaman * Populasyon	1,667	29	0,057	17,069	0,000
Stres * Populasyon	0,071	6	0,012	3,523	0,003
Zaman*Stres*Populasyon	1,810	29	0,062	18,531	0,000
Hata	0,552	164	0,003		
Toplam	277,665	246			
Düzeltilmiş Toplam	28,180	245			

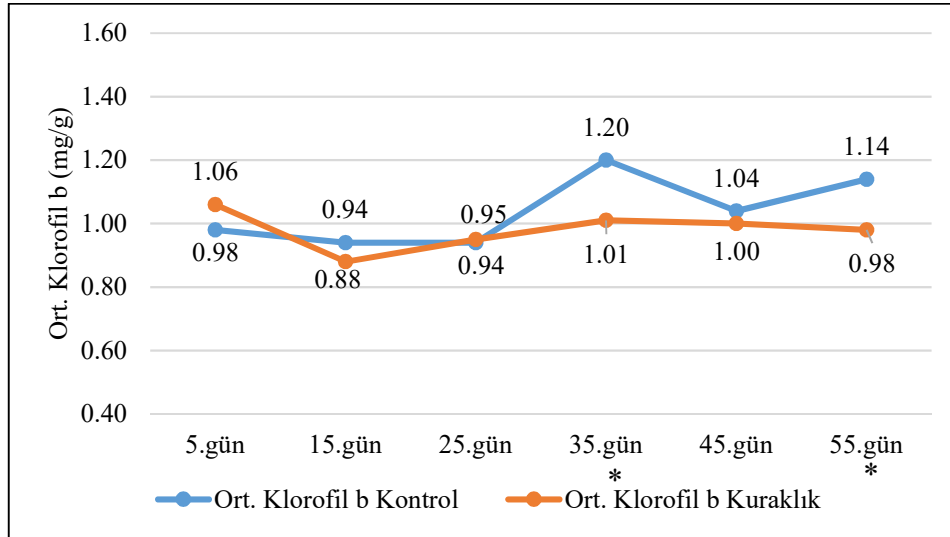
Kuraklık stresi uygulaması ve ölçüm zamanına bağlı olarak elde edilen klorofil b miktarlarına ait sonuçlar Tablo 23'te verilmiştir. Kontrol grubunda en düşük ortalama klorofil b miktarı 0,94 mg/g ile 15. ve 25. ölçüm gününde, en yüksek ortalama klorofil b miktarı ise 1,14 mg/g ile 55. ölçüm gününde tespit edilmiştir. Kuraklık grubuna ait en düşük ortalama klorofil b miktarı 0,88 mg/g ile 15. ölçüm gününde, en yüksek ortalama klorofil b miktarı 1,06 mg/g ile 5. ölçüm gününde belirlenmiştir.

Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimi bakımından klorofil b miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık bulunurken (Tablo 22), kontrol ve kuraklık grubu içerisinde ölçüm zamanlarının değişimi klorofil b miktarları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ($p>0,05$) etkiye sahip olmamıştır (Tablo 23).

Tablo 23. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak klorofil b miktarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Ölçüm Zamanı (gün)	Ort. Klb (mg/g)	Standart Hata	Min. Klb (mg/g)	Mak. Klb (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	5	0,98	0,07	0,50	1,54	0,064
	15	0,94	0,07	0,44	1,51	
	25	0,94	0,05	0,49	1,27	
	35	1,20	0,09	0,69	1,99	
	45	1,04	0,06	0,65	1,46	
	55	1,14	0,08	0,71	1,63	
Kuraklık	5	1,06	0,09	0,50	1,63	0,556
	15	0,88	0,05	0,56	1,24	
	25	0,95	0,07	0,52	1,52	
	35	1,01	0,8	0,61	1,64	
	45	1,00	0,07	0,59	1,63	
	55	0,98	0,08	0,50	1,47	

Kontrol grubunda ölçüm zamanlarına bağlı olarak klorofil b miktarlarının genellikle dalgalı bir seyir izlediği, 25. ölçüm gününden itibaren kuraklık grubuna ait klorofil b miktarlarının ise kontrol grubuna kıyasla daha düşük değerler aldığı Şekil 24'te gösterilmektedir. Ayrıca bağımsız t testi analizi ile kontrol ve kuraklık grubunun 35. ve 55. ölçüm günlerinde elde edilen sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.



* $p<0,01$ önem düzeyinde her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıklarını gösterir

Şekil 24. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak klorofil b miktarının değişimi

Kuraklık stresi uygulaması ve populasyon etkileşimine bağlı olarak klorofil b miktarlarına ait sonuçlar Tablo 24'te gösterilmiştir. Kontrol grubuna ait en düşük ortalama klorofil b miktarı 0,64 mg/g ile Bolu populasyonunda, en yüksek ortalama klorofil b miktarı ise 1,42 mg/g ile Mesudiye populasyonunda elde edilmiştir. Kuraklık grubunda en düşük ortalama klorofil b miktarı 0,60 mg/g ile Bolu populasyonunda, en yüksek ortalama klorofil b miktarı ise 1,32 mg/g ile Koyulhisar populasyonunda belirlenmiştir. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine ilişkin klorofil b miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık bulunurken, kontrol ve kuraklık grubu içerisinde populasyonlara ait klorofil b miktarları arasında da istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık olduğu varyans analizi ile ortaya koyulmuştur.

Tablo 24. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak klorofil b miktarına ilişkin sonuçlar

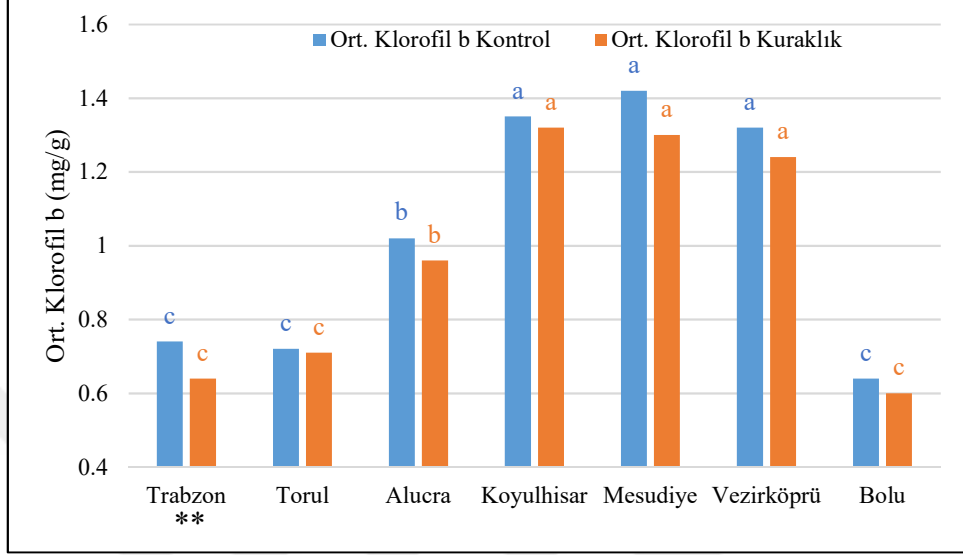
Kuraklık Stresi	Populasyon	Ort. Klb (mg/g)*	Standart Hata	Min. Klb (mg/g)	Mak. Klb (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	Trabzon	0,74	0,01	0,66	0,82	0,000
	Torul	0,72	0,01	0,60	0,80	
	Alucra	1,02	0,03	0,83	1,23	
	Koyulhisar	1,35	0,04	1,07	1,63	
	Mesudiye	1,42	0,04	1,18	1,71	
	Vezirköprü	1,32	0,06	1,05	1,99	
	Bolu	0,64	0,05	0,44	0,99	
Kuraklık	Trabzon	0,64	0,02	0,50	0,72	0,000
	Torul	0,71	0,02	0,60	0,84	
	Alucra	0,96	0,03	0,70	1,12	
	Koyulhisar	1,32	0,06	0,91	1,64	
	Mesudiye	1,30	0,03	1,13	1,52	
	Vezirköprü	1,24	0,05	0,97	1,63	
	Bolu	0,60	0,02	0,50	0,73	

*Her bir populasyon ait ortalama Klb değeri, 7 farklı ölçüm gününe ait Klb değerlerinin ortalamasıdır

Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak farklı populasyonlara ilişkin klorofil b miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile ortaya koyulmuştur. Hem kontrol hem de kuraklık grubunda yer alan populasyonlar klorofil b miktarı bakımından üç farklı grup meydana getirmiştir. Buna göre her iki stres grubunda da en yüksek klorofil b miktarlarına sahip Koyulhisar, Mesudiye ve Vezirköprü populasyonları ilk grubu, Alucra populasyonu ikinci grubu, Trabzon, Torul ve Bolu populasyonları ise son grubu oluşturmuşlardır (Şekil 25).

Her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıkları t testi ile analiz edilmiştir. Buna göre sadece Trabzon populasyonuna ait kontrol ve kuraklık grubu arasında Klb değerleri

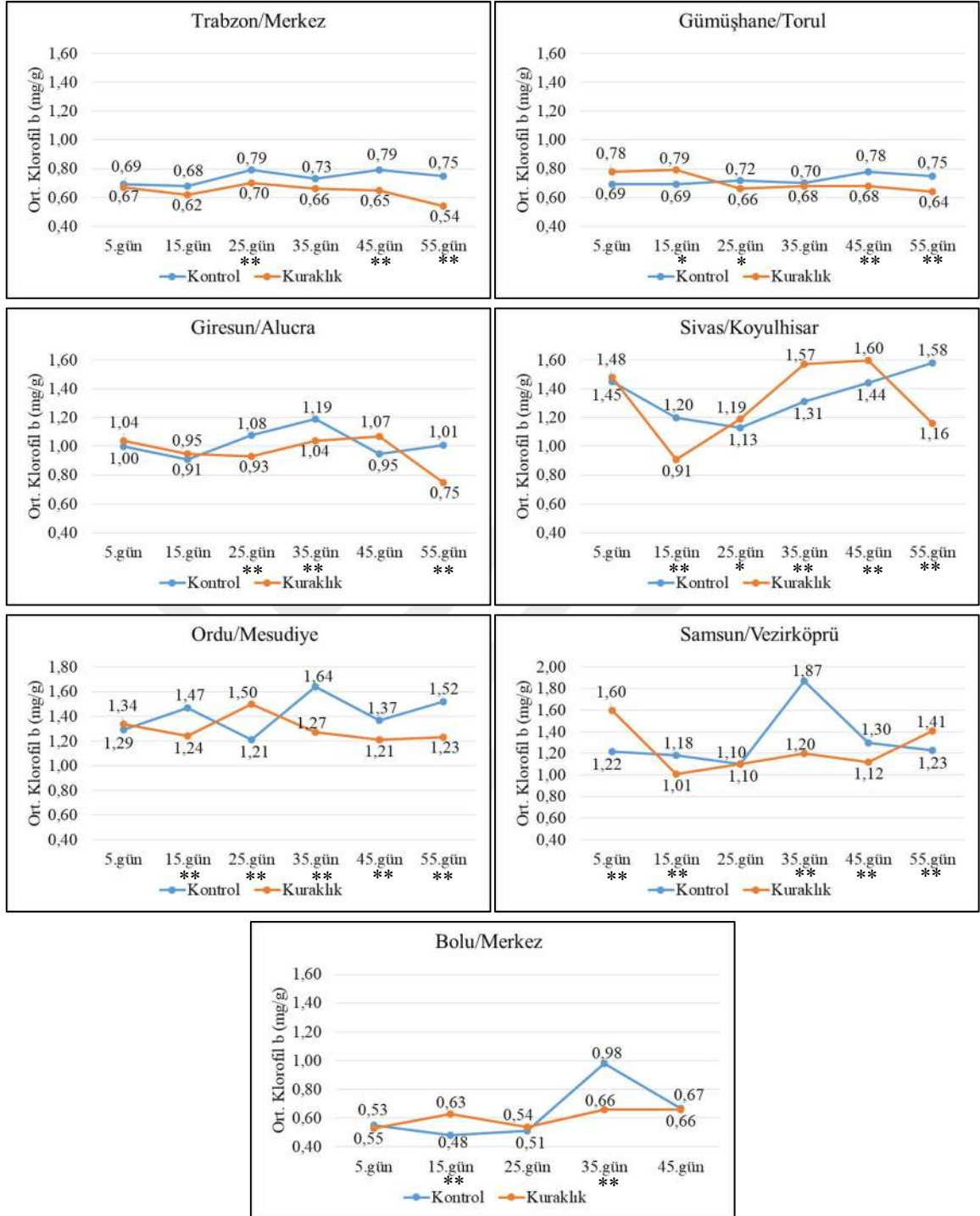
açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu, diğer populasyonlara ait Klb değerleri arasında ise anlamlı farklılıkların bulunmadığı tespit edilmiştir.



** $p < 0,01$ önem düzeyinde her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki farklılıkları gösterir

Şekil 25. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak klorofil b miktarına ait Duncan testi sonuçları

Kuraklık stresi uygulaması sonucu populasyonların ölçüm zamanına bağlı olarak klorofil b miktarlarının değişimi Şekil 26'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Ayrıca her bir ölçüm gününde kontrol ve kuraklık grubu arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı bağımsız örneklem t testi ($*p < 0,05$, $**p < 0,01$) ile tespit edilmiştir. Trabzon, Torul, Mesudiye ve Bolu populasyonlarında ölçüm günlerinin artmasına bağlı olarak kuraklık grubuna ait fidanların klorofil b miktarlarının genellikle daha düşük değerler aldığı belirlenmiştir. Alucra, Koyulhisar ve Vezirköprü populasyonlarında ise kontrol ve kuraklık grubuna ait klorofil b miktarlarının ölçüm günlerine göre değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 26. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak klorofil b miktarına ilişkin sonuçlar

3.2.3. Toplam Klorofil Miktarına İlişkin Bulgular

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı populasyonlara bağlı olarak toplam klorofil miktarları arasında meydana gelen değişimler tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 25'te gösterilmiştir.

Tablo 25. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toplam klorofil miktarına ilişkin sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Toplam Klorofil (mg/g)						
		5.gün	15.gün	25.gün	35.gün	45.gün	55.gün	Ort.
Kontrol	Trabzon	2,64	2,65	3,02	2,81	2,99	2,92	2,84
	Torul	2,71	2,60	2,78	2,69	2,94	2,89	2,77
	Alucra	3,51	3,34	3,75	3,94	3,43	3,62	3,60
	Koyulhisar	4,33	3,96	3,87	4,17	4,33	4,53	4,20
	Mesudiye	4,13	4,39	4,01	4,60	4,26	4,44	4,30
	Vezirköprü	3,98	3,87	3,76	4,81	4,07	3,97	4,07
	Bolu	1,98	1,70	1,80	3,57	2,38	-	2,28
	Ort.	3,33	3,21	3,28	3,80	3,48	3,73	3,47
Kuraklık	Trabzon	2,54	2,41	2,67	2,54	2,59	1,92	2,44
	Torul	2,92	3,02	2,57	2,62	2,65	2,55	2,72
	Alucra	3,68	3,45	3,44	3,68	3,74	2,87	3,48
	Koyulhisar	4,37	3,37	3,95	4,51	4,54	3,90	4,11
	Mesudiye	4,22	4,07	4,43	4,06	4,01	4,03	4,14
	Vezirköprü	4,53	3,52	3,75	3,96	3,73	4,30	3,97
	Bolu	1,91	2,29	1,92	2,33	2,21	-	2,13
	Ort.	3,45	3,16	3,25	3,38	3,35	3,26	3,31

Tablo 25'te elde edilen sonuçlara bakıldığında, tüm ölçüm zamanları ve populasyonlara göre ortalama toplam klorofil miktarı kontrol grubunda 3,47 mg/g, kuraklık grubunda ise 3,31 mg/g olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubuna ait populasyonlarda ortalama toplam klorofil miktarı en düşük 1,70 mg/g (Bolu populasyonu 15.gün ölçümü) ve en yüksek 4,81 mg/g (Vezirköprü populasyonu 35.gün ölçümü) olarak belirlenmiştir. Kuraklık grubunda en düşük ortalama toplam klorofil miktarı 1,91 mg/g (Bolu populasyonu 5.gün ölçümü) ve en yüksek ortalama toplam klorofil miktarı 4,54 mg/g (Koyulhisar populasyonu 45.gün ölçümü) olarak elde edilmiştir.

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı populasyonlara bağlı olarak toplam klorofil miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunup bulunmadığı çoğul varyans analizi ile belirlenmiştir (Tablo 26).

Tablo 26. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toplam klorofil miktarlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	161,573	81	1,995	120,686	0,000
Etkileşim	2768,195	1	2768,195	167481,746	0,000
Zaman	4,174	5	0,835	50,510	0,000
Stres	1,606	1	1,606	97,138	0,000
Populasyon	137,552	6	22,925	1387,033	0,000
Zaman * Stres	2,706	5	0,541	32,739	0,000
Zaman * Populasyon	7,840	29	0,270	16,356	0,000
Stres * Populasyon	0,724	6	0,121	7,298	0,000
Zaman*Stres*Populasyon	6,799	29	0,234	14,185	0,000
Hata	2,711	164	0,017		
Toplam	2989,219	246			
Düzeltilmiş Toplam	164,284	245			

Tablo 26’da verilen varyans analizi sonucunda ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve populasyonların toplam klorofil miktarı üzerine istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Yine zaman $\times$ stres, zaman $\times$ populasyon, stres $\times$ populasyon ve zaman $\times$ stres $\times$ populasyon etkileşimlerine bağlı olarak da toplam klorofil miktarları arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

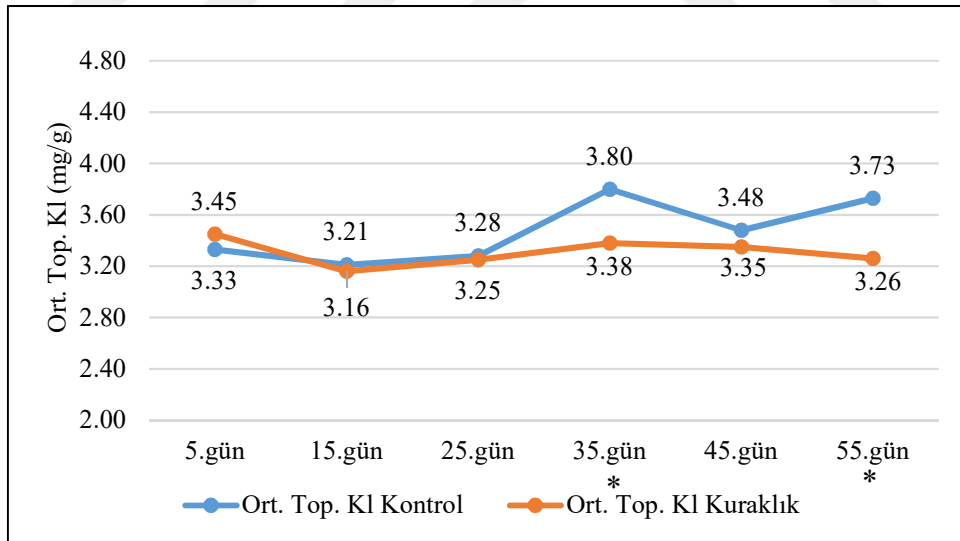
Kuraklık stresi uygulaması ve ölçüm zamanına ilişkin elde edilen toplam klorofil miktarlarına ait sonuçlar Tablo 27’de gösterilmiştir.

Tablo 27. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak toplam klorofil miktarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Ölçüm Zamanı (gün)	Ort. Top. Kl (mg/g)	Standart Hata	Min. Top. Kl (mg/g)	Mak. Top. Kl (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	5	3,33	0,18	1,85	4,45	0,097
	15	3,21	0,19	1,65	4,43	
	25	3,28	0,16	1,74	4,10	
	35	3,80	0,17	2,60	4,92	
	45	3,48	0,16	2,33	4,37	
	55	3,73	0,16	2,76	4,59	
Kuraklık	5	3,45	0,21	1,81	4,60	0,892
	15	3,16	0,13	2,07	4,08	
	25	3,25	0,18	1,84	4,46	
	35	3,38	0,18	2,24	4,60	
	45	3,35	0,18	2,06	4,57	
	55	3,26	0,21	1,82	4,37	

Kontrol grubuna ait en düşük ortalama toplam klorofil miktarı 3,21 mg/g ile 15. ölçüm gününde, en yüksek ortalama toplam klorofil miktarı ise 3,80 mg/g ile 35. ölçüm gününde tespit edilmiştir. Kuraklık grubuna ait en düşük ortalama toplam klorofil miktarı 3,16 mg/g ile 15. ölçüm gününde, en yüksek ortalama toplam klorofil miktarı ise 3,45 mg/g ile 5. ölçüm gününde elde edilmiştir. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimi bakımından toplam klorofil miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık bulunurken (Tablo 26), kontrol ve kuraklık grubu içerisinde ölçüm zamanlarına ait toplam klorofil miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p>0,05$) farklılık bulunmadığı varyans analizi ile belirlenmiştir (Tablo 27).

Şekil 27’de gösterilen sonuçlar irdelendiğinde, kontrol grubunda ölçüm zamanlarına bağlı olarak toplam klorofil miktarlarının genellikle dalgalı bir seyir izlediği, kuraklık grubuna ait toplam klorofil miktarlarının ise 25. ölçüm gününden itibaren kontrol grubuna kıyasla daha düşük değerler aldığı belirlenmiştir. Yapılan bağımsız t testi sonucunda ise kontrol ve kuraklık grubunun 35. ve 55. ölçüm günlerinde elde edilen sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) farklılıkların olduğu ortaya koyulmuştur.



* $p<0,05$ önem düzeyinde her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıklarını gösterir

Şekil 27. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak toplam klorofil miktarının değişimi

Kuraklık stresi uygulaması ve populasyon etkileşimine ilişkin toplam klorofil miktarlarına ait sonuçlar Tablo 28’de verilmiştir. Kontrol grubunda en düşük ortalama toplam klorofil miktarı 2,28 mg/g ile Bolu populasyonunda, en yüksek ortalama toplam

klorofil miktarı ise 4,30 mg/g ile Mesudiye populasyonunda belirlenmiştir. Kuraklık grubunda da kontrol grubuna benzer şekilde en düşük ortalama toplam klorofil miktarı 2,13 mg/g ile Bolu populasyonunda, en yüksek ortalama toplam klorofil miktarı ise 4,14 mg/g ile Mesudiye populasyonunda elde edilmiştir (Tablo 28).

Tablo 28. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam klorofil miktarına ilişkin sonuçlar

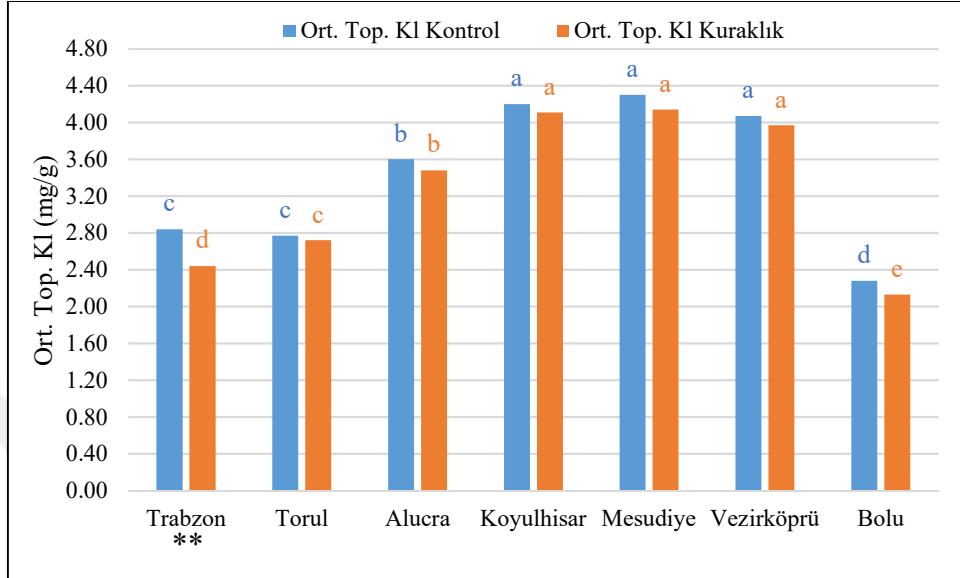
Kuraklık Stresi	Populasyon	Ort. Top. Kl (mg/g)	Standart Hata	Min. Top. Kl (mg/g)	Mak. Top. Kl (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	Trabzon	2,84	0,04	2,58	3,09	0,000
	Torul	2,77	0,04	2,31	3,01	
	Alucra	3,60	0,06	3,09	4,06	
	Koyulhisar	4,20	0,05	3,76	4,59	
	Mesudiye	4,30	0,05	3,93	4,66	
	Vezirköprü	4,07	0,08	3,67	4,92	
	Bolu	2,28	0,18	1,65	3,59	
Kuraklık	Trabzon	2,44	0,06	1,82	2,76	0,000
	Torul	2,72	0,05	2,44	3,17	
	Alucra	3,48	0,07	2,75	3,85	
	Koyulhisar	4,11	0,10	3,36	4,60	
	Mesudiye	4,14	0,03	3,88	4,46	
	Vezirköprü	3,97	0,08	3,42	4,60	
	Bolu	2,13	0,05	1,81	2,47	

*Her bir populasyon ait ortalama TopKl değeri, 7 farklı ölçüm gününe ait TopKl değerlerinin ortalamasıdır

Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam klorofil miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık bulunurken, kontrol ve kuraklık grubu içerisinde populasyonlara ait toplam klorofil miktarları arasında da istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık olduğu varyans analizi ile tespit edilmiştir (Tablo 28).

Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak farklı populasyonlara ilişkin toplam klorofil miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile ortaya koyulmuştur. Kontrol grubunda yer alan populasyonlara ait toplam klorofil miktarları arasında dört, kuraklık grubunda ise beş farklı grup meydana gelmiştir. Kontrol grubunda en yüksek toplam klorofil miktarlarına sahip Koyulhisar, Mesudiye ve Vezirköprü populasyonları ilk grupta, Alucra populasyonu ikinci grupta, Trabzon ve Torul populasyonları üçüncü grupta ve Bolu populasyonu ise son grupta yer almıştır. Kuraklık grubunda da Koyulhisar, Mesudiye ve Vezirköprü populasyonları ilk grubu meydana getirirken, diğer populasyonlar tek başlarına grup meydana getirmişlerdir (Şekil 28). Ayrıca her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıklar t testi ile tespit edilmiştir. Buna göre sadece Trabzon populasyonuna ait kontrol ve kuraklık grubu arasında toplam klorofil değerleri bakımından istatistiksel olarak fark

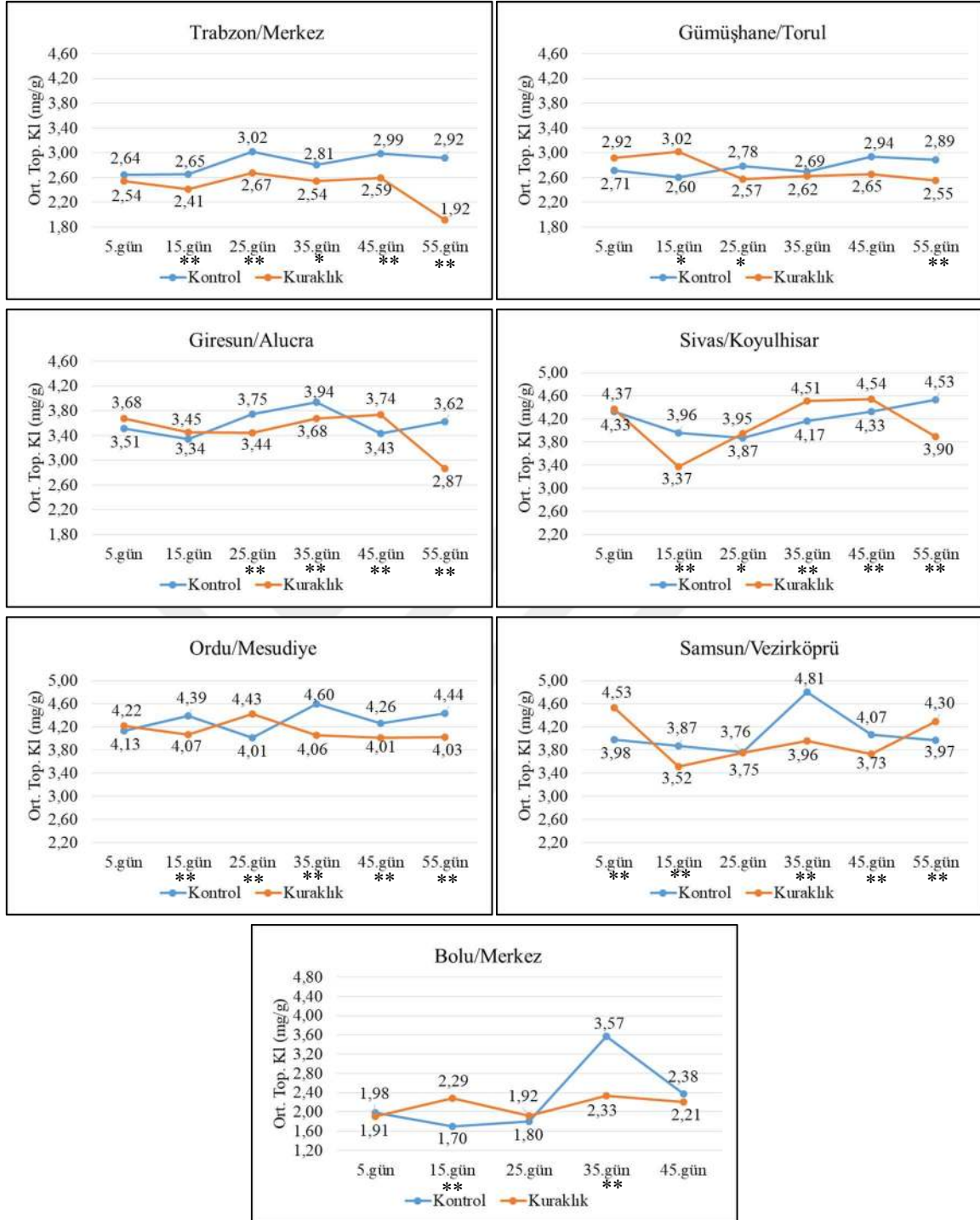
olduğu, diğer populasyonlara ait toplam klorofil değerleri arasında ise anlamlı farklılıklar bulunmadığı belirlenmiştir.



** $p < 0,01$ önem düzeyinde her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki farklılıkları gösterir

Şekil 28. Kuraklık stresi ve popülasyona bağlı olarak toplam klorofil miktarına ait Duncan testi sonuçları

Kuraklık stresi uygulaması sonucu popülasyonların ölçüm zamanına bağlı olarak toplam klorofil miktarlarının değişimi Şekil 29’da grafiksel olarak gösterilmiştir. Ayrıca her bir ölçüm gününde kontrol ve kuraklık grubu arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı bağımsız örneklem t testi ($*p < 0,05$, $**p < 0,01$) ile tespit edilmiştir. Buna göre Trabzon, Torul, Mesudiye ve Bolu popülasyonlarında ölçüm günlerinin artmasına bağlı olarak kuraklık grubuna ait fidanların toplam klorofil miktarlarının genellikle daha düşük değerler aldığı görülmektedir. Alucra, Koyulhisar ve Vezirköprü popülasyonlarında kontrol ve kuraklık grubuna ait toplam klorofil miktarlarının ölçüm günlerine göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 29. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam klorofil miktarına ilişkin sonuçlar

3.2.4. Toplam Karotenoid Miktarına İlişkin Bulgular

Kuraklık stresi uygulaması, ölçüm zamanı ve populasyonlara ilişkin toplam karotenoid miktarlarına ait sonuçlar Tablo 29'da verilmiştir. Kontrol grubuna ait populasyonlarda

ortalama toplam karotenoid miktarı en düşük 0,02 mg/g (Vezirköprü popülasyonu 35.gün ölçümü) ve en yüksek 0,36 mg/g (Trabzon popülasyonu 25.gün ölçümü) olarak tespit edilmiştir. Kuraklık grubunda en düşük ortalama toplam karotenoid miktarı 0,07 mg/g (Vezirköprü popülasyonu 5. gün ölçümü, Koyulhisar popülasyonu 35. gün ölçümü) ve en yüksek ortalama toplam karotenoid miktarı 0,35 mg/g (Torul popülasyonu 25.gün ölçümü) olarak belirlenmiştir. Tüm ölçüm zamanları ve popülasyonlara göre ortalama toplam karotenoid miktarı kontrol grubunda 0,22 mg/g, kuraklık grubunda ise 0,24 mg/g değerindedir.

Tablo 29. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve popülasyonlara bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ilişkin sonuçlar

Stres Grubu	Popülasyon	Ortalama Toplam Karotenoid (mg/g)						
		5.gün	15.gün	25.gün	35.gün	45.gün	55.gün	Ort.
Kontrol	Trabzon	0,31	0,30	0,36	0,32	0,29	0,30	0,31
	Torul	0,31	0,28	0,35	0,32	0,29	0,30	0,31
	Alucra	0,25	0,25	0,29	0,22	0,25	0,25	0,25
	Koyulhisar	0,11	0,17	0,28	0,15	0,09	0,08	0,15
	Mesudiye	0,18	0,09	0,25	0,05	0,10	0,10	0,13
	Vezirköprü	0,19	0,16	0,26	0,02	0,12	0,18	0,16
	Bolu	0,30	0,25	0,29	0,26	0,28	-	0,28
	Ort.	0,24	0,22	0,30	0,19	0,20	0,20	0,22
Kuraklık	Trabzon	0,32	0,29	0,34	0,32	0,30	0,29	0,31
	Torul	0,31	0,28	0,35	0,31	0,28	0,30	0,30
	Alucra	0,24	0,24	0,32	0,25	0,21	0,30	0,26
	Koyulhisar	0,10	0,27	0,25	0,07	0,03	0,21	0,16
	Mesudiye	0,14	0,16	0,16	0,16	0,16	0,19	0,16
	Vezirköprü	0,07	0,21	0,27	0,19	0,19	0,13	0,18
	Bolu	0,30	0,28	0,32	0,29	0,26	-	0,29
	Ort.	0,21	0,25	0,29	0,23	0,20	0,24	0,24

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı popülasyonlara bağlı olarak toplam karotenoid miktarları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı çoğul varyans analizi ile belirlenmiştir ve sonuçlar Tablo 30'da gösterilmiştir. Varyans analizi sonucunda ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve popülasyonlara göre toplam karotenoid miktarları arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık olduğu tespit edilmiştir. Yine zaman $\times$ stres, zaman $\times$ popülasyon, stres $\times$ popülasyon ve zaman $\times$ stres $\times$ popülasyon etkileşimlerine ilişkin toplam karotenoid miktarları arasında da %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu ortaya konulmuştur (Tablo 30).

Tablo 30. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	1,758	81	0,022	40,369	0,000
Etkileşim	13,049	1	13,049	24272,854	0,000
Zaman	0,209	5	0,042	77,869	0,000
Stres	0,009	1	0,009	16,567	0,000
Populasyon	1,178	6	0,196	365,091	0,000
Zaman * Stres	0,034	5	0,007	12,718	0,000
Zaman * Populasyon	0,162	29	0,006	10,417	0,000
Stres * Populasyon	0,010	6	0,002	2,983	0,009
Zaman*Stres*Populasyon	0,153	29	0,005	9,791	0,000
Hata	0,088	164	0,001		
Toplam	14,859	246			
Düzeltilmiş Toplam	1,846	245			

Kuraklık stresi uygulaması ve ölçüm zamanına bağlı olarak elde edilen toplam karotenoid miktarlarına ait sonuçlar Tablo 31’de verilmiştir. Kontrol grubunda en düşük ortalama toplam karotenoid miktarı 0,19 mg/g ile 35. ölçüm gününde, en yüksek ortalama toplam karotenoid miktarı ise 0,30 mg/g ile 25. ölçüm gününde tespit edilmiştir. Kuraklık grubuna ait en düşük ortalama toplam karotenoid miktarı 0,21 mg/g ile 5. ve 45. ölçüm gününde, en yüksek ortalama toplam karotenoid miktarı 0,29 mg/g ile 25. ölçüm gününde belirlenmiştir.

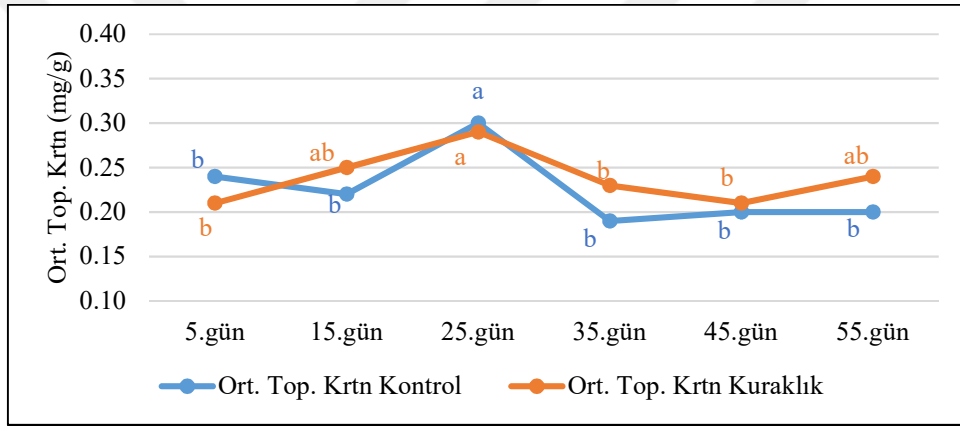
Tablo 31. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Ölçüm Zamanı (gün)	Ort. Top. Krtn (mg/g)	Standart Hata	Min. Top. Krtn (mg/g)	Mak. Top. Krtn (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	5	0,24	0,02	0,07	0,32	0,001
	15	0,22	0,02	0,08	0,31	
	25	0,30	0,01	0,24	0,37	
	35	0,19	0,03	0,02	0,36	
	45	0,20	0,02	0,08	0,29	
	55	0,20	0,02	0,05	0,32	
Kuraklık	5	0,21	0,02	0,06	0,34	0,016
	15	0,25	0,01	0,15	0,30	
	25	0,29	0,01	0,14	0,37	
	35	0,23	0,02	0,04	0,34	
	45	0,21	0,02	0,03	0,30	
	55	0,24	0,02	0,10	0,31	

Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimi bakımından toplam karotenoid miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık bulunurken, kontrol ve kuraklık grubu

içerisinde ölçüm zamanına bağlı olarak toplam karotenoid miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p>0,05$) farklılık olduğu varyans analizi ile tespit edilmiştir (Tablo 31).

Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak ölçüm zamanlarına ilişkin toplam karotenoid miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir. Kontrol grubuna ait ölçüm zamanları toplam karotenoid bakımından iki, kuraklık grubunda ise üç farklı grup meydana gelmiştir. Ayrıca, 25. ölçüm gününden itibaren kuraklık grubuna ait toplam karotenoid miktarlarının kontrol grubuna kıyasla daha yüksek değerler aldığı görülmektedir (Şekil 30). Bağımsız t testi analizi ile sonucunda ise kontrol ve kuraklık grubunun her bir ölçüm gününde elde edilen sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p>0,05$) farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.



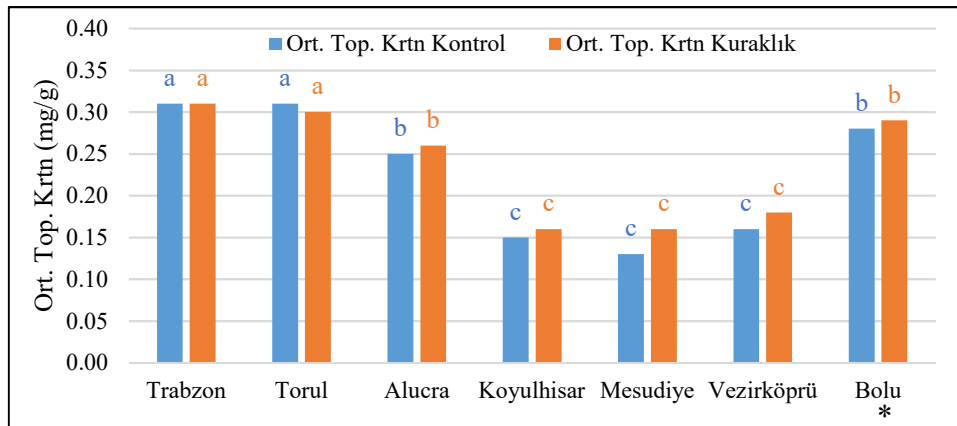
Şekil 30. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ait Duncan testi sonuçları

Kuraklık stresi uygulaması ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karotenoid miktarlarına ait sonuçlar Tablo 31’de gösterilmiştir. Kontrol grubuna ait en düşük ortalama toplam karotenoid miktarı 0,13 mg/g ile Mesudiye populasyonunda, en yüksek ortalama toplam karotenoid miktarı ise 0,31 mg/g ile Trabzon ve Torul populasyonlarında elde edilmiştir. Kuraklık grubunda en düşük ortalama toplam karotenoid miktarı 0,16 mg/g ile Koyulhisar ve Mesudiye populasyonlarında, en yüksek ortalama toplam karotenoid miktarı ise 0,31 mg/g ile Trabzon populasyonunda belirlenmiştir. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine ilişkin toplam karotenoid miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık bulunurken, kontrol ve kuraklık grubu içerisinde populasyonlara ait toplam karotenoid miktarları arasında da istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık olduğu varyans analizi ile ortaya koyulmuştur (Tablo 32).

Tablo 32. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Populasyon	Ort. Top. Krtn (mg/g)	Standart Hata	Min. Top. Krtn (mg/g)	Mak. Top. Krtn (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	Trabzon	0,31	0,01	0,28	0,37	0,000
	Torul	0,31	0,01	0,27	0,35	
	Alucra	0,25	0,01	0,17	0,30	
	Koyulhisar	0,15	0,02	0,05	0,30	
	Mesudiye	0,13	0,02	0,02	0,26	
	Vezirköprü	0,16	0,02	0,02	0,29	
	Bolu	0,28	0,01	0,25	0,30	
Kuraklık	Trabzon	0,31	0,01	0,27	0,35	0,000
	Torul	0,30	0,01	0,28	0,37	
	Alucra	0,26	0,01	0,20	0,35	
	Koyulhisar	0,16	0,02	0,03	0,28	
	Mesudiye	0,16	0,01	0,14	0,20	
	Vezirköprü	0,18	0,02	0,06	0,28	
	Bolu	0,29	0,01	0,25	0,33	

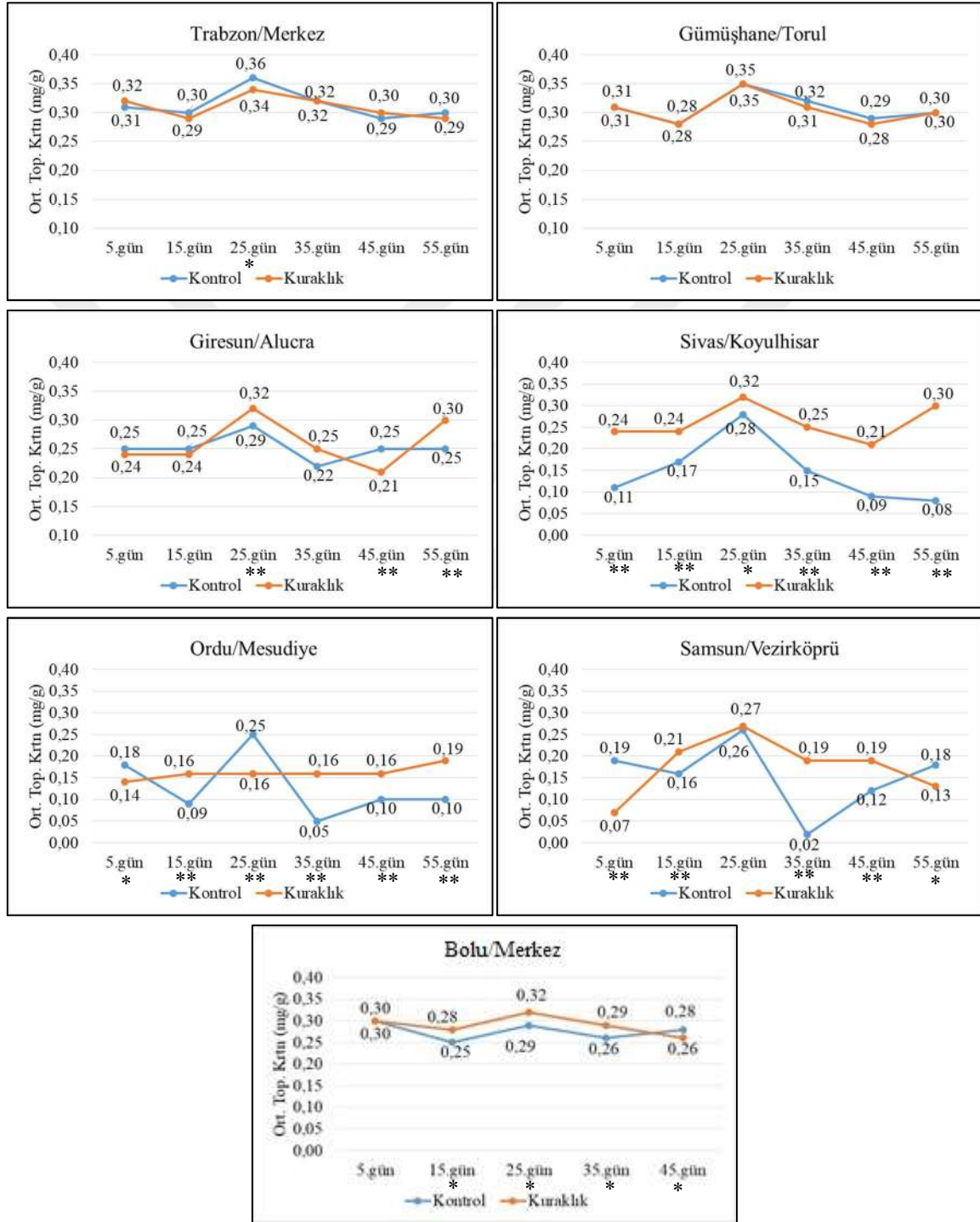
Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak farklı populasyonlara ilişkin toplam karotenoid miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile ortaya koyulmuştur. Hem kontrol hem de kuraklık grubunda yer alan populasyonlar toplam karotenoid miktarı bakımından üç farklı grup meydana getirmiştir. Buna göre her iki stres grubunda da en yüksek toplam karotenoid miktarlarına sahip Trabzon ve Torul populasyonları ilk grubu, Alucra ve Bolu populasyonları ikinci grubu, Koyulhisar, Mesudiye ve Vezirköprü populasyonları ise son grubu oluşturmuşlardır (Şekil 31). Ayrıca yapılan t testi sonucunda sadece Bolu populasyonuna ait kontrol ve kuraklık grubu arasında toplam karotenoid değerleri bakımından istatistiksel olarak fark olduğu belirlenmiştir.



* $p < 0,05$ önem düzeyinde her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki farklılıkları gösterir

Şekil 31. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ait Duncan testi sonuçları

Kuraklık stresi uygulaması sonucu populasyonların her bir ölçüm gününde kontrol ve kuraklık grubu arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı bağımsız örneklem t testi ($*p<0,05$, $**p<0,01$) ile tespit edilmiş olup, sonuçlar Şekil 32’de grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 32. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karotenoid miktarına ilişkin sonuçlar

Koyulhisar ve Mesudiye populasyonlarında ölçüm günlerinin artmasına bağlı olarak kuraklık grubuna ait fidanların toplam karotenoid miktarlarının genellikle daha yüksek değerler aldığı belirlenmiştir. Diğer populasyonlarda ise kontrol ve kuraklık grubuna ait toplam karotenoid miktarlarının ölçüm günlerine göre değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 32).

3.2.5. Toplam Çözünebilir Karbonhidrat İçeriğine İlişkin Bulgular

Kuraklık stresi uygulaması, ölçüm zamanı ve farklı populasyonlara bağlı olarak toplam çözünebilir karbonhidrat (Tkarb) miktarları arasında meydana gelen değişimler ve elde edilen sonuçlar Tablo 33'te verilmiştir.

Tablo 33. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Ortalama Toplam Karbonhidrat (mg/g kuru ağırlık)						
		5.gün	15.gün	25.gün	35.gün	45.gün	55.gün	Ort.
Kontrol	Trabzon	58,98	58,89	63,06	48,80	65,00	73,61	61,39
	Torul	54,07	52,96	52,87	44,72	61,57	74,35	56,76
	Alucra	34,26	52,87	51,76	60,65	50,65	68,52	53,12
	Koyulhisar	36,66	75,00	79,88	82,02	80,28	80,84	72,45
	Mesudiye	48,33	61,53	76,53	88,06	73,06	83,34	71,81
	Vezirköprü	73,89	59,91	56,20	53,06	70,65	65,19	63,15
	Bolu	47,59	36,30	39,82	38,24	41,39	-	40,67
	Ort.	50,54	56,78	60,02	59,36	63,23	74,31	60,37
Kuraklık	Trabzon	60,74	63,61	56,76	77,04	99,72	122,31	80,03
	Torul	67,69	43,15	47,13	96,94	96,48	101,11	75,42
	Alucra	53,70	51,39	49,26	73,52	82,13	74,86	64,14
	Koyulhisar	75,56	60,28	52,22	67,22	74,44	93,06	70,46
	Mesudiye	65,56	73,89	65,83	69,58	117,92	90,19	80,50
	Vezirköprü	58,80	46,48	58,24	73,33	96,11	112,92	74,31
	Bolu	38,43	56,11	59,72	55,92	70,14	-	56,06
	Ort.	60,07	56,42	55,59	73,37	90,99	99,07	71,94

Tablo 33'te elde edilen değerler incelendiğinde, hem kuraklık stresi uygulamasına hem de farklı populasyonlara bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarları arasında farklılıkların meydana geldiği tespit edilmiştir. Kontrol grubunda yer alan populasyonlarda toplam karbonhidrat miktarı en düşük 34,26 mg/g (Alucra populasyonu 5.gün ölçümü) ve en yüksek 88,06 mg/g (Koyulhisar populasyonu 55.gün ölçümü) ölçülmüştür. Ölçüm zamanına bağlı olarak kuraklık grubunda yer alan populasyonların toplam karbonhidrat miktarları kuraklık stresi süresi boyunca önemli değişimler göstermiştir. Kuraklık grubunda en düşük toplam

karbonhidrat miktarı 38,43 mg/g (Bolu popülasyonu 5.gün ölçümü) ve en yüksek toplam karbonhidrat miktarı ise 122,31 mg/g (Trabzon popülasyonu 55.gün ölçümü) olarak belirlenmiştir.

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı popülasyonlara bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı çoğul varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 34'te gösterilmiştir.

Tablo 34. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve popülasyonlara bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	86954,324	81	1073,510	10,517	0,000
Etkileşim	1081269,450	1	1081269,450	10592,998	0,000
Zaman	28703,802	5	5740,760	56,241	0,000
Stres	8031,720	1	8031,720	78,685	0,000
Popülasyon	13911,096	6	2318,516	22,714	0,000
Zaman * Stres	8501,435	5	1700,287	16,657	0,000
Zaman * Popülasyon	6680,692	29	230,369	2,257	0,000
Stres * Popülasyon	3170,782	6	528,464	5,177	0,000
Zaman*Stres*Popülasyon	14795,378	29	510,185	4,998	0,000
Hata	16740,132	164	102,074		
Toplam	1188307,912	246			
Düzeltilmiş Toplam	103694,455	245			

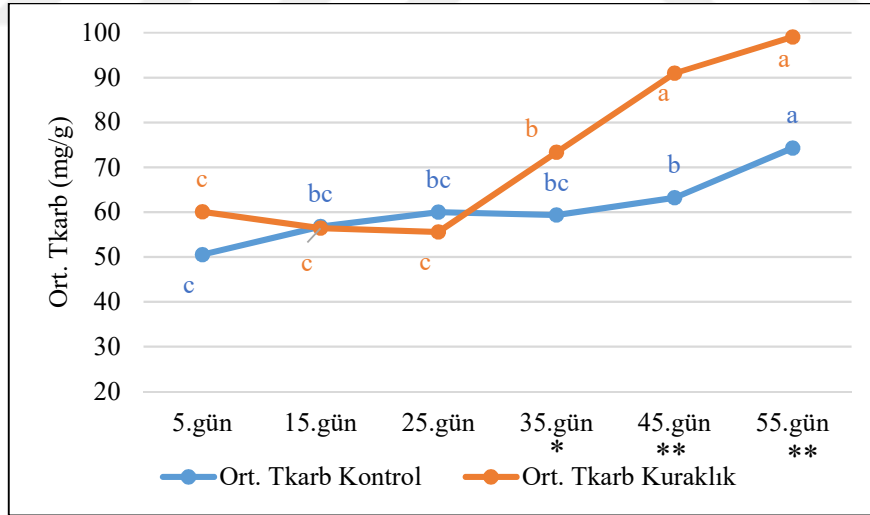
Varyans analizi sonucunda ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve popülasyonların toplam karbonhidrat miktarları üzerine istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Ayrıca zaman $\times$ stres, zaman $\times$ popülasyon, stres $\times$ popülasyon ve zaman $\times$ stres $\times$ popülasyon etkileşimlerine bağlı olarak da toplam karbonhidrat miktarları arasında %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir (Tablo 34).

Kuraklık stresi uygulaması ve ölçüm zamanına ilişkin elde edilen toplam karbonhidrat miktarlarına ait sonuçlar Tablo 35'te verilmiştir. Buna göre kontrol grubunda en düşük ortalama Tkarb miktarı 50,54 mg/g ile 5. ölçüm gününde, en yüksek ortalama Tkarb miktarı ise 74,31 mg/g ile 55. ölçüm gününde belirlenmiştir. Kuraklık grubunda ise en düşük ortalama Tkarb miktarı 55,60 mg/g ile 25. ölçüm gününde, en yüksek ortalama Tkarb miktarı ise 90,07 mg/g ile son ölçüm günü olan 55. günde tespit edilmiştir. Ayrıca maksimum Tkarb miktarı 35. günde 122,78 mg/g, 45. günde 124,17 mg/g ve 55. günde 151,39 mg/g olarak ölçülmüştür.

Tablo 35. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Ölçüm Zamanı (gün)	Ort. Tkarb (mg/g)	Standart Hata	Min. Tkarb (mg/g)	Mak. Tkarb (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	5	50,54	3,37	27,50	76,94	0,000
	15	56,78	2,75	32,78	77,00	
	25	60,02	3,40	36,67	82,58	
	35	59,36	4,11	26,11	90,06	
	45	63,23	3,01	33,61	82,28	
	55	74,31	1,84	59,17	85,34	
Kuraklık	5	60,07	2,70	30,56	77,56	0,000
	15	56,42	2,56	37,22	81,67	
	25	55,60	1,97	29,17	69,17	
	35	73,37	4,44	36,94	122,78	
	45	90,99	3,76	61,67	124,17	
	55	99,07	4,65	69,17	151,39	

Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak farklı ölçüm zamanlarına ait toplam karbonhidrat miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile ortaya koyulmuştur. Şekil 33'te gösterilen grafikte ölçüm zamanlarına ait toplam karbonhidrat miktarı arasında hem kontrol hem de kuraklık grubunda üç farklı grup meydana gelmiştir.



* $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$ önem düzeyinde her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki farklılıkları gösterir

Şekil 33. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ait Duncan testi sonuçları

Kontrol grubunda ölçüm zamanlarına bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına bakıldığında da birbirlerine yakın ve aşamalı olarak artan bir eğilimde olduğu belirlenmiştir.

Kuraklık grubu ise 25. ölçüm gününe kadar kontrol grubu ile genellikle yakın değerlere sahip olduğu, ancak kuraklık stresinin etkisi ile kuraklık grubundaki fidanların 35. günden itibaren toplam karbonhidrat miktarlarının arttığı ve kontrol grubuna göre daha fazla karbonhidrat birikimi yaptığı tespit edilmiştir. Ayrıca bağımsız t testi sonucunda kontrol ve kuraklık grubunun 5., 15. ve 25. ölçüm günlerinde elde edilen sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmazken, 35. gün ölçüm günlerinde elde edilen sonuçlar arasında %95, 45. ve 55. gün ölçümlerine ait sonuçlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu ortaya konulmuştur (Şekil 33).

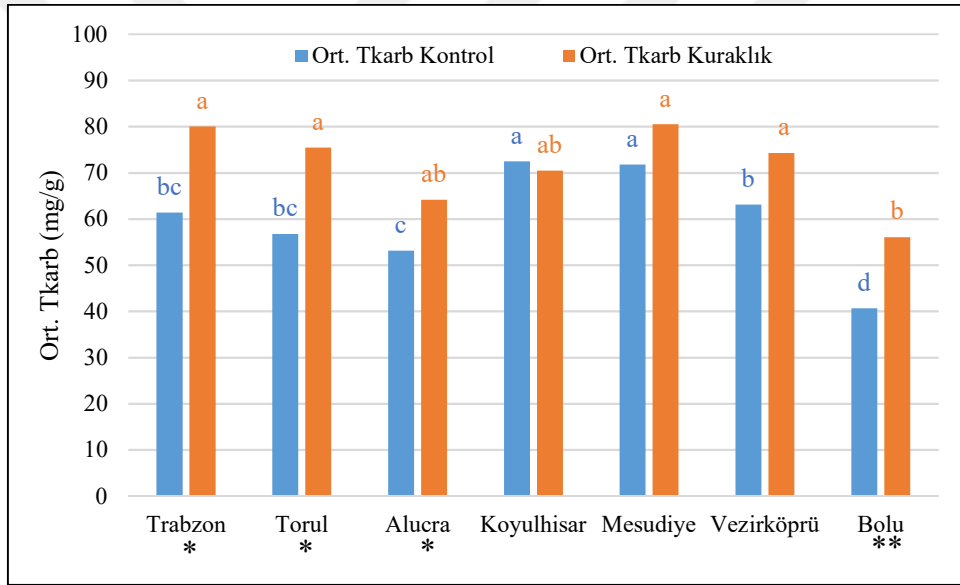
Kuraklık stresi uygulaması ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarının değişimi Tablo 36'da gösterilmiştir. Kontrol grubunda en düşük ortalama Tkarb miktarı 40,67 mg/g ile Bolu populasyonunda, en yüksek ortalama Tkarb miktarı ise 72,45 mg/g ile Koyulhisar populasyonunda tespit edilmiştir. Kuraklık grubunda da en düşük ortalama Tkarb miktarı 56,06 mg/g ile Bolu populasyonunda, en yüksek ortalama Tkarb miktarı ise 80,50 mg/g ile Mesudiye populasyonunda belirlenmiştir. Ayrıca maksimum Tkarb miktarı Trabzon populasyonunda 151,39 mg/g, Mesudiye populasyonunda 124,17 mg/g ve Torul populasyonunda 122,78 mg/g olarak elde edilmiştir.

Tablo 36. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Populasyon	Ort. Tkarb (mg/g)	Standart Hata	Min. Tkarb (mg/g)	Mak. Tkarb (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	Trabzon	61,39	2,46	41,39	79,44	0,000
	Torul	56,76	3,11	31,94	79,44	
	Alucra	53,12	3,11	27,50	77,50	
	Koyulhisar	72,45	3,94	34,66	85,05	
	Mesudiye	71,81	3,35	47,50	90,06	
	Vezirköprü	63,15	2,44	42,22	77,78	
	Bolu	40,67	1,98	26,11	59,17	
Kuraklık	Trabzon	80,03	6,45	46,94	151,39	0,010
	Torul	75,42	6,64	29,17	122,78	
	Alucra	64,14	3,77	37,22	90,56	
	Koyulhisar	70,46	3,18	50,22	98,61	
	Mesudiye	80,50	4,63	62,50	124,17	
	Vezirköprü	74,31	6,17	39,44	116,39	
	Bolu	56,06	3,91	30,56	84,44	

Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak farklı populasyonlara ilişkin toplam karbonhidrat miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir. Kontrol grubunda yer alan populasyonlara ait toplam karbonhidrat miktarları arasında beş, kuraklık

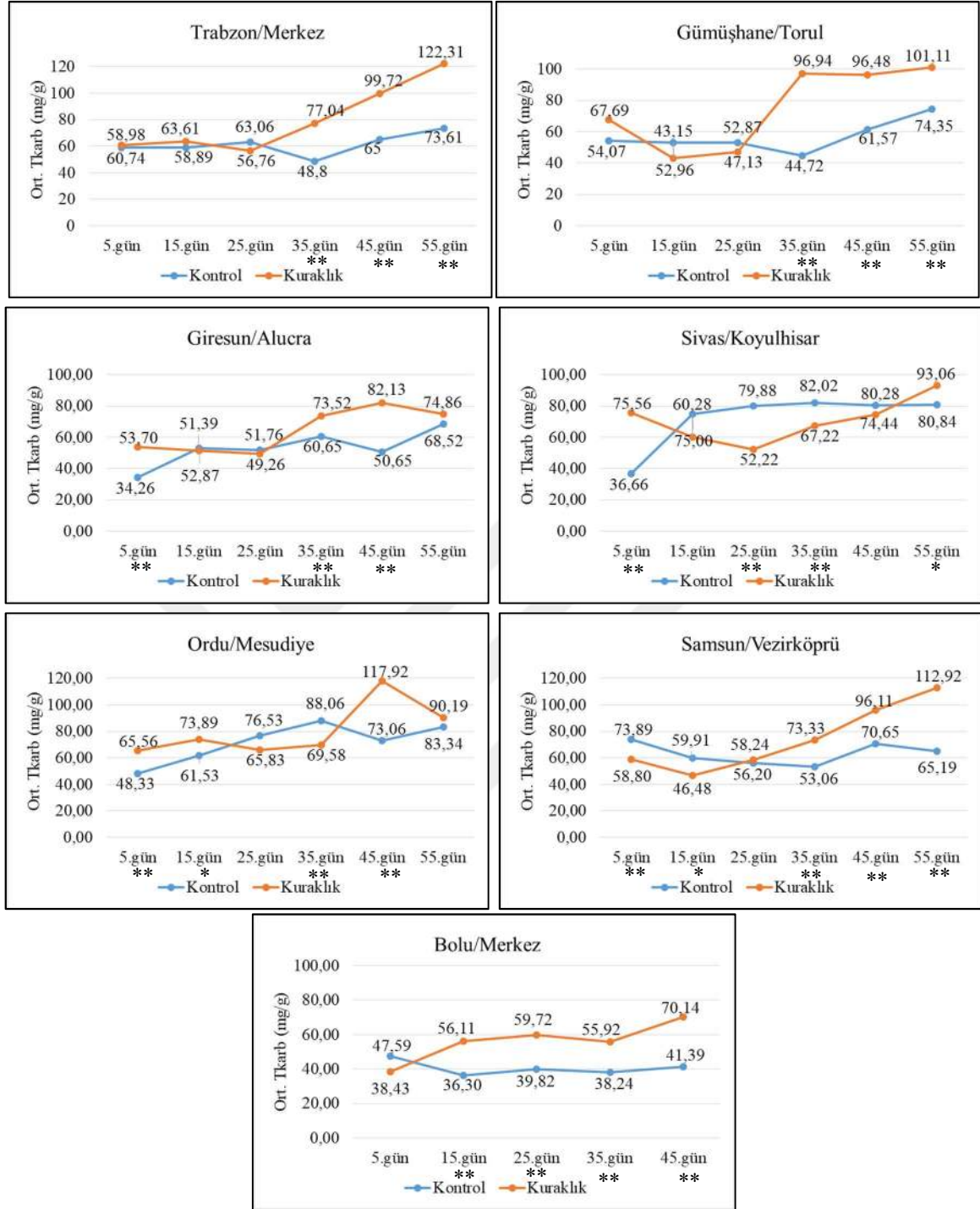
grubunda ise üç farklı grup oluşmuştur. Kontrol grubunda Koyulhisar ve Mesudiye populasyonları bir grupta yer alırken, Trabzon ve Torul populasyonları başka bir grubu meydana getirmiştir. Diğer populasyonlar ise tek başlarına grup oluşturmuşlardır. Kuraklık grubunda Trabzon, Torul, Mesudiye ve Vezirköprü populasyonları ilk grubu, Alucra ve Mesudiye populasyonları ikinci grubu ve Bolu populasyonu ise son grubu meydana getirmiştir. Ayrıca her bir populasyon için kontrol ve kuraklık grubuna ait toplam karbonhidrat değerleri arasında yapılan t testi sonucunda, Trabzon, Torul ve Alucra populasyonlarında iki işlem arasında istatistiksel olarak %99 güven düzeyinde, Bolu populasyonunda ise %99 güven düzeyinde ile anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir (Şekil 34).



* $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$ önem düzeyinde her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıklarını gösterir.

Şekil 34. Kuraklık stresi ve popülasyona bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ait Duncan testi sonuçları

Kuraklık stresi uygulaması sonucu popülasyonların ölçüm zamanına bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarının değişimi Şekil 35'te grafiksel olarak ortaya koyulmuştur. Ayrıca tüm popülasyonlarda her bir ölçüm gününde kontrol ve kuraklık grubu arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı bağımsız örneklem t testi (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$) ile belirlenmiştir.



Şekil 35. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin sonuçlar

Trabzon, Torul, Alucra ve Vezirköprü populasyonlarının 35. ölçüm gününe kadar kontrol ve kuraklık grubundaki fidanlarının toplam karbonhidrat miktarları birbirine yakın iken, 35. günden itibaren kuraklık grubundaki fidanlarda toplam karbonhidrat miktarı su stresinin etkisi ile artış göstermiştir. Bolu populasyonu ise kuraklık stresinden daha erken

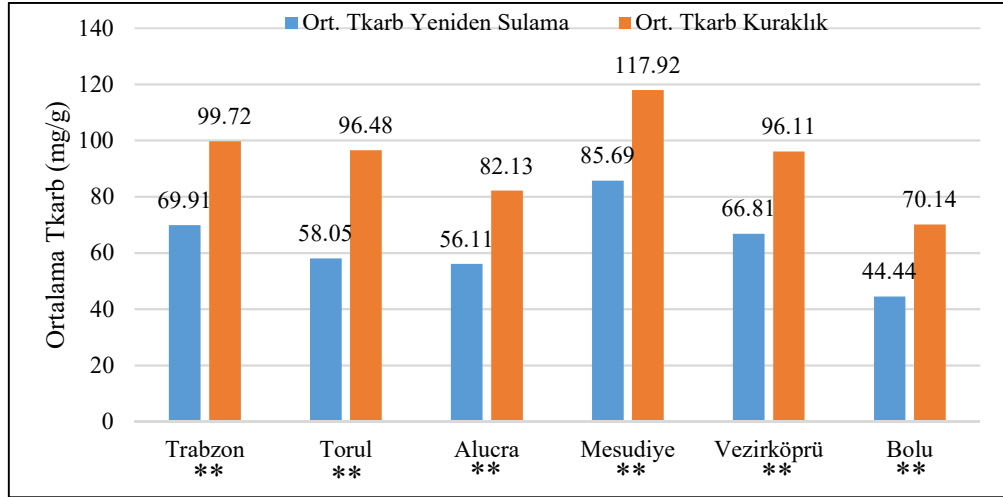
sürede etkilendiği ve 15. günden itibaren kuraklık grubundaki fidanların daha yüksek toplam karbonhidrat miktarına sahip oldukları tespit edilmiştir. Koyulhisar ve Mesudiye populasyonlarında da kuraklık ve kontrol grubuna ait toplam karbonhidrat değerleri stres uygulaması süresince değişkenlik göstermiş ve 55. gün ölçümlerinde kuraklık grubu fidanlarında toplam karbonhidrat miktarının kontrol fidanlarına kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 35).

Kuraklık stresine maruz fidanların bir grubuna 45. günde yeniden bir sulama yapılarak (rewatering) populasyonların toplam karbonhidrat miktarlarındaki değişim ortaya koyulmuştur. Yeniden sulama sonrası populasyonlara ait toplam karbonhidrat miktarları ile 45. gündeki kuraklık grubuna ait populasyonların toplam karbonhidrat miktarları arasındaki farkların anlamlılığı varyans analizi ile belirlenmiştir (Tablo 37).

Tablo 37. Yeniden sulama ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Populasyon	Ort. Tkarb (mg/g)	Standart Hata	Min. Tkarb (mg/g)	Mak. Tkarb (mg/g)	Önem Düzeyi (p)
Yeniden sulama	Trabzon	69,91	1,00	68,06	73,06	0,035
	Torul	58,05	1,26	55,28	61,94	
	Alucra	56,11	2,02	50,56	61,67	
	Mesudiye	85,69	0,15	85,28	86,11	
	Vezirköprü	66,81	0,15	66,39	67,22	
	Bolu	44,44	2,83	38,89	53,33	
	Ortalama	63,50	2,25	38,89	86,11	
Kuraklık	Trabzon	99,72	4,82	85,00	110,56	
	Torul	96,48	3,60	89,44	107,78	
	Alucra	82,13	2,06	78,33	88,61	
	Mesudiye	117,92	2,28	111,67	124,17	
	Vezirköprü	96,11	3,39	86,67	105,28	
	Bolu	70,14	3,09	61,67	78,61	
	Ortalama	93,75	2,81	61,67	124,17	

Yeniden sulama ve populasyon etkileşimine bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık grubunun 45. gün ölçümüne ait populasyonların toplam karbonhidrat miktarı ortalaması 93,75 mg/g iken, yeniden sulama sonrası populasyonların ortalama toplam karbonhidrat miktarı 63,50 mg/g olarak belirlenmiştir (Tablo 37). Ayrıca her bir populasyon için yeniden sulama ve kuraklık grubuna ait toplam karbonhidrat değerleri arasında yapılan t testi sonucunda, tüm populasyonlarda iki işlem arasında istatistiksel olarak %99 güven düzeyinde anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 36. Yeniden sulama ve popülasyona bağlı olarak toplam karbonhidrat miktarlarının değişimi

Kuraklık grubunda en yüksek toplam karbonhidrat miktarı 117,92 mg/g ile Mesudiye popülasyonuna ait fidanlarda elde edilmiş olup, yeniden sulama sonrası toplam karbonhidrat miktarı 85,69 mg/g'a kadar düşmüştür. Kuraklık grubunun ikinci en yüksek değerine sahip Trabzon popülasyonuna ait toplam karbonhidrat miktarı ise yeniden sulama sonrası 99,72 mg/g'dan 69,91 mg/g'a kadar düşüş göstermiştir. Genel olarak tüm popülasyonlara ait fidanların 45. günde yapılan yeniden sulama sonrasında toplam karbonhidrat miktarlarının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 36).

3.2.6. Prolin İçeriğine İlişkin Bulgular

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı popülasyonlara bağlı olarak prolin miktarları arasında meydana gelen değişimler tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 38'de gösterilmiştir. Kontrol grubuna ait popülasyonlarda prolin miktarı en düşük 1,64 $\mu\text{mol/g}$ (Trabzon popülasyonu 5.gün ölçümü) ve en yüksek 2,95 $\mu\text{mol/g}$ (Mesudiye popülasyonu 45.gün ölçümü) olarak tespit edilmiştir. Kuraklık grubunda en düşük prolin miktarı 1,42 $\mu\text{mol/g}$ (Vezirköprü popülasyonu 5. gün ölçümü) ve en yüksek prolin miktarı 5,14 $\mu\text{mol/g}$ (Vezirköprü popülasyonu 45.gün ölçümü) olarak belirlenmiştir. Tüm ölçüm zamanları ve popülasyonlara göre ortalama prolin miktarı kontrol grubunda 2,26 $\mu\text{mol/g}$, kuraklık grubunda ise 2,46 $\mu\text{mol/g}$ değerindedir.

Tablo 38. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak prolin miktarına ilişkin sonuçlar

Stres Grubu	Populasyon	Prolin Miktarı ($\mu\text{mol/g}$ kuru ağırlık)						
		5.gün	15.gün	25.gün	35.gün	45.gün	55.gün	Ort.
Kontrol	Trabzon	1,64	2,16	1,81	2,29	2,32	2,18	2,06
	Torul	2,18	2,21	2,16	2,06	2,40	2,14	2,19
	Alucra	2,19	2,10	2,12	1,84	2,77	2,49	2,25
	Koyulhisar	2,05	2,34	2,38	2,56	2,34	2,45	2,35
	Mesudiye	1,84	2,40	2,31	2,18	2,95	2,55	2,37
	Vezirköprü	1,86	2,36	1,90	2,05	2,23	2,25	2,11
	Bolu	2,73	2,71	2,38	2,27	2,34	-	2,49
	Ort.	2,07	2,33	2,15	2,18	2,48	2,34	2,26
Kuraklık	Trabzon	1,99	1,94	1,99	1,94	2,93	2,34	2,19
	Torul	1,84	2,03	1,92	3,17	3,25	2,25	2,41
	Alucra	1,45	2,32	2,19	2,14	3,29	3,58	2,50
	Koyulhisar	1,90	1,94	2,86	1,90	3,05	3,23	2,48
	Mesudiye	1,84	2,55	2,29	2,16	2,36	2,32	2,25
	Vezirköprü	1,42	2,05	1,75	2,43	5,14	2,53	2,55
	Bolu	2,18	2,29	4,04	3,25	2,69	-	2,89
	Ort.	1,80	2,16	2,43	2,43	3,24	2,71	2,46

Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve farklı populasyonlara bağlı olarak prolin miktarları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı çoğul varyans analizi ile belirlenmiştir ve sonuçlar Tablo 39’da gösterilmiştir.

Tablo 39. Ölçüm zamanı, kuraklık stresi ve populasyonlara bağlı olarak prolin miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Doğrusal Model	75,019	81	0,926	59,158	0,000
Etkileşim	1370,625	1	1370,625	87546,930	0,000
Zaman	20,799	5	4,160	265,704	0,000
Stres	2,680	1	2,680	171,162	0,000
Populasyon	6,355	6	1,059	67,654	0,000
Zaman * Stres	7,526	5	1,505	96,144	0,000
Zaman * Populasyon	17,516	29	0,604	38,579	0,000
Stres * Populasyon	1,994	6	0,332	21,230	0,000
Zaman*Stres*Populasyon	19,264	29	0,664	42,429	0,000
Hata	2,568	164	0,016		
Toplam	1442,894	246			
Düzeltilmiş Toplam	77,587	245			

Varyans analizi sonucunda ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve populasyonlara göre prolin miktarları arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık olduğu tespit edilmiştir. Yine zaman $\times$ stres, zaman $\times$ populasyon, stres $\times$ populasyon ve zaman $\times$ stres $\times$ populasyon etkileşimlerine ilişkin prolin miktarları

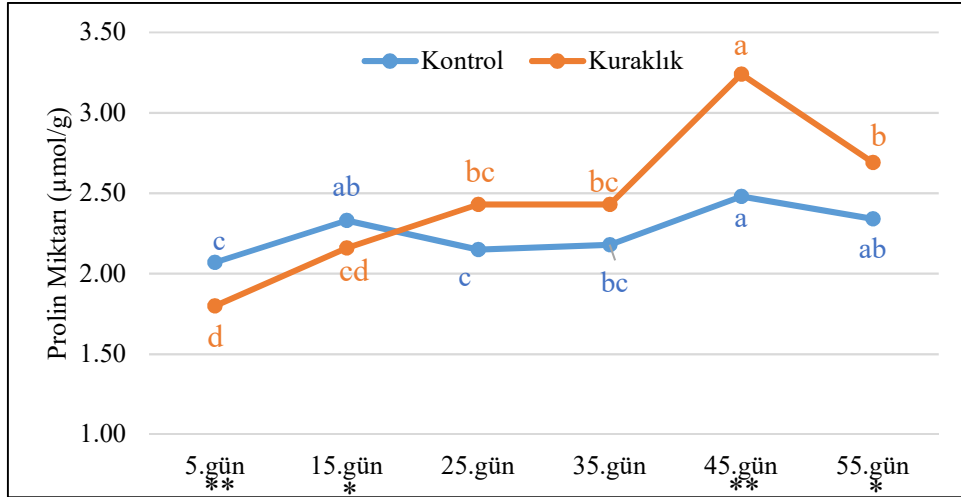
arasında da %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu ortaya koyulmuştur (Tablo 39).

Kuraklık stresi uygulaması ve ölçüm zamanına bağlı olarak elde edilen prolin miktarlarına ait sonuçlar Tablo 40'da verilmiştir. Kontrol grubunda en düşük prolin miktarı 2,07 $\mu\text{mol/g}$ ile 5. ölçüm gününde, en yüksek prolin miktarı 2,48 $\mu\text{mol/g}$ ile 45. ölçüm gününde tespit edilmiştir. Kuraklık grubunda da en düşük prolin miktarı 1,80 $\mu\text{mol/g}$ ile 5. ölçüm gününde, en yüksek prolin miktarı 3,24 $\mu\text{mol/g}$ ile 45. ölçüm gününde belirlenmiştir.

Tablo 40. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanı etkileşimine bağlı olarak prolin miktarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Ölçüm Zamanı (gün)	Ort. Prolin Mik. ($\mu\text{mol/g}$)	Standart Hata	Min. Prolin Mik. ($\mu\text{mol/g}$)	Mak. Prolin Mik. ($\mu\text{mol/g}$)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	5	2,07	0,08	1,60	2,82	0,000
	15	2,33	0,05	2,01	2,90	
	25	2,15	0,05	1,75	2,56	
	35	2,18	0,05	1,82	2,60	
	45	2,48	0,06	2,16	3,01	
	55	2,34	0,04	1,97	2,56	
Kuraklık	5	1,80	0,06	1,16	2,34	0,001
	15	2,16	0,05	1,82	2,75	
	25	2,43	0,16	1,75	4,12	
	35	2,43	0,12	1,79	3,45	
	45	3,24	0,18	2,34	5,23	
	55	2,69	0,13	1,97	3,60	

Kontrol ve kuraklık grubu içerisinde fidanların prolin miktarları açısından ölçüm zamanına bağlı olarak göstermiş oldukları farklılıkların anlamlılığı varyans analizi ile ortaya koyulmuştur. Hem kontrol grubu hem de kuraklık grubunda ölçüm zamanına bağlı olarak prolin miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) farklılık olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak ölçüm zamanlarına ilişkin prolin miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir. Kontrol grubuna ait ölçüm zamanları prolin miktarı bakımından dört, kuraklık grubunda ise beş farklı grup meydana gelmiştir (Şekil 37). Ayrıca bağımsız t testi analizi ile kontrol ve kuraklık grubunun 25. ve 35. ölçüm günlerinde elde edilen sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmazken, 15. ve 55. gün ölçüm günlerinde elde edilen sonuçlar arasında %95, 5. ve 45. gün ölçümlerine ait sonuçlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (Şekil 33).



* $p < 0,05$ ve ** $p < 0,01$ önem düzeyinde her bir ölçüm zamanında iki işlem arasındaki farklılıkları gösterir

Şekil 37. Kuraklık stresi ve ölçüm zamanına bağlı olarak prolin miktarına ait Duncan testi sonuçları

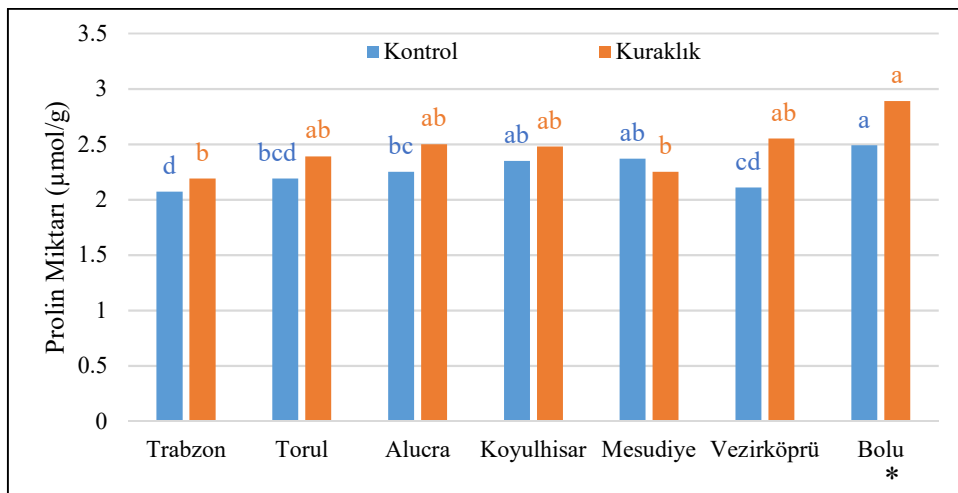
Şekil 37’de gösterilen grafikte ölçüm zamanlarına bağlı olarak kontrol grubuna ait fidanların prolin miktarlarının birbirine yakın olduğu ve dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. Kuraklık grubuna ait fidanların prolin miktarlarının ise 15. ölçüm gününe kadar kontrol grubundan düşük olduğu, ancak kuraklık stresinin etkisi ile kuraklık grubundaki fidanların 25. günden itibaren su stresine tepki olarak prolin miktarlarını arttırdığı ve kontrol grubuna göre daha fazla prolin birikimi gerçekleştirdiği belirlenmiştir (Şekil 37).

Kuraklık stresi uygulaması ve populasyon etkileşimine bağlı olarak prolin miktarlarına ait sonuçlar Tablo 41’de gösterilmiştir. Kontrol grubuna ait en düşük prolin miktarı 2,07 $\mu\text{mol/g}$ ile Trabzon populasyonunda, en yüksek prolin miktarı ise 2,49 $\mu\text{mol/g}$ ile Bolu populasyonunda elde edilmiştir. Kuraklık grubunda en düşük prolin miktarı 2,19 $\mu\text{mol/g}$ ile Trabzon populasyonunda, en yüksek prolin miktarı ise 2,89 Bolu $\mu\text{mol/g}$ populasyonunda belirlenmiştir.

Tablo 41. Kuraklık stresi ve populasyon etkileşimine bağlı olarak prolin miktarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Populasyon	Ort. Prolin Mik. ($\mu\text{mol/g}$)	Standart Hata	Min. Prolin Mik. ($\mu\text{mol/g}$)	Mak. Prolin Mik. ($\mu\text{mol/g}$)	Önem Düzeyi (p)
Kontrol	Trabzon	2,07	0,06	1,60	2,49	0,000
	Torul	2,19	0,03	1,82	2,49	
	Alucra	2,25	0,07	1,82	2,79	
	Koyulhisar	2,35	0,04	1,97	2,60	
	Mesudiye	2,37	0,08	1,79	3,01	
	Vezirköprü	2,11	0,05	1,75	2,49	
	Bolu	2,49	0,05	2,19	2,90	
Kuraklık	Trabzon	2,19	0,09	1,79	3,27	0,014
	Torul	2,39	0,14	1,79	3,45	
	Alucra	2,50	0,17	1,34	3,60	
	Koyulhisar	2,48	0,14	1,82	3,30	
	Mesudiye	2,25	0,06	1,82	2,75	
	Vezirköprü	2,55	0,29	1,16	5,23	
	Bolu	2,89	0,18	2,01	4,12	

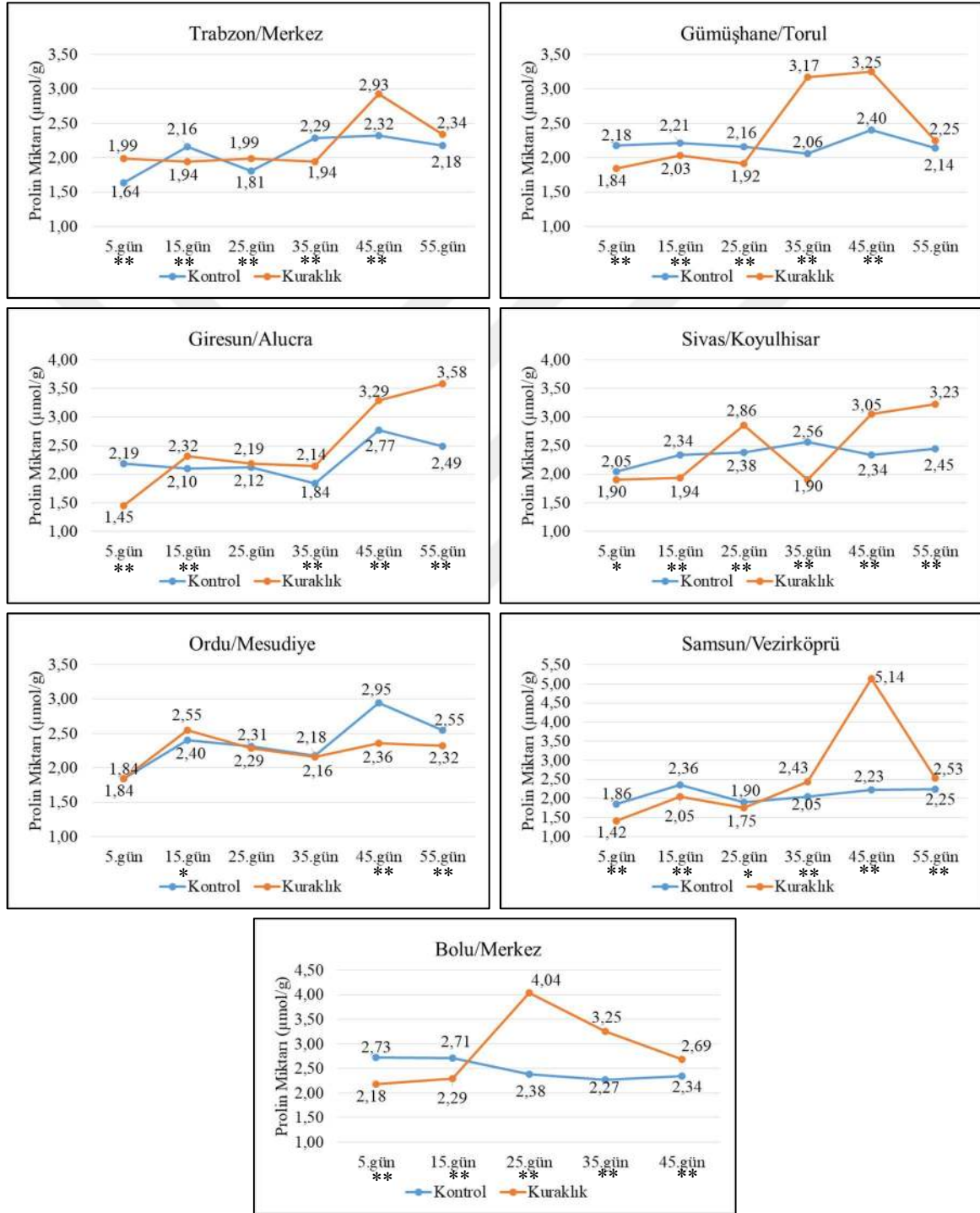
Kuraklık stresi uygulamasına bağlı olarak farklı populasyonlara ilişkin prolin miktarlarının meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile ortaya koyulmuştur. Kontrol grubunda yer alan populasyonlar prolin miktarı bakımından altı farklı grup, kuraklık grubunda yer alan populasyonlar arasında ise üç farklı grup meydana gelmiştir. Her bir populasyon için kontrol ve kuraklık grubuna ait toplam karbonhidrat değerleri arasında yapılan t testi sonucunda, sadece Bolu populasyonunda %95 güven düzeyinde ile anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir (Şekil 38).



* $p < 0,05$ önem düzeyinde her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıklarını gösterir.

Şekil 38. Kuraklık stresi ve populasyona bağlı olarak prolin miktarına ait Duncan testi sonuçları

Kuraklık stresi uygulaması sonucu populasyonların ölçüm zamanına bağlı olarak prolin miktarlarının değişimi ve her bir ölçüm gününe ait sonuçlar arasındaki farkların anlamlılığı (* $p<0,05$, ** $p<0,01$) Şekil 39'da grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 39. Kuraklık stresi, ölçüm zamanı ve populasyon etkileşimine bağlı olarak prolin miktarına ilişkin sonuçlar

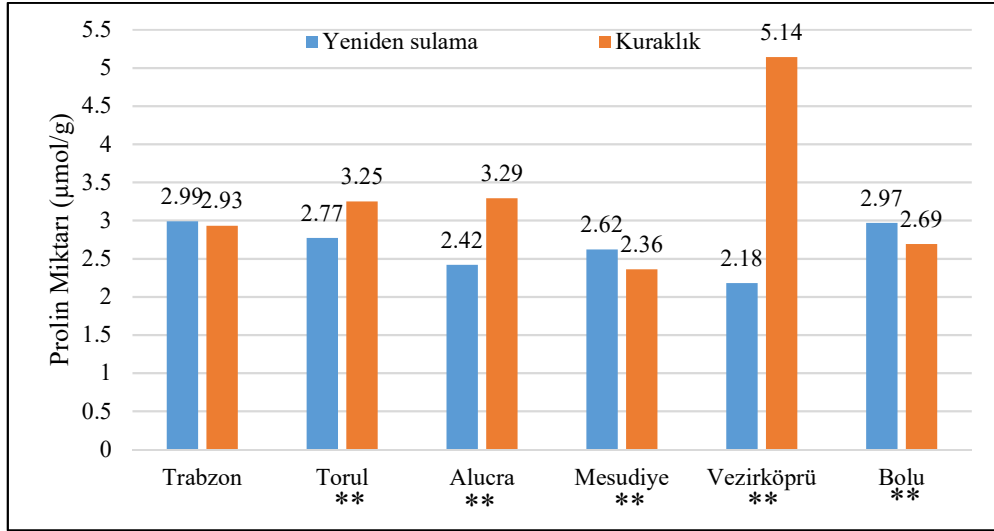
Mesudiye popülasyonu haricinde diğer popülasyonlarda kuraklık stresi uygulaması süresinin artmasına bağlı olarak kuraklık grubundaki fidanların prolin miktarlarının kontrol grubundaki fidanların prolin miktarlarına göre daha yüksek değerler aldığı, su stresinin artmasıyla prolin birikimi yaptıkları tespit edilmiştir (Şekil 39).

Çalışma kapsamında yeniden bir sulama yapılarak (rewatering) popülasyonların prolin miktarlarındaki değişimi belirlenmiştir. Yeniden sulama sonrası popülasyonlara ait prolin miktarları ile 45. gündeki kuraklık grubuna ait popülasyonların prolin miktarları arasındaki farkların anlamlılığı varyans analizi ile ortaya koyulmuştur (Tablo 42).

Tablo 42. Yeniden sulama ve popülasyon etkileşimine bağlı olarak prolin miktarlarına ilişkin sonuçlar

Kuraklık Stresi	Popülasyon	Ort. Prolin Mik. ($\mu\text{mol/g}$)	Standart Hata	Min. Prolin Mik. ($\mu\text{mol/g}$)	Mak. Prolin Mik. ($\mu\text{mol/g}$)	Önem Düzeyi (p)
Yeniden sulama	Trabzon	2,99	0,01	2,97	3,01	0,000
	Torul	2,77	0,01	2,75	2,79	
	Alucra	2,42	0,05	2,27	2,56	
	Mesudiye	2,62	0,02	2,56	2,68	
	Vezirköprü	2,18	0,03	2,08	2,27	
	Bolu	2,97	0,03	2,90	3,05	
	Ortalama	2,65	0,05	2,08	3,05	
Kuraklık	Trabzon	2,93	0,12	2,60	3,27	
	Torul	3,25	0,03	3,16	3,34	
	Alucra	3,29	0,02	3,23	3,34	
	Mesudiye	2,36	0,01	2,34	2,38	
	Vezirköprü	5,14	0,03	5,04	5,23	
	Bolu	2,69	0,01	2,68	2,71	
	Ortalama	3,28	0,15	2,34	5,23	

Yeniden sulama ve popülasyon etkileşimine bağlı olarak prolin miktarları arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. Kuraklık grubunun 45. gün ölçümüne ait popülasyonların ortalama prolin miktarı $2,65 \mu\text{mol/g}$ iken, yeniden sulama sonrası popülasyonların ortalama prolin miktarı $3,28 \mu\text{mol/g}$ olarak tespit edilmiştir (Tablo 42).



** $p < 0,01$ önem düzeyinde her bir populasyonun iki işlem arasındaki farklılıklarını gösterir

Şekil 40. Yeniden sulama ve popülasyona bağlı olarak prolin miktarlarının değişimi

Kuraklık grubunda en yüksek prolin miktarı 5,14 $\mu\text{mol/g}$ ile Vezirköprü popülasyonuna ait fidanlarda elde edilmiş olup, yeniden sulama sonrası prolin miktarı 2,18 $\mu\text{mol/g}$ 'a kadar düşmüştür. Kuraklık grubunun ikinci en yüksek değerine sahip Alucra popülasyonuna ait prolin miktarı ise yeniden sulama sonrası 3,29 $\mu\text{mol/g}$ 'dan 2,42 $\mu\text{mol/g}$ 'a kadar düşüş göstermiştir. Yeniden sulama sonrası popülasyonların prolin miktarlarındaki değişim incelendiğinde, Torul, Alucra ve Vezirköprü popülasyonlarında prolin miktarlarının düştüğü, Trabzon, Mesudiye ve Bolu popülasyonlarında ise arttığı görülmektedir (Şekil 40).

3.3. Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında farklı popülasyonlara ait fidanların kuraklık stresine karşı göstermiş olduğu tepkiler ile morfolojik özellikleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla fidanlara ait bazı morfolojik özellikler (fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, taze ve kuru gövde ağırlıkları, taze ve kuru kök ağırlıkları, fidan taze ağırlığı, fidan kuru ağırlığı, en uzun kök boyu, ana kök sayısı, kök yüzdesi, gürbüzlük indisi, katlılık indisi ve Dickson kalite indeksi) tespit edilmiştir.

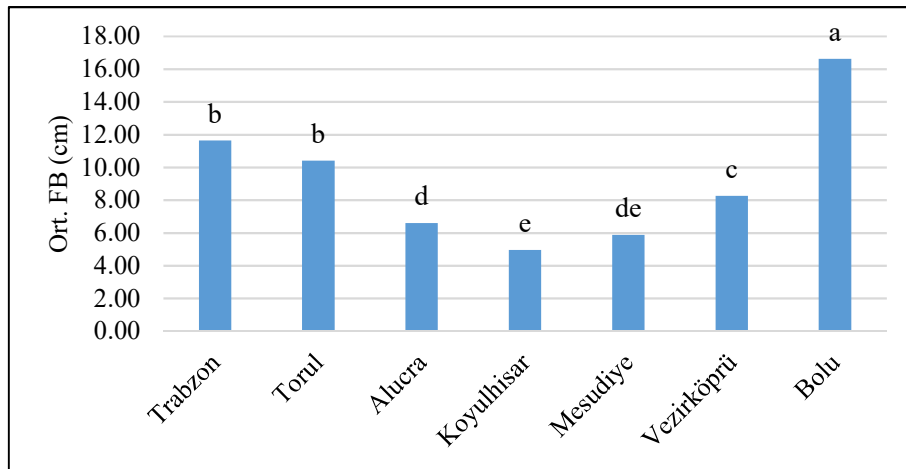
3.3.1. Fidan Boyuna (FB) İlişkin Bulgular

Populasyonlara ait fidan boylarına ilişkin ortalama, maksimum ve minimum değerler ile fidan boyu bakımından populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 43'te gösterilmiştir.

Tablo 43. Populasyonlara ait fidan boylarına ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. FB (cm)	Standart Hata	Min. FB (cm)	Mak. FB (cm)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	11,65	0,63	5,00	21,90	65,099	0,000
Torul	10,41	0,54	6,40	16,20		
Alucra	6,61	0,40	3,60	14,40		
Koyulhisar	4,96	0,29	2,80	7,00		
Mesudiye	5,87	0,24	3,80	9,00		
Vezirköprü	8,26	0,45	3,40	14,00		
Bolu	16,63	0,64	7,20	23,40		
Ortalama	9,50	0,32	2,80	23,40		

Populasyonlar arasında en yüksek ortalama fidan boyu 16,63 cm ile Bolu populasyonunda, en düşük ortalama fidan boyu 4,96 cm ile Koyulhisar populasyonunda elde edilmiş ve tüm populasyonların ortalama fidan boyu 9,50 cm olarak belirlenmiştir. Maksimum fidan boyu Bolu populasyonunda 23,40 cm, minimum fidan boyu ise Koyulhisar populasyonunda 2,80 cm'dir. Yapılan varyans analizi sonucunda, fidan boyları bakımından populasyonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ortaya konulmuştur (Tablo 43).



Şekil 41. Populasyonlara ait fidan boylarına ilişkin Duncan testi sonucu

Varyans analizi ile populasyonlar arasında anlamlı farklılıkların tespit edilmesinden sonra populasyonların nasıl bir gruplandırma içerisinde oldukları Duncan testi ile belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 41’de gösterilmiştir. Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında altı farklı grup meydana gelmiştir. En yüksek değere sahip Bolu populasyonu ilk grubu, Trabzon ve Torul populasyonları ikinci grubu oluştururken, diğer populasyonlar fidan boy değerlerine bağlı olarak sırasıyla tek başlarına grup meydana getirmişlerdir.

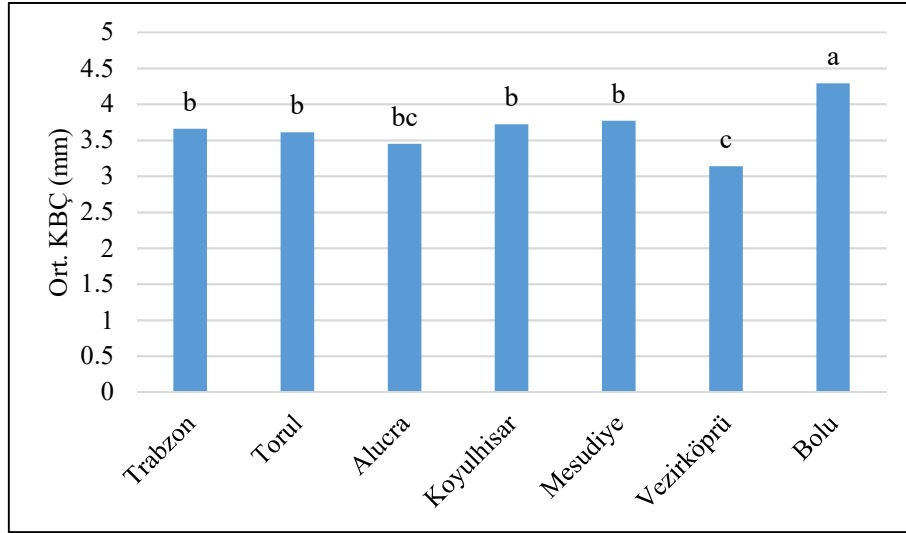
3.3.2. Kök Boğaz Çapına (KBÇ) İlişkin Bulgular

Populasyonlara ilişkin kök boğaz çapına ait ortalama, maksimum ve minimum değerler belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 44’te gösterilmiştir. Buna göre populasyonlar arasında en yüksek ortalama KBÇ 4,29 mm ile Bolu populasyonunda elde edilirken, en düşük ortalama KBÇ ise 3,14 mm ile Vezirköprü populasyonunda belirlenmiştir. Tüm populasyonlara ortalama KBÇ değeri 3,66 mm olarak tespit edilmiştir. Maksimum KBÇ Bolu populasyonunda 5,70 mm, minimum KBÇ ise Vezirköprü populasyonunda 1,40 mm’dir. Populasyonlara ait KBÇ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunup bulunmadığı varyans analizi ile tespit edilmiştir (Tablo 44).

Tablo 44. Populasyonlara ait kök boğaz çapına ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. KBÇ (mm)	Standart Hata	Min. KBÇ (mm)	Mak. KBÇ (mm)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	3,66	0,14	2,34	5,43	6,267	0,000
Torul	3,61	0,13	2,11	5,20		
Alucra	3,45	0,13	2,26	5,54		
Koyulhisar	3,72	0,19	2,53	4,86		
Mesudiye	3,77	0,12	2,80	5,10		
Vezirköprü	3,14	0,13	1,40	4,74		
Bolu	4,29	0,15	2,03	5,70		
Ortalama	3,66	0,05	1,40	5,70		

Yapılan varyans analizi sonucunda, kök boğaz çapı bakımından populasyonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir (Tablo 44). Varyans analizi sonra populasyonların meydana getirdiği grupları belirlemek amacıyla Duncan testi ile yapılmış ve sonuçlar Şekil 42’de gösterilmiştir.



Şekil 42. Populasyonlara ait kök boğaz çapına ilişkin Duncan testi sonucu

Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında dört farklı grup oluşmuştur. En yüksek değere sahip Bolu populasyonu ilk grupta, Trabzon, Torul, Koyulhisar ve Mesudiye populasyonları ikinci grupta, Alucra populasyonu üçüncü grupta ve en düşük KBÇ değerine sahip Vezirköprü populasyonu son grupta yer almıştır.

3.3.3. Yan dal Sayısına (YDS) İlişkin Bulgular

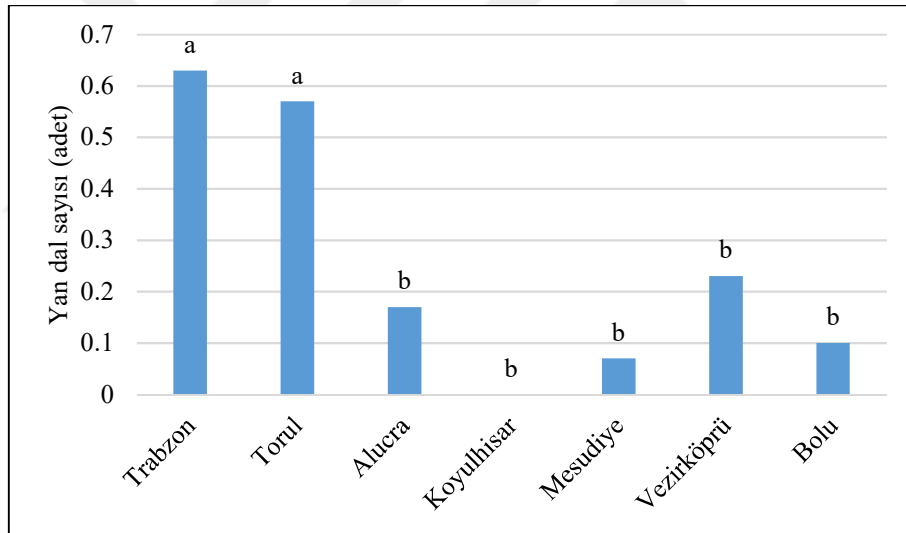
Yan dal sayısına ilişkin populasyonlara ait ortalama, maksimum ve minimum değerler belirlenmiş ve populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 45'te gösterilmiştir.

Tablo 45. Populasyonlara ait yan dal sayısına ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. YDS (adet)	Standart Hata	Min. YDS (adet)	Mak. YDS (adet)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	0,63	0,16	0	3	5,004	0,000
Torul	0,57	0,15	0	2		
Alucra	0,17	0,08	0	2		
Koyulhisar	0,00	0,00	0	0		
Mesudiye	0,07	0,07	0	2		
Vezirköprü	0,23	0,09	0	2		
Bolu	0,10	0,07	0	2		
Ortalama	0,27	0,04	0	3		

Tablo 45’te görüldüğü üzere, populasyonlar arasında en fazla ortalama yan dal sayısı 0,63 adet ile Trabzon populasyonunda, en az ortalama yan dal sayısı 0 adet ile Koyulhisar populasyonunda tespit edilmiş ve tüm populasyonların ortalama yan dal sayısı 0,27 adet olarak belirlenmiştir. Maksimum yan dal sayısı Trabzon populasyonunda 3 adet, minimum yan dal sayısı ise Koyulhisar populasyonunda 0 adet olarak elde edilmiştir.

Varyans analizi sonucunda, yan dal sayısı bakımından populasyonlar arasında farkların %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 45). Varyans analizi ile populasyonlar arasında farkların anlamlılığı ortaya koyulduktan sonra populasyonların meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile belirlenmiş olup, sonuçlar Şekil 43’te gösterilmiştir. Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında iki farklı grup oluşmuştur. En yüksek değere sahip Trabzon ve Torul populasyonları ilk grupta yer alırken, diğer populasyonlar ikinci grubu meydana getirmişlerdir.



Şekil 43. Populasyonlara ait yan dal sayısına ilişkin Duncan testi sonucu

3.3.4. Gövde Taze Ağırlığına (GTA) İlişkin Bulgular

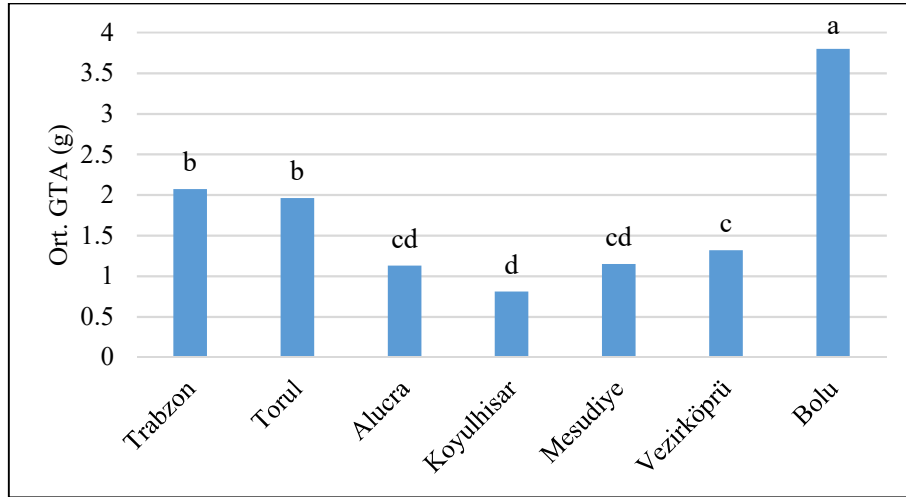
Populasyonlara ait gövde taze ağırlığına ilişkin ortalama, maksimum ve minimum değerler ile GTA bakımından populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 46’da gösterilmiştir.

Tablo 46. Populasyonlara ait gövde taze ağırlığına ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. GTA (g)	Standart Hata	Min. GTA (g)	Mak. GTA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	2,07	0,13	0,76	3,88	46,666	0,000
Torul	1,96	0,14	0,42	4,32		
Alucra	1,13	0,12	0,36	3,03		
Koyulhisar	0,81	0,06	0,40	1,22		
Mesudiye	1,15	0,17	0,28	6,00		
Vezirköprü	1,32	0,08	0,57	2,57		
Bolu	3,80	0,20	1,80	6,32		
Ortalama	1,82	0,08	0,28	6,32		

Populasyonlar arasında en fazla ortalama GTA 3,80 g ile Bolu populasyonunda, en az ortalama GTA 0,81 g ile Koyulhisar populasyonunda tespit edilmiş ve tüm populasyonların ortalama GTA 1,82 g olarak elde edilmiştir. Maksimum GTA Bolu populasyonunda 6,32 g, minimum GTA ise Mesudiye populasyonunda 0,28 g'dır. Yapılan varyans analizi sonucunda, GTA bakımından populasyonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir (Tablo 46).

Varyans analizi ile populasyonlar arasında anlamlı farklılıkların tespit edilmesinin ardından populasyonların nasıl bir gruplandırma içerisinde oldukları Duncan testi ile belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 44'te gösterilmiştir.



Şekil 44. Populasyonlara ait gövde taze ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu

Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında beş farklı grup meydana gelmiştir. En yüksek değere sahip Bolu populasyonu ilk grubu, Trabzon ve Torul populasyonları ikinci grubu, Vezirköprü populasyonu üçüncü grubu, Alucra ve Mesudiye populasyonları

dördüncü grubu ve en düşük değere sahip olan Koyulhisar populasyonu ise son grubu oluşturmuştur.

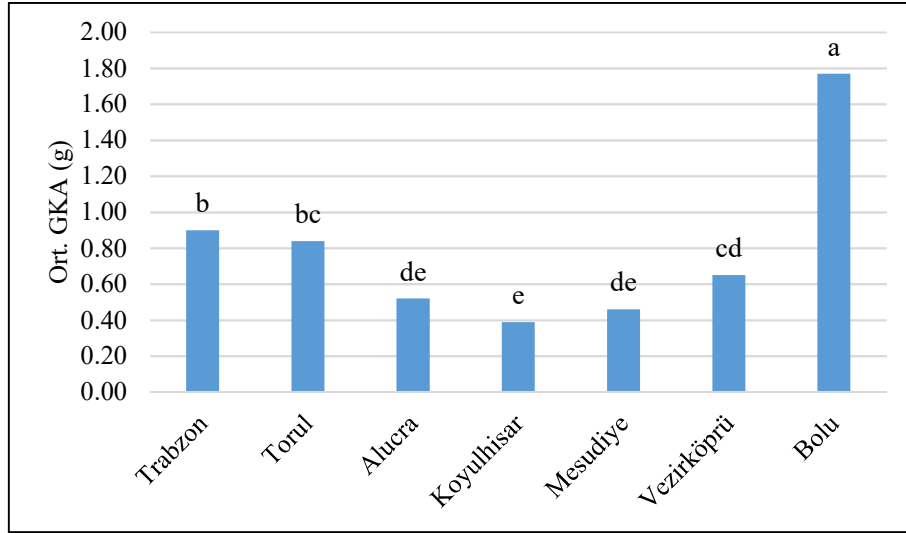
3.3.5. Gövde Kuru Ağırlığına (GKA) İlişkin Bulgular

Populasyonlara ilişkin gövde kuru ağırlığına ait ortalama, maksimum ve minimum değerler belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 47’de gösterilmiştir. Buna göre populasyonlar arasında en fazla ortalama GKA 1,77 g ile Bolu populasyonunda elde edilirken, en az ortalama GKA ise 0,38 g ile Koyulhisar populasyonunda tespit edilmiştir. Tüm populasyonlara ortalama GKA değeri 0,82 g’dır. Maksimum GKA Bolu populasyonunda 3,05 g, minimum GKA ise Mesudiye populasyonunda 0,12 g olarak elde edilmiştir. Populasyonlara ait GKA değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunup bulunmadığı varyans analizi ile tespit edilmiştir.

Tablo 47. Populasyonlara ait gövde kuru ağırlığına ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. GKA (g)	Standart Hata	Min. GKA (g)	Mak. GKA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	0,90	0,05	0,32	1,76	39,784	0,000
Torul	0,84	0,05	0,18	1,81		
Alucra	0,52	0,05	0,17	1,27		
Koyulhisar	0,39	0,03	0,17	0,60		
Mesudiye	0,46	0,03	0,12	0,97		
Vezirköprü	0,65	0,04	0,27	1,29		
Bolu	1,77	0,14	0,73	3,05		
Ortalama	0,82	0,04	0,12	3,05		

Yapılan varyans analizi sonucunda, populasyonlara ait ortalama gövde kuru ağırlıklarının istatistiksel olarak %99 güven düzeyinde anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 47). Varyans analizi sonra populasyonların meydana getirdiği grupları belirlemek amacıyla Duncan testi ile yapılmış ve sonuçlar Şekil 45’te gösterilmiştir. Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında altı farklı grup oluşmuştur. Buna göre sadece Alucra ve Mesudiye populasyonları aynı grupta yer almış olup, diğer populasyonlar tek başlarına grup meydana getirmişlerdir.



Şekil 45. Populasyonlara ait gövde kuru ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu

3.3.6. Kök Taze Ağırlığına (KTA) İlişkin Bulgular

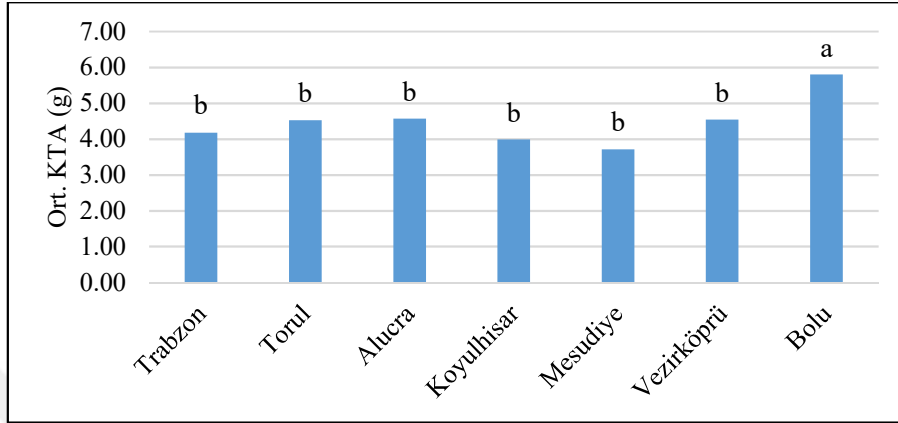
Kök taze ağırlığına ilişkin populasyonlara ait ortalama, maksimum ve minimum değerler belirlenmiş ve populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 48’de gösterilmiştir.

Tablo 48. Populasyonlara ait kök taze ağırlığına ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. KTA (g)	Standart Hata	Min. KTA (g)	Mak. KTA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	4,18	0,25	1,57	6,95	5,270	0,000
Torul	4,52	0,28	1,64	7,58		
Alucra	4,57	0,25	1,84	7,60		
Koyulhisar	3,99	0,35	1,78	6,69		
Mesudiye	3,71	0,22	1,58	7,00		
Vezirköprü	4,54	0,32	1,56	8,75		
Bolu	5,80	0,35	1,16	11,01		
Ortalama	4,51	0,11	1,16	11,01		

Tablo 48’de görüldüğü üzere, populasyonlar arasında en fazla ortalama KTA 5,80 g ile Bolu populasyonunda, en az ortalama KTA 3,71 g ile Mesudiye populasyonunda tespit edilmiş ve tüm populasyonların ortalama KTA 4,51 g olarak belirlenmiştir. Maksimum KTA 11,01 g ve minimum KTA 1,16 g olarak Bolu populasyonunda elde edilmiştir. Varyans analizi sonucunda, populasyonlara ait ortalama KTA arasındaki farkların istatistiksel olarak %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Varyans analizi ile

populasyonlar arasında farkların anlamlılığı ortaya koyulduktan sonra populasyonların meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile belirlenmiş olup, sonuçlar Şekil 46'da gösterilmiştir.



Şekil 46. Populasyonlara ait kök taze ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu

Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında iki farklı grup meydana gelmiştir. En fazla KTA değerine sahip Bolu populasyonu ilk grupta yer alırken, diğer populasyonlar ikinci grubu oluşturmuşlardır (Şekil 46).

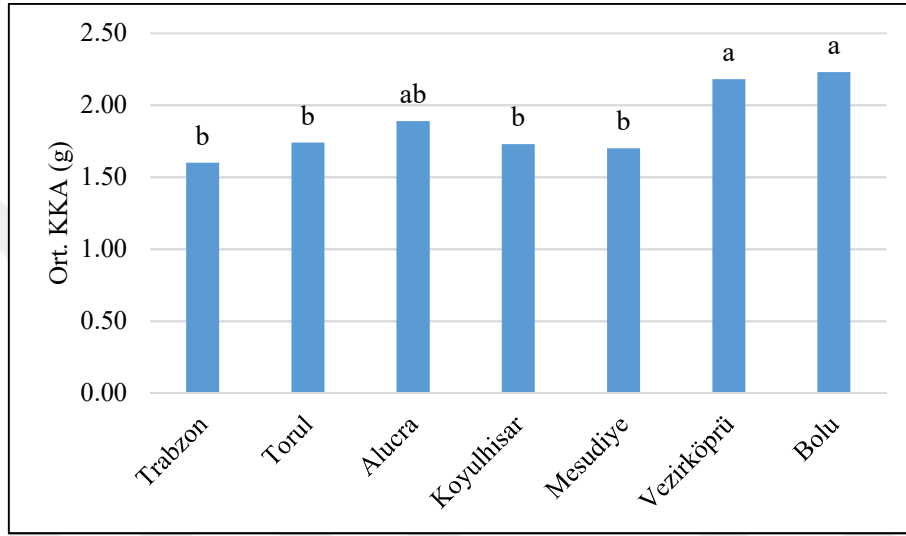
3.3.7. Kök Kuru Ağırlığına (KKA) İlişkin Bulgular

Populasyonlara ait kök kuru ağırlıklarına ilişkin ortalama, maksimum ve minimum değerler ile KKA bakımından populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 49'da gösterilmiştir.

Tablo 49. Populasyonlara ait kök kuru ağırlığına ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. KKA (g)	Standart Hata	Min. KKA (g)	Mak. KKA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	1,60	0,10	0,38	2,69	3,649	0,002
Torul	1,74	0,11	0,64	2,88		
Alucra	1,89	0,10	0,75	3,17		
Koyulhisar	1,73	0,17	0,71	3,04		
Mesudiye	1,70	0,10	0,70	2,84		
Vezirköprü	2,18	0,16	0,66	4,21		
Bolu	2,23	0,15	0,29	5,00		
Ortalama	1,88	0,05	0,29	5,00		

Populasyonlar arasında en fazla ortalama KKA 2,23 g ile Bolu populasyonunda, en az ortalama KKA 1,60 g ile Trabzon populasyonunda elde edilmiş ve tüm populasyonların ortalama KKA 1,88 g olarak belirlenmiştir. Maksimum KKA Bolu populasyonunda 5 g, minimum KKA ise Trabzon populasyonunda 0,38 g'dır. Yapılan varyans analizi sonucunda, KKA bakımından populasyonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ortaya koyulmuştur (Tablo 49).



Şekil 47. Populasyonlara ait kök kuru ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu

Varyans analizi ile populasyonlar arasında anlamlı farklılıkların tespit edilmesinden sonra populasyonların nasıl bir gruptandırma içerisinde oldukları Duncan testi ile belirlenmiştir. Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında üç farklı grup meydana gelmiştir. En yüksek değere sahip Bolu ve Vezirköprü populasyonları ilk grupta, Alucra populasyonu ikinci grupta ve diğer populasyonlar son grupta yer almıştır (Şekil 47).

3.3.8. Fidan Taze Ağırlığına (FTA) İlişkin Bulgular

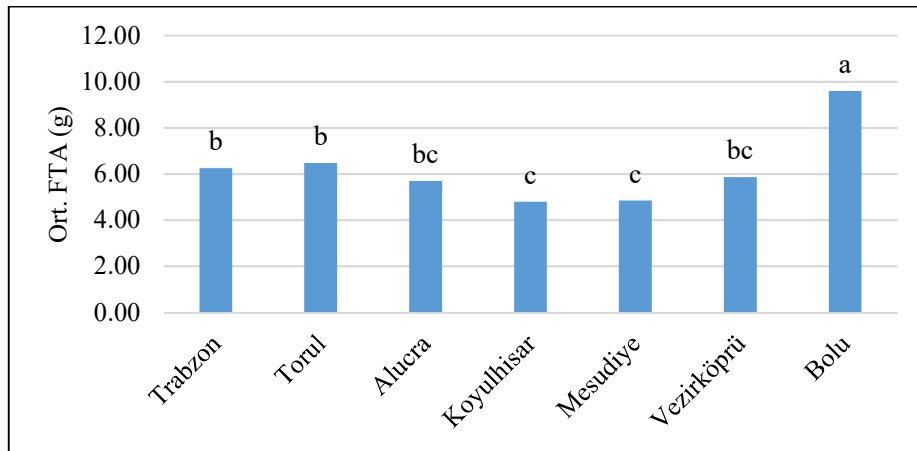
Populasyonlara ait fidan taze ağırlıklarına ilişkin ortalama, maksimum ve minimum değerler belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 50'de gösterilmiştir. Buna göre populasyonlar arasında en fazla ortalama FTA 9,59 g ile Bolu populasyonunda elde edilirken, en az ortalama FTA ise 4,80 g ile Koyulhisar populasyonunda belirlenmiştir. Tüm populasyonların ortalama FTA değeri 6,32 g olarak tespit edilmiştir. Maksimum FTA Bolu populasyonunda

15,37 g, minimum FTA ise Mesudiye populasyonunda 1,86 g'dır. Populasyonlara ait FTA değerleri arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 50'de verilmiştir.

Tablo 50. Populasyonlara ait fidan taze ağırlığına ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. FTA (g)	Standart Hata	Min. FTA (g)	Mak. FTA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	6,25	0,34	2,51	10,10	17,615	0,000
Torul	6,48	0,40	2,06	11,65		
Alucra	5,70	0,34	2,20	9,66		
Koyulhisar	4,80	0,41	2,18	7,91		
Mesudiye	4,85	0,29	1,86	9,11		
Vezirköprü	5,87	0,38	2,23	11,05		
Bolu	9,59	0,48	3,01	15,37		
Ortalama	6,32	0,18	1,86	15,37		

Yapılan varyans analizi sonucunda, FTA bakımından populasyonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir (Tablo 50). Varyans analizi sonra populasyonların meydana getirdiği grupları belirlemek amacıyla Duncan testi ile yapılmış ve sonuçlar Şekil 48'de gösterilmiştir. Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında dört farklı grup oluşmuştur. En yüksek değere sahip Bolu populasyonu ilk grubu, Trabzon ve Torul populasyonları ikinci grubu, Alucra ve Vezirköprü populasyonları üçüncü grubu ve en düşük FTA değerine sahip Koyulhisar ve Mesudiye populasyonları son grubu meydana getirmişlerdir.



Şekil 48. Populasyonlara ait fidan taze ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu

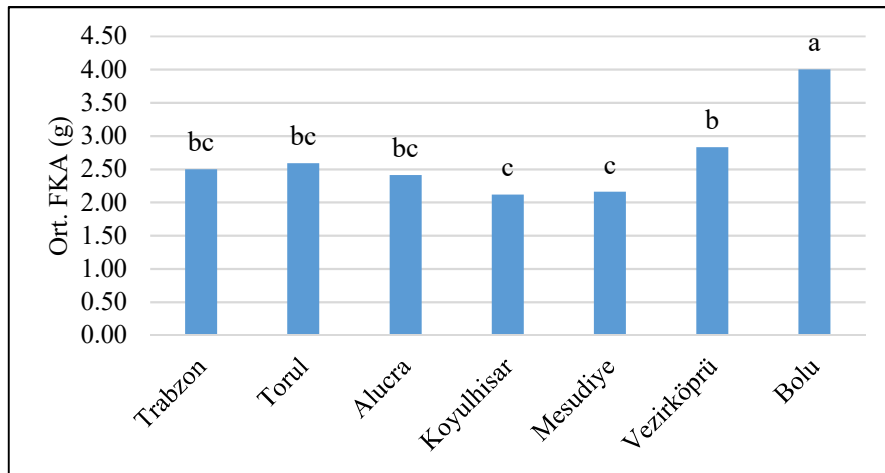
3.3.9. Fidan Kuru Ağırlığına (FKA) İlişkin Bulgular

Fidan kuru ağırlıklarına ilişkin populasyonlara ait ortalama, maksimum ve minimum değerler belirlenmiş ve populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 51’de gösterilmiştir.

Tablo 51. Populasyonlara ait fidan kuru ağırlığına ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. FKA (g)	Standart Hata	Min. FKA (g)	Mak. FKA (g)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	2,50	0,15	0,94	4,05	13,073	0,000
Torul	2,59	0,15	0,82	4,69		
Alucra	2,41	0,14	0,92	4,12		
Koyulhisar	2,12	0,19	0,88	3,64		
Mesudiye	2,16	0,12	0,87	3,81		
Vezirköprü	2,83	0,19	0,97	5,46		
Bolu	4,00	0,24	1,02	7,15		
Ortalama	2,70	0,07	0,82	7,15		

Tablo 51’de görüldüğü üzere, populasyonlar arasında en fazla ortalama FKA 4,00 g ile Bolu populasyonunda, en az ortalama FKA 2,12 g ile Koyulhisar populasyonunda tespit edilmiş ve tüm populasyonların ortalama FKA 2,70 g olarak belirlenmiştir. Maksimum FKA Bolu populasyonunda 7,15 g ve minimum FKA ise Torul populasyonunda 0,82 g olarak elde edilmiştir. Varyans analizi sonucunda, populasyonlara ait ortalama FKA arasındaki farkların istatistiksel olarak %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 50).



Şekil 49. Populasyonlara ait fidan kuru ağırlığına ilişkin Duncan testi sonucu

Varyans analizi ile populasyonlar arasında farkların anlamlılığı ortaya koyulduktan sonra populasyonların meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile belirlenmiş olup, sonuçlar Şekil 49’da gösterilmiştir. Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında dört farklı grup meydana gelmiştir. En fazla FKA değerine sahip Bolu populasyonu ilk grubu, Vezirköprü populasyonu ikinci grubu, Trabzon, Torul ve Alucra populasyonları üçüncü grubu ve en az FKA değerlerine sahip Koyulhisar ve Mesudiye populasyonları son grubu oluşturmuşlardır.

3.3.10. En Uzun Kök Boyuna (EUKB) İlişkin Bulgular

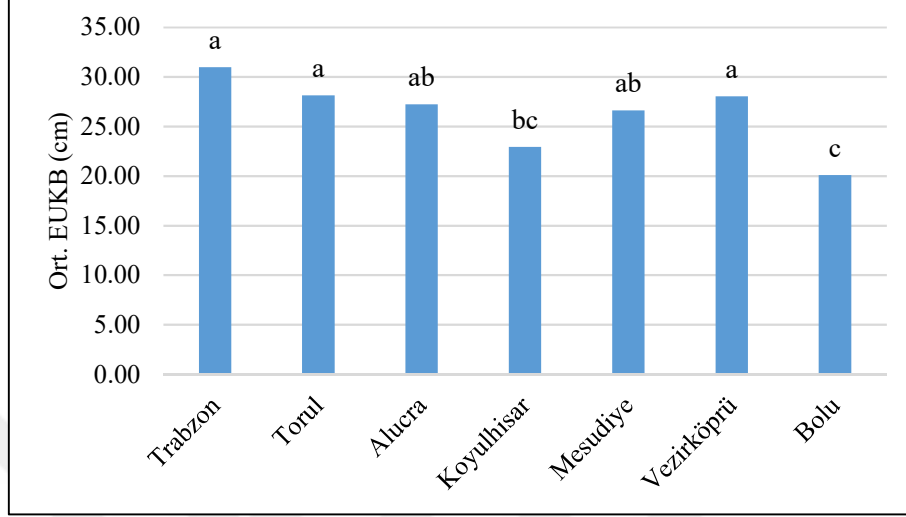
Populasyonlara ait en uzun kök boyuna ilişkin ortalama, maksimum ve minimum değerler ve EUKB bakımından populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 52’de gösterilmiştir. Buna göre populasyonlar arasında en yüksek EUKB 30,99 cm ile Trabzon populasyonunda, en düşük ortalama EUKB 20,09 cm ile Bolu populasyonunda elde edilmiş ve tüm populasyonların ortalama EUKB 26,53 cm olarak belirlenmiştir. Maksimum EUKB Vezirköprü populasyonunda 57,00 cm, minimum EUKB ise Bolu populasyonunda 4,30 cm’dir. Yapılan varyans analizi sonucunda, fidan boyları bakımından populasyonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ortaya koyulmuştur.

Tablo 52. Populasyonlara ait EUKB’ye ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. EUKB (cm)	Standart Hata	Min. EUKB (cm)	Mak. EUKB (cm)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	30,99	1,10	20,20	48,20	6,304	0,000
Torul	28,13	1,12	19,40	39,10		
Alucra	27,23	1,48	13,80	48,60		
Koyulhisar	22,92	1,69	12,70	35,60		
Mesudiye	26,61	1,30	16,30	42,20		
Vezirköprü	28,02	2,03	15,20	57,00		
Bolu	20,09	1,17	4,30	34,80		
Ortalama	26,53	0,59	4,30	57,00		

Yapılan varyans analizi sonucunda, EUKB bakımından populasyonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ortaya koyulmuştur (Tablo 52). Varyans analizi ile populasyonlar arasında anlamlı farklılıkların tespit edilmesinden sonra

populasyonların nasıl bir gruptandırma içerisinde oldukları Duncan testi ile belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 50’de gösterilmiştir.



Şekil 50. Populasyonlara ait EUKB’ye ilişkin Duncan testi sonucu

Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında dört farklı grup meydana gelmiştir. En yüksek değere sahip Trabzon, Torul ve Vezirköprü populasyonları ilk grubu, Alucra ve Mesudiye populasyonları ikinci grubu oluştururken, diğer populasyonlar ise tek başlarına grup meydana getirmişlerdir.

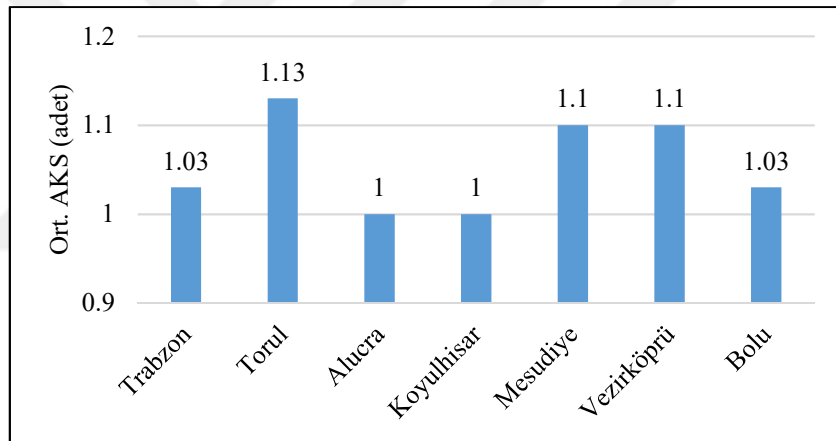
3.3.11. Ana Kök Sayısına (AKS) İlişkin Bulgular

Ana kök sayısına ilişkin populasyonlara ait ortalama, maksimum ve minimum değerler belirlenmiş ve populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 53’te gösterilmiştir. Buna göre populasyonlar arasında en fazla ortalama ana kök sayısı 1,13 adet ile Torul populasyonunda, en az ortalama ana kök sayısı 1 adet ile Alucra ve Koyulhisar populasyonlarında tespit edilmiş ve tüm populasyonların ortalama ana kök sayısı 1,06 adet olarak belirlenmiştir. Maksimum ana kök sayısı Torul, Mesudiye ve Vezirköprü populasyonlarında 3 adet, minimum yan dal sayısı ise Alucra ve Koyulhisar populasyonlarında 1 adet olarak elde edilmiştir.

Tablo 53. Populasyonlara ait AKS'ye ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. AKS (adet)	Standart Hata	Min. AKS (adet)	Mak. AKS (adet)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	1,03	0,03	1	2	0,872	0,516
Torul	1,13	0,07	1	3		
Alucra	1,00	0,00	1	1		
Koyulhisar	1,00	0,00	1	1		
Mesudiye	1,10	0,07	1	3		
Vezirköprü	1,10	0,07	1	3		
Bolu	1,03	0,03	1	2		
Ortalama	1,06	0,02	1	3		

Varyans analizi sonucunda önem düzeyinin 0,05'ten büyük çıktığı ve ana kök sayısı bakımından populasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 51. Populasyonlara ait AKS'ye ilişkin sonuçları gösteren histogram

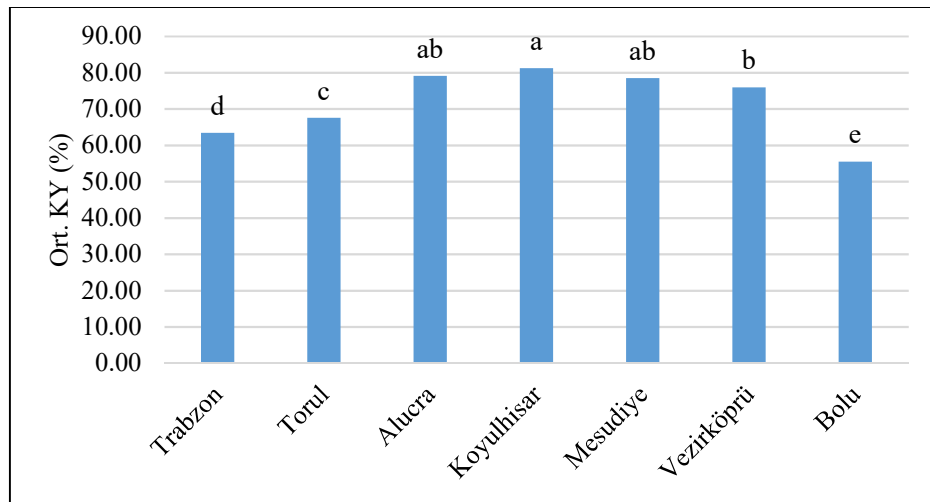
3.3.12. Kök Yüzdesine (KY) İlişkin Bulgular

Kök yüzdesine ilişkin populasyonlara ait ortalama, maksimum ve minimum değerler belirlenmiş ve populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 54'te gösterilmiştir. Populasyonlar arasında en fazla ortalama kök yüzdesi %81,21 ile Koyulhisar populasyonunda, en az ortalama kök yüzdesi ise %55,52 ile Bolu populasyonunda tespit edilmiş ve tüm populasyonların ortalama kök yüzdesi %70,92 olarak belirlenmiştir. Maksimum kök yüzdesi Alucra populasyonunda %90,18, minimum kök yüzdesi ise Bolu populasyonunda %26,38 olarak elde edilmiştir.

Tablo 54. Populasyonlara ait kök yüzdesine ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. KY (%)	Standart Hata	Min. KY (%)	Mak. KY (%)	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	63,40	1,53	40,43	76,98	48,901	0,000
Torul	67,56	1,21	49,73	79,61		
Alucra	79,09	1,20	62,97	90,18		
Koyulhisar	81,21	0,93	70,89	87,27		
Mesudiye	78,47	0,90	66,04	86,56		
Vezirköprü	75,96	1,22	58,23	85,08		
Bolu	55,52	1,87	26,38	69,93		
Ortalama	70,92	0,81	26,38	90,18		

Varyans analizi sonucunda, populasyonlara ait ortalama kök yüzdeleri arasında istatistiksel olarak %99 güven düzeyinde anlamlı farklılık ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 54). Varyans analizi ile populasyonlar arasında farkların anlamlılığı ortaya koyulduktan sonra populasyonların meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile belirlenmiş olup, sonuçlar Şekil 52’de gösterilmiştir. Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında altı farklı grup meydana gelmiştir. En fazla kök yüzdesi değerine sahip Koyulhisar populasyonu ilk grupta yer alırken, Alucra ve Mesudiye populasyonları ikinci grubu oluşturmuşlardır. Diğer populasyonlar ise tek başlarına grup meydana getirmiştir.



Şekil 52. Populasyonlara ait kök yüzdesine ilişkin Duncan testi sonucu

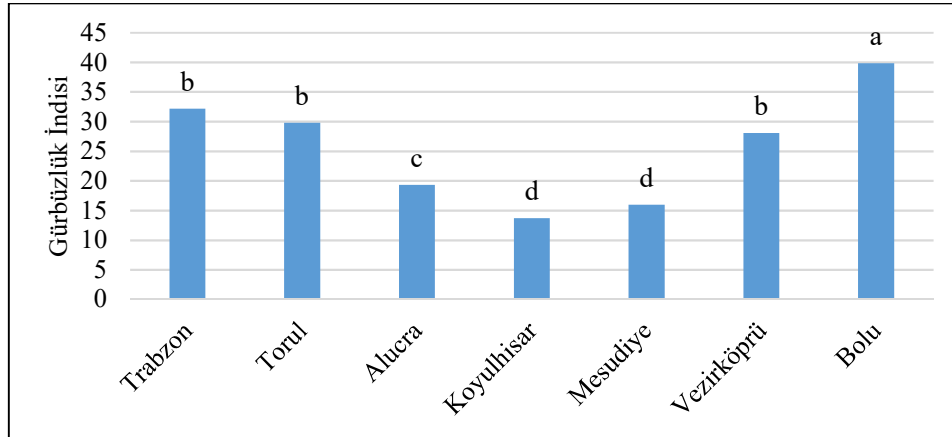
3.3.13. Gürbüzlük İndisine (Gİ) İlişkin Bulgular

Populasyonlara ait gürbüzlük indisine ilişkin ortalama, maksimum ve minimum değerler ile Gİ bakımından populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 55'te gösterilmiştir. Populasyonlar arasında en yüksek ortalama Gİ 39,82 ile Bolu populasyonunda, en düşük ortalama Gİ 13,72 ile Koyulhisar populasyonunda elde edilmiş ve tüm populasyonların ortalama Gİ 26,39 olarak belirlenmiştir. Maksimum Gİ Vezirköprü populasyonunda 72,86, minimum Gİ ise Koyulhisar populasyonunda 8,36'dır.

Tablo 55. Populasyonlara ait gürbüzlük indisine ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. Gİ	Standart Hata	Min. Gİ	Mak. Gİ	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	32,18	1,43	16,94	50,69	33,215	0,000
Torul	29,80	1,78	13,81	50,96		
Alucra	19,31	0,94	9,81	36,00		
Koyulhisar	13,72	1,10	8,36	27,67		
Mesudiye	15,96	0,82	8,75	30,93		
Vezirköprü	28,05	2,28	8,80	72,86		
Bolu	39,82	1,76	18,32	59,60		
Ortalama	26,39	0,85	8,36	72,86		

Yapılan varyans analizi sonucunda, Gİ bakımından populasyonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ortaya koyulmuştur (Tablo55). Varyans analizi ile populasyonlar arasında anlamlı farklılıkların tespit edilmesinden sonra populasyonların nasıl bir gruptandırma içerisinde oldukları Duncan testi ile belirlenmiştir.



Şekil 53. Populasyonlara ait gürbüzlük indisine ilişkin Duncan testi sonucu

Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında dört farklı grup meydana gelmiştir. En yüksek değere sahip Bolu populasyonu ilk grupta, Trabzon, Torul ve Vezirköprü populasyonları ikinci grupta, Alucra populasyonu üçüncü grupta ve en düşük değerlere sahip olan Koyulhisar ve Mesudiye populasyonları son grupta yer almışlardır (Şekil 53).

3.3.14. Katlılık İndisine (Kİ) İlişkin Bulgular

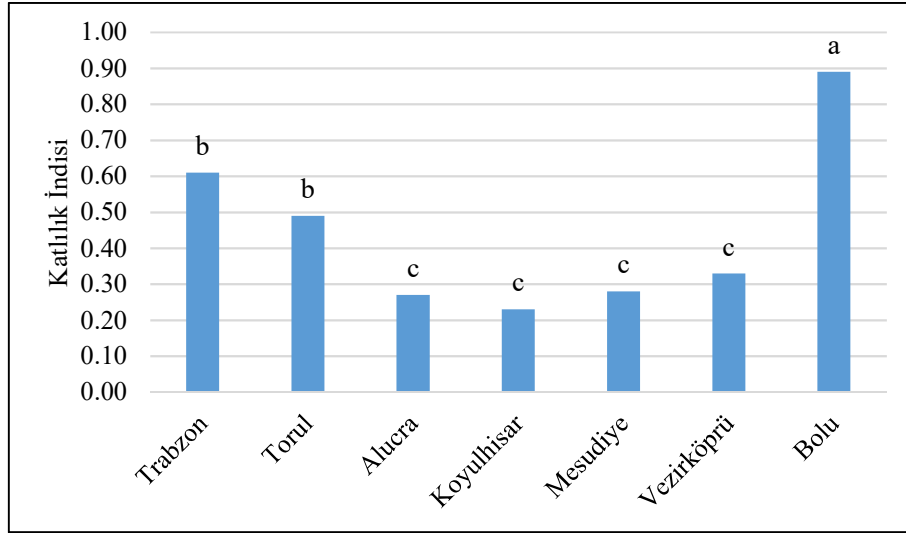
Katlılık indisine ilişkin populasyonlara ait ortalama, maksimum ve minimum değerler belirlenmiş ve populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 56’da gösterilmiştir.

Tablo 56. Populasyonlara ait katlılık indisine ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. Kİ	Standart Hata	Min. Kİ	Mak. Kİ	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	0,61	0,05	0,30	1,47	25,771	0,000
Torul	0,49	0,03	0,26	1,01		
Alucra	0,27	0,02	0,11	0,59		
Koyulhisar	0,23	0,02	0,15	0,41		
Mesudiye	0,28	0,01	0,16	0,51		
Vezirköprü	0,33	0,02	0,18	0,72		
Bolu	0,89	0,10	0,43	2,79		
Ortalama	0,46	0,02	0,11	2,79		

Tablo 56’da görüldüğü üzere, populasyonlar arasında en yüksek ortalama Kİ 0,89 ile Bolu populasyonunda, en düşük ortalama Kİ 0,23 ile Koyulhisar populasyonunda tespit edilmiş ve tüm populasyonların ortalama Kİ 0,46 olarak belirlenmiştir. Maksimum Kİ Bolu populasyonunda 2,79, minimum Kİ ise Alucra populasyonunda 0,11 olarak elde edilmiştir.

Varyans analizi sonucunda, katlılık indisi bakımından populasyonlar arasındaki farkların %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Varyans analizi ile populasyonlar arasında farkların anlamlılığı ortaya koyulduktan sonra populasyonların meydana getirdiği gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir. Buna göre Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında üç farklı grup oluşmuştur. En yüksek değere sahip Bolu populasyonu ilk grubu, Trabzon ve Torul populasyonları ikinci grubu ve en düşük değerlere sahip Alucra, Koyulhisar, Mesudiye ve Vezirköprü populasyonları ise üçüncü grubu meydana getirmişlerdir (Şekil 54).



Şekil 54. Populasyonlara ait katlılık indisine ilişkin Duncan testi sonucu

3.3.15. Dickson Kalite İndeksine (DKİ) İlişkin Bulgular

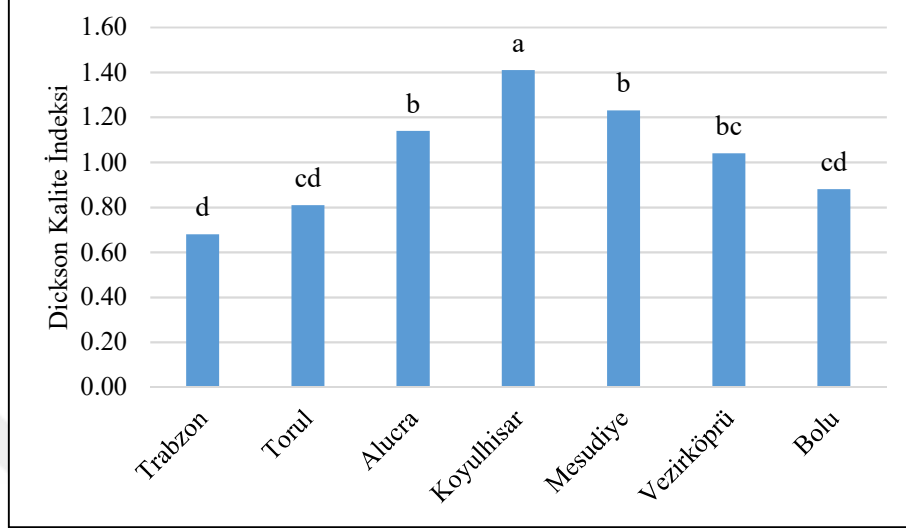
Populasyonlara ait Dickson kalite indeksine ilişkin ortalama, maksimum ve minimum değerler ile DKİ bakımından populasyonlar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 57’de gösterilmiştir.

Tablo 57. Populasyonlara ait Dickson kalite indeksine ilişkin sonuçlar

Populasyon	Ort. DKİ	Standart Hata	Min. DKİ	Mak. DKİ	F değeri	Önem Düzeyi (p)
Trabzon	0,68	0,04	0,18	1,03	7,999	0,000
Torul	0,81	0,06	0,27	2,19		
Alucra	1,14	0,07	0,53	2,06		
Koyulhisar	1,41	0,15	0,55	2,54		
Mesudiye	1,23	0,09	0,37	2,65		
Vezirköprü	1,04	0,10	0,23	2,58		
Bolu	0,88	0,07	0,12	2,38		
Ortalama	1,00	0,03	0,12	2,65		

Populasyonlar arasında en yüksek ortalama DKİ 1,41 ile Koyulhisar populasyonunda, en düşük ortalama DKİ 0,68 ile Trabzon populasyonunda elde edilmiş ve tüm populasyonların ortalama DKİ 1,00 olarak belirlenmiştir. Maksimum DKİ Mesudiye populasyonunda 2,65, minimum DKİ ise Bolu populasyonunda 0,12 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda, DKİ bakımından populasyonlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ortaya koyulmuştur (Tablo 57).

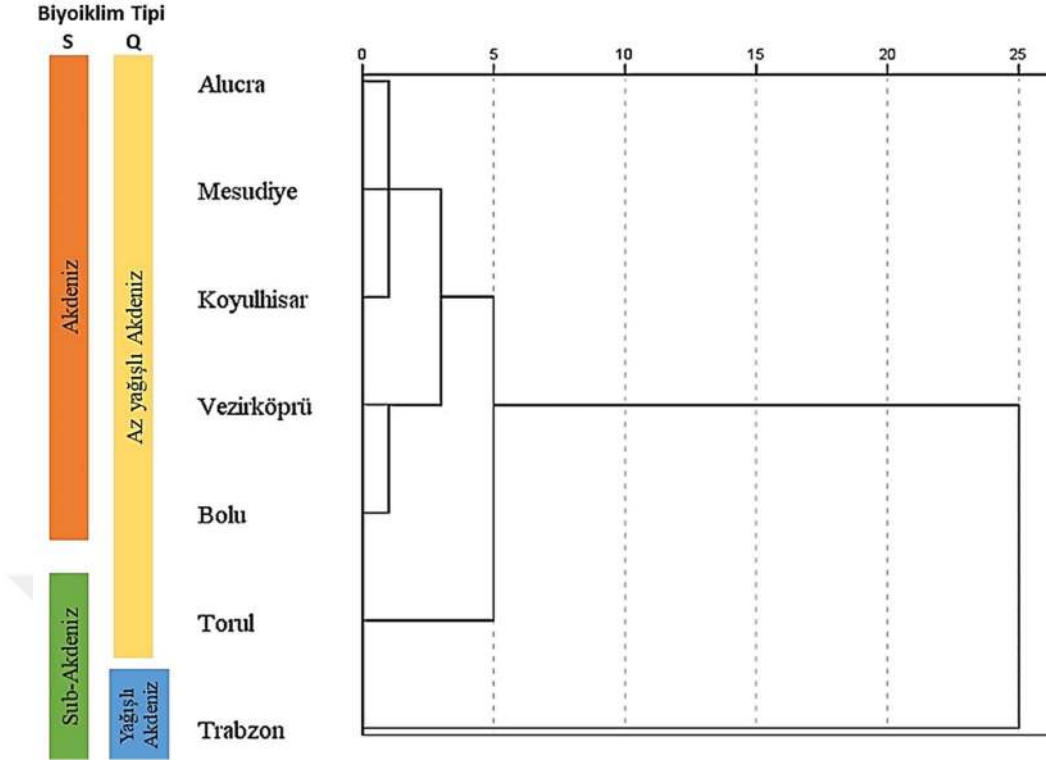


Şekil 55. Populasyonlara ait Dickson kalite indeksine ilişkin Duncan testi sonucu

Varyans analizi ile populasyonlar arasında anlamlı farklılıkların tespit edilmesinden sonra populasyonların nasıl bir gruptandırma içerisinde oldukları Duncan testi ile belirlenmiştir. Duncan testi sonucunda populasyonlar arasında beş farklı grup meydana gelmiştir. En yüksek değere sahip Koyulhisar populasyonu ilk grupta, Alucra ve Mesudiye populasyonları ikinci grupta, Vezirköprü populasyonu üçüncü grupta, Torul ve Bolu populasyonları dördüncü grupta ve en düşük değere sahip olan Trabzon populasyonu son grupta yer almışlardır (Şekil 55).

3.4. Kümeleme ve Ayırma Analizi Sonuçlarına İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında ölçülen morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklere ait sonuçlar ile populasyonların uzun dönem iklim verileri birlikte değerlendirilerek, populasyonlar arasında meydana gelen gruplar hiyerarşik kümeleme analizi ile belirlenmiştir. Bu gruptandırmaların anlamlılığı ise ayırma analizi ile test edilmiştir. Kümeleme analizi ile meydana gelen gruptandırmalar Şekil 56'da gösterilmiştir.

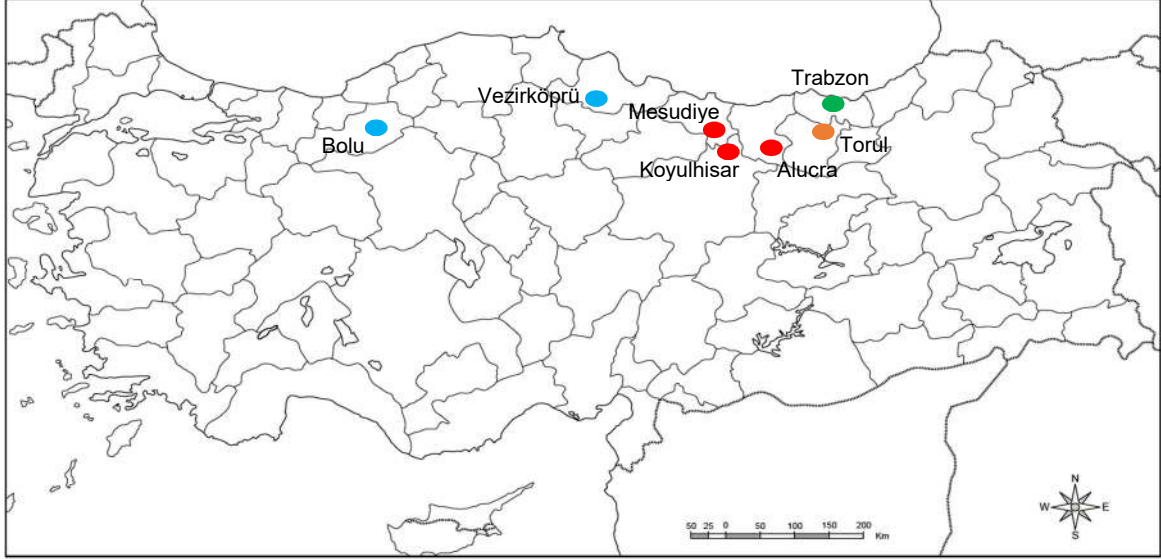


Şekil 56. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda populasyonların ölçülen morfolojik özelliklere göre meydana getirdiği gruplar

Hiyerarşik kümeleme analizi ile populasyonlar arasında meydana gelen grupların, ayırma analizi sonucunda iki gruba ayırım için önem düzeyi 0,05'ten küçük çıkmış olup ikiden fazla gruplandırma anlamsız bulunmuştur. Buna göre Emberger'in yağış-sıcaklık katsayısına (Q) göre az yağışlı Akdeniz Biyoiklim katında yer alan Alucra, Mesudiye, Koyulhisar, Vezirköprü, Bolu ve Torul populasyonları ilk grubu oluştururken, yağışlı Akdeniz Biyoiklim katında yer alan Trabzon populasyonu ise tek başına ikinci grupta yer almıştır.

Ölçülen tüm özellikler ve iklim verilerine bağlı olarak yapılan kümeleme analizi ile oluşan gruplardan 2 gruba ayırımın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlense de oluşabilecek diğer gruplar Şekil 57'de gösterilmiştir. Buna göre yaz kuraklığı indeks değerine (S) ve yağış-sıcaklık katsayısına (Q) göre (Tablo 4) düşük değerlere sahip Alucra, Mesudiye ve Koyulhisar populasyonları ilk grupta yer alırken, bir diğer grubu Bolu ve Vezirköprü populasyonları oluşturmuştur. Diğer populasyonlara göre daha yüksek S ve Q değerlerine sahip Torul ve Trabzon populasyonları ise tek başlarına grup meydana getirmişlerdir. Nitekim populasyonların iklim özellikleri ve dolayısıyla yetiştirme ortamlarına uyumlarının, morfolojik özellikler ile kuraklık stresine karşı vermiş oldukları fizyolojik ve

biyokimyasal tepkiler üzerinde de oldukça etkili olduğu meydana gelen gruplandırmalardan görülebilmektedir.

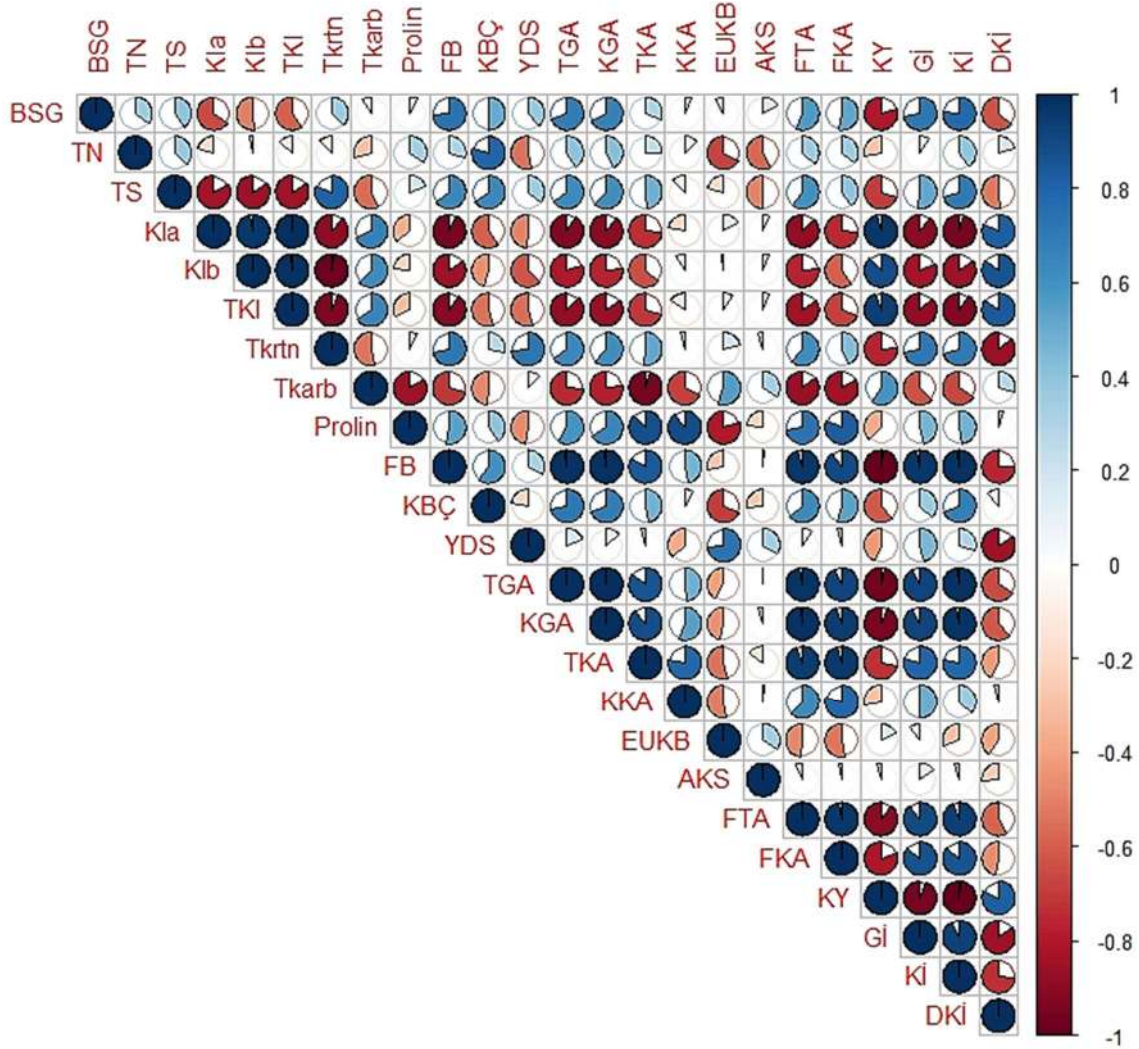


Şekil 57. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda populasyonlar arasında elde edilen grupların harita üzerindeki dağılımı

3.5. Korelasyon Analizine İlişkin Bulgular

Fidanların morfolojik özellikleri ile kuraklık stresine maruz fidanların fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri arasındaki ilişki yönü ve kuvvetini ortaya koymak için yapılan korelasyon analizi sonuçları Şekil 58’de gösterilmiştir. Korelasyon analizi ile ölçülen parametreler arasındaki ilişki yönü ve gücü, renk skalası ve pasta dilimi şeklinde grafiksel olarak sunulmuştur. Analiz sonuçlarına bakıldığında BSG değerinin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları ile negatif yönde, toplam karotenoid miktarı ile ise pozitif yönde korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Yine BSG miktarı ile fidanların kök yüzdesi ve Dickson kalite indeksi değerleri arasında negatif yönde güçlü korelasyon bulunduğu, gürbüzlük indisi, katlılık indisi ve diğer birçok morfolojik özellikler ile pozitif yönde ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Kuraklık stresinin önemli göstergelerinden biri olan toplam karbonhidrat miktarının morfolojik özellikler ile ilişkisine bakıldığında, fidanların kök yüzdesi ve Dickson kalite indeksi değerleri pozitif yönde korelasyona, diğer birçok morfolojik özelliklerle ise negatif yönde korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ölçülen birçok parametrenin birbirleri ile gerek negatif gerekse pozitif yönde güçlü korelasyonlar gösterdiği ortaya koyulmuştur (Şekil 58). Nitekim

korelasyon analizi sonucunda fidanların kuraklık stresine karşı vermiş oldukları fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler ile morfolojik özellikleri arasında güçlü ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 58. Morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklere ilişkin korelasyon analizi sonucu

Populasyonların uzun dönem iklim verileri ile ölçülen morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile ortaya koyulmuştur (Tablo 58). Korelasyon analizi sonucunda iklim verileri ile ölçülen birçok özellikler arasında hem negatif hemde pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Emberger'in iklim sınıflamasında kullanılan önemli parametrelerden olan yaz kuraklığı indeks değerinin (S) BSG, toplam karotenoid, fidan boyu, EUKB, gürbüzlük indisi ve katlılık indisi değerleri ile pozitif korelasyon gösterdiği, toprak nemi, klorofil a, klorofil b,

toplam klorofil, prolin, kuru kök ağırlığı, kök yüzdesi ve Dickson kalite indeksi değerleri ile negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Yağış-sıcaklık katsayısıda (Q) yaz kuraklığı indeks değerine benzer şekilde, BSG, toplam karotenoid ve EUKB değerleri ile pozitif korelasyon, prolin, kuru kök ağırlığı, kök yüzdesi ve Dickson kalite indeksi değerleri ile negatif korelasyon göstermiştir.

Tablo 58. İklim verileri ve ölçülen parametrelere ilişkin korelasyon analizi sonucu

	P	M	m	PE	ME	S	Q
BSG	0,318	-0,010	0,657**	0,662**	0,472*	0,475*	0,594**
TN	-0,180	0,587**	0,381*	-0,201	0,590**	-0,405*	0,010
TS	0,408*	0,331	0,144	0,445**	0,216	0,351	0,302
Kla	-0,283	0,018	-0,222	-0,628**	-0,178	-0,538**	-0,325
Klb	-0,417*	0,069	-0,129	-0,686**	-0,015	-0,644**	-0,371
TKl	-0,338	0,038	-0,187	-0,656**	-0,114	-0,585**	-0,346
Tkrtn	0,528**	-0,109	0,064	0,720**	-0,119	0,718**	0,415*
Tkarb	0,382*	-0,247	0,081	0,055	-0,253	0,141	0,334
Prolin	-0,764**	0,298	-0,062	-0,383*	0,468*	-0,506**	-0,589**
FB	0,062	0,002	0,347	0,530**	0,338	0,388*	0,249
KBÇ	-0,070	0,184	0,056	0,013	0,274	-0,070	-0,054
YDS	0,325	-0,235*	0,187	0,145	-0,295	0,247	0,178
TGA	-0,035	0,005	0,265	0,409*	0,322	0,281	0,134
KGA	-0,101	0,061	0,280	0,360	0,381*	0,215	0,091
TKA	-0,397*	0,154	0,069	0,070	0,359	-0,051	-0,240
KKA	-0,760**	0,130	0,088	-0,280	0,413*	-0,406*	-0,465*
EUKB	0,727**	-0,375	0,154	0,601**	-0,454*	0,697**	0,644**
AKS	0,014	-0,094	-0,272	0,221	0,236	0,240	0,024
FTA	-0,185	0,066	0,194	0,285	0,349	0,155	-0,015
FKA	-0,366	0,094	0,240	0,158	0,439*	0,002	-0,112
KY	-0,229	0,046	-0,371	-0,646**	-0,281	-0,518**	-0,381*
Gİ	0,101	-0,086	0,389*	0,624**	0,300	0,488**	0,318
Kİ	0,122	0,042	0,370	0,540**	0,356	0,392*	0,294
DKİ	-0,575**	0,285	-0,358	-0,918**	0,033	-0,870**	-0,649**

* %95, ** %99 güven düzeyi ile karakterler arasında korelasyon anlamlı

S katsayısının düşük olması yaz kuraklığının şiddetini, yüksek olması ise yaz kuraklığının zayıflığını ifade etmektedir. Q katsayısının düşük olması iklimin kurak, yüksek olması ise nemli olduğunu göstermektedir. Niketim korelasyon analizi sonucunda yaz kuraklık değeri (S) ve yağış-sıcaklık katsayısının (Q) artmasıyla, BSG değerleri artmaktadır. Çünkü yaz kuraklığı şiddetli ve yağış-sıcaklık katsayısı düşük olan populasyonlar (S ve Q değerleri düşük) yetiştirme ortamlarına uyumları neticesinde kuraklık stresi uygulamasında daha az su kaybederek daha düşük BSG değerlerine sahip olmuşlardır. Buradan da yetiştirme ortamına adaptasyonun bir sonucu olarak, S ve Q değerleri azaldıkça, diğer bir değişle yaz kuraklığı artıp, nem değeri düştükçe BSG değerlerinde azaldığı anlaşılmaktadır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Su eksikliği veya yetersizliği durumunda ortaya çıkan kuraklık stresi bitkilerin bazı morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler özelliklerinin değişimine neden olmaktadır. Çalışma kapsamında, düzenli olarak sulanan (kontrol) ve kuraklık stresine maruz bırakılan sapsız meşe fidanlarının bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri tespit edilerek, hem türün kuraklığa karşı vermiş olduğu tepkiler hem de populasyonlara bağlı olarak kuraklığa verilen tepkilerin değişimi ortaya koyulmuştur. Bu bağlamda sapsız meşe fidanlarında şafak öncesi bitki su gerilimi, toprak sıcaklığı ve nemi, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam karotenoid, toplam çözünebilir karbonhidrat ve prolin miktarları belirlenmiştir. Ayrıca bir yaşındaki sapsız meşe fidanlarında birçok morfolojik özellikler ölçülerek, populasyonların kuraklık stresine karşı vermiş olduğu tepkiler ile morfolojik özellikler arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir.

4.1. Şafak Öncesi Bitki Su Gerilimi, Toprak Nemi ve Toprak Sıcaklığına İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Bitkinin veya bitki hücresinin su miktarı başlıca transpirasyon ve su absorpsiyon hızları ile kontrol edilmektedir (Bozcuk 1997). Bu nedenle bitki su gerilimi, fidanın suyu alma yeteneğine, toprak nem içeriğine, atmosferik buharlaşmaya (sıcaklık, nem vb.) ve stomaların kapanarak nem kaybını kontrol edebilme yeteneğine bağlıdır (McDonald, 1984; Kacar 2009). Bitkiler kökleri vasıtasıyla topraktan suyu almakta ve toprak üstü organlarıyla da suyu yitirmektedirler (Kozlowski vd. 1991). Gün içinde stomalar açıkken çevrede oluşan düşük nem içeriği yapraklardan nemin çekilmesine neden olur. Transpirasyon ile su absorpsiyonu arasında yaratılan bu dengesizlik bitki su geriliminin artmasına neden olur (Ritchie ve Landis, 2005). Bitki su geriliminin en düşük değerleri şafak öncesinde aldığı bilinmektedir (Cleary ve Zaerr, 1984). Yapılan birçok çalışmada bitki gelişimi için ideal BSG değerlerinin 5-12 bar arasında olması gerektiği ve BSG değerinin 12 barı geçmesi durumunda bitkinin sulanmaya ihtiyaç duyduğu belirtilmektedir (McDonald, 1984; Lopushinsky, 1990). Landis vd.'ne atfen Ritchie ve Landis (2005), bitki su gerilimini 0 bar düşük seviye, 10 bar orta seviye ve 25 bar yüksek seviye olarak sınıflandırmıştır. Konifer fidanlarında şafak öncesi bitki su gerilimi değerlerine bağlı olarak stres seviyeleri ve fidanların fizyolojik değişimleri ortaya koyulduğu bir çalışmada, BSG değeri 0-5 bar hafif, 5-10 bar orta, 10-15 bar yüksek,

15-25 bar şiddetli ve >25 bar ise aşırı stres seviyesi olarak tanımlanmıştır (Landis vd., 1989'e atfen Yahyaoğlu ve Genç, 2007).

Kuraklık grubunda yer alan populasyonlara ait fidanların ortalama BSG miktarları hem kuraklık stresi denemesi süresince hem de populasyonlar arasında önemli değişimler göstermiştir. Kuraklık stresi denemesi başında en düşük ortalama BSG miktarı Torul populasyonunda 2,12 bar olarak elde edilirken, kuraklık stresli fidanlarda denemenin 55. gününde en yüksek ortalama BSG miktarı Trabzon populasyonunda 21,33 bar olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda yer alan populasyonlara ait fidanlarda ise ortalama BSG miktarı 1,48 bar (Vezirköprü populasyonu 15.gün ölçümü) ile 5,98 bar (Bolu populasyonu 25.gün ölçümü) arasında değişim göstermiştir. Ayrıca BSG miktarlarının kontrol ve kuraklık gruplarında 10. ölçüm güne kadar birbirine yakın değerler aldığı, 15. ölçüm gününden itibaren kuraklık grubunda BSG miktarının artması ile aradaki farkın zamana bağlı arttığı belirlenmiştir. Varyans analizi sonucunda da ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması ve populasyonların BSG miktarları üzerine istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Yine zaman $\times$ stres, zaman $\times$ populasyon, stres $\times$ populasyon ve zaman $\times$ stres $\times$ populasyon etkileşimlerine bağlı olarak da BSG miktarları arasında %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların olduğu ortaya konulmuştur.

Deligöz ve Bayar (2017) tarafından yapılan çalışmada kuraklık stresine maruz *Quercus cerris* fidanlarının fizyolojik değişimleri incelenmiş ve kuraklık stresi denemesi süresinde (0, 7, 14, 21 ve 30. günlerde) ksilem su potansiyeli değerleri 08.00 ile 08.30 saatleri arasında ölçülmüştür. Araştırma sonucunda kuraklık stresi denemesinin başında -0.84 MPa olan ksilem su potansiyeli değerinin kuraklık stresli fidanlarda denemenin 30. gününde -1.73 MPa'ya kadar düştüğü, kontrol fidanlarında ise bitki su potansiyellerinin -0.56 MPa ile -1.01 MPa arasında değerler aldığı tespit edilmiştir. Thomas ve Gausling (2000) *Quercus petraea* ve *Quercus robur* fidanlarında orta şiddette kuraklık stresinin morfolojik ve fizyolojik özellikler üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada, kuraklık stresli fidanların şafak öncesi yaprak su potansiyellerinin kontrol fidanlarına kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğunu belirtmiştir. *Quercus variabilis* türünde yapılan bir çalışmada, kuraklık stresinin artmasına bağlı olarak yaprak su potansiyeli değerlerinin azaldığı bildirilmiştir (Wu vd., 2013). Balok ve Hilaire (2002) *Quercus lobata* Née ve *Fraxinus velutina* Torr türlerinde yaptıkları çalışmada, kuraklık stresi uygulanan fidanların gün ortası su potansiyeli değerlerinin kontrol fidanlarına nazaran daha çok negatif değere sahip olduğu belirtilmiştir. *Quercus cerris* ve *Quercus robur* fidanlarının kuraklık stresi tepkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, en düşük

şafak öncesi ksilem su potansiyeli *Q. cerris* türünde -2,28 MPa ve *Q. robur* türünde ise -3,373 MPa olarak belirlenmiştir (Deligöz ve Bayar, 2018). *Acacia ehrenbergiana* Hayne ve *Acacia tortilis* (Forssk.) Haynes subsp. *raddiana* fidanlarında gerçekleştirilen araştırmada, su stresinin yaprak su potansiyeli, sürgün boy ve çap değerlerini azalttığı tespit edilmiştir (Atta et al., 2012). Yapılan araştırmalar irdelendiğinde çalışmamızda da benzer sonuçlar elde edildiği, kuraklık stresi süresince ksilem su potansiyellerinin önemli oranda düştüğü ya da diğer bir değişle bitki su gerilimlerinin yükseldiği ortaya koyulmuştur.

Bitki su gerilim değerleri yetiştirme ortamı koşullarına ve bitki türlerine göre değişebilmektedir. Nitekim yapılan çalışmada BSG değerleri bakımından populasyonlar arasında önemli farklılıklar meydana gelmiştir. Ölçüm zamanlarının ortalaması alınarak elde edilen BSG sonuçlarına göre kontrol grubunda en düşük ortalama BSG miktarı 1,97 bar ile Alucra populasyonunda, en yüksek ortalama BSG miktarı ise 4,73 bar ile Bolu populasyonunda elde edilmiştir. Kuraklık grubunda da en düşük ortalama BSG miktarı 4,39 bar ile Alucra populasyonunda, en yüksek ortalama BSG miktarı ise 9,02 bar ile Trabzon populasyonunda belirlenmiştir. Ayrıca maksimum BSG miktarı 55. ölçüm gününde Torul populasyonunda 29,00 bar, Trabzon populasyonunda 26,00 bar ve Vezirköprü populasyonunda 24 bar olarak tespit edilmiştir. Kulaç (2010) 10 farklı tohum meşçeresine ait tohumlardan yetiştirdiği sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) fidanlarında kuraklık stresinin bazı morfolojik ve fizyolojik karakterler üzerindeki etkisini ortaya koymuş ve çalışma sonucunda orjinlere ait BSG değerlerinin önemli farklılıklar gösterdiğini belirtmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada farklı yükseltilerden elde edilen ve sera ortamında yetiştirilen kavaklar su stresine tabi tutulmuş ve su stresine karşı yükseltini etkisi araştırılmıştır. Yüksek bölgelerde bulunan kavakların, düşük rakımdakilere göre daha dayanıklı oldukları belirlenmiştir (Yin vd., 2009). Aranda vd. (2005) *Fagus sylvatica* L. ve *Quercus petraea* Matt. türlerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, gerek şafak öncesi gerekse gün ortası yapraklarda yapılan ölçümlerde şafak öncesi su potansiyeli değerlerinin temmuz ayı sonuna kadar yüksek olduğu, ağustos ayının başından itibaren azalmaya başlayan bitki su potansiyeli değerlerinin asgari değerlere eylül ortasında ulaştığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada, Lübnan meşesi (*Q. libani* Olivier) ve Macar meşesi'ne (*Q. frainetto* Ten.) ait 1+0 yaşlı fidanlar ağustos ayında kök boğazından kesilerek bitki su potansiyeli değerleri ortaya koyulmuştur. Çalışma sonucunda Lübnan meşesinin stomalarını, Macar meşesine oranla daha erken ve daha yüksek su potansiyeli düzeyinde kapadığı, Lübnan meşesinin transpirasyonla su kaybına daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir (Çalıkoglu ve Tilki 2004). *Fraxinus excelsior* türünde yapılan çalışmada (Stöhr

ve L6sch 2004), kurak koşullar altında b6t6n fidanlarda g6vde su basıncı (hidrolik) iletiminin azaldığını, kuraklık stresi kesildikten sonra stomal ge6irgenlikteki azalmanın devam ettiği belirlenmiştir. Çalıkoğlu ve Tilki (2002) orman ağacı tohumlarında çimlenme ile su stresi ilişkisini araştırdığı çalışmasında, su stresine karşı ağaç t6rlerinin g6stermiş olduğu tutumların farklı olduğu belirtilmiştir. Farklı ağaç t6rleri ile yapılan çalışmalar sonucu yağışlı b6lgeleri temsil eden t6r veya orijinlere ait tohumların su stresine karşı daha az dayanıklı oldukları tespit edilmiştir. Kızılamın farklı biyoiklim kuşaklarını temsilen 7 farklı orijine ait 2+0 yaşlı fidanlar 6zerinde yapılan bir çalışmada, kurak d6nemdeki su potansiyelleri, basınç- hacim eğrisi y6ntemi ile analiz edilmiştir. Çalışma sonunda fizyolojik parametrelerden orijinlerin solma noktasındaki ozmotik potansiyel değerleri ile doğal ortamlarının iklim 6zellikleri arasında anlamlı ilişkiler olduğu ortaya koyulmuş ve kuvvetli yaz kuraklığı yaşanan doğal yayılış alanlarından gelen orijinlerin ozmotik potansiyel değerleri en d6ř6k çıkarak, kuraklık etkilerine karşı oransal olarak en dirençli orijinler olduğu belirlenmiştir (Dirik 2000).

BSG değerleri 10 barın altında olduğunda fidanın 6z6mleme için yeterli suyu alabildiği, terlemeyi yapabildiği ve metabolizma faaliyetlerini yerine getirebildiği, ancak BSG değeri 20'den y6ksek ise fidanların metabolik faaliyetlerini yerine getirmede g6l6k çektiği ya da yerine getiremediğini belirtmektedir (Cleary ve Greaves, 1979'a atfen Yahyaoğlu ve Genç, 2007). 6zellikle şafak 6ncesi 20 bar değerindeki BSG bitkiler için tehlikeli olabilecek bir değerdir. Su potansiyelinin aşırı azalması, çoğu zaman toprak su stresinin aşama aşama artmasının bir sonucudur ve şafak 6ncesi su potansiyelinin -20 bar olması neticesinde fidan 6l6mleri gerçekleşmeyebilir fakat g6n içerisinde normal stoma açılışı engellenir, fotosentez hızı yavaşlar ve fidan gelişimi durabilir (Lopushinsky, 1990). Yapılan alışma da 6zellikle Trabzon, Torul ve Vezirk6pr6 populasyonlarında kuraklık stres denemesinin 45. g6n6nden itibaren ortalama bitki su gerilim değerlerinin 10 bar'ın 6st6ne çıktığı ve bazı fidanların yapraklarında sararma ve kurumaların başladığı, 55. g6nde ise BSG değerlerinin 20 bar'ın 6zerine çıktığı ve fidanların birçoğunda kurumaların gerçekleştiği tespit edilmiştir. Alucra, Koyulhisar ve Mesudiye populasyonların ise kuraklık stresinin 55. g6n6nde de ortalama BSG değerleri 10 bar'ın altında kaldığı ve kuraklık toleranslarının y6ksek olduğu ortaya koyulmuştur. Bolu populasyonunda ise kuraklık stresi denemesinin 25. g6n6nden itibaren ortalama BSG değeri 8 bar ve 6st6nde olduğu belirlenmiş olup, diğer populasyonlara kıyasla su eksikliğinden hızlı bir şekilde etkilenmiş ve 45. g6nden itibaren fidanların birçoğunda kurumalar gerçekleşmiştir.

Kuraklık stresi denemesinde fidanlarda kurumalar 45. günde başladığından dolayı, kuraklık stresine maruz fidanların bir grubuna 45. günde yeniden bir sulama yapılarak ve bir hafta boyunca su verilerek (rewatering) populasyonların BSG miktarlarındaki değişim ortaya koyulmuştur. Buna göre kuraklık grubunun 45. gün ölçümüne ait populasyonların BSG ortalaması 11,22 bar iken, yeniden sulama sonrası populasyonların ortalama BSG miktarı 3,42 bar değeri almıştır. Kuraklık grubunda 45. gün ölçümünde en yüksek BSG miktarı 16,61 bar ile Trabzon populasyonuna ait fidanlarda elde edilmiş ve yeniden sulama sonrası BSG miktarı 3,67 bar'a kadar düşüş göstermiştir. Kuraklık grubunun ikinci en yüksek değere sahip Vezirköprü populasyonuna ait BSG miktarı ise yeniden sulama sonrası 13,28 bar değerinden 1,85 bar değerine kadar düşmüştür.

Çalışma kapsamında şafak öncesi bitki su gerilim değerleri ölçümü yapılırken, fidanların o andaki toprak nem ve sıcaklık değerlerinde belirlenmiştir. Kuraklık stresi uygulaması boyunca kontrol grubunda toprak nem değerleri 8, 62 ile 10,0 arasında değişim göstermiştir. Kuraklık grubunda ise 5. gün ölçümünde en yüksek ortalama toprak nemi 9,25 iken, 55. gün ölçümlerinde en düşük ortalama toprak nemi 1,10 olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubuna ait toprak nemleri düzenli sulama neticesinde genel itibariyle birbirine yakın değerler almış, kuraklık grubuna ait toprak nemleri ise kuraklık stresi süresinin artmasına bağlı olarak sürekli olarak azalmıştır. Toprak nem içeriğine bağlı olarak yapılan varyans analizi sonucunda ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması, populasyonlar bunların etkileşimleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu ortaya koyulmuştur.

Serrano vd. (2005) *Quercus ilex* ve *Phillyrea latifolia* türlerinde yaptığı çalışmasında, sürgün su ilişkilerindeki mevsimsel değişime bağlı olarak toprak nem içeriği ve şafak öncesi bitki su potansiyeli arasındaki yakın ilişkiler tespit etmiştir. Toprak su içeriğindeki değişimin, şafak öncesi ve gün ortası bitki su potansiyeli değerlerinde önemli farklılaşmalara neden olduğunu ve toprak su içeriği arttıkça bitki su potansiyelinin de yükseldiğini bildirmiştir. Knops ve Koenig (2001) tarafından yapılan başka bir çalışmada, *Quercus lobata*, *Q. douglasii* ve *Q. agrifolia* türlerinde altı yıl süreyle yaz mevsimi sonunda şafak öncesi, gündüz ve gece ksilem su potansiyellerini belirlemiştir. Çalışma sonucunda şafak öncesi ksilem su potansiyeli ölçümlerinin, gerek bireysel gerekse tür düzeyinde, herhangi bir ölçüm yapmadan toprak nemi kullanımı hakkında sağlıklı tahminlerde bulunmak için iyi bir gösterge olduğu belirtilmiştir. Deligöz ve Bayar (2018) *Quercus cerris* ve *Quercus robur* fidanlarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, kuraklık stresi uygulaması sonrası en düşük

toprak nem içeriğini *Q. cerris* türünde %13,9 ve *Q. robur* türünde ise %12,4 olarak tespit etmiştir. Ayrıca şafak öncesi su potansiyeli ile toprak nem içeriği arasında güçlü pozitif korelasyonun olduğunu bildirmişlerdir.

Toprak sıcaklığına ilişkin yapılan varyans analizi sonucunda ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması, populasyonlar ve bunların etkileşimlerinin toprak sıcaklıkları üzerine istatistiksel olarak anlamlı ($p>0,05$) etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Kuraklık denemesi kontrollü sera koşullarında gerçekleştirildiğinden dolayı genel olarak tüm toprak sıcaklık değerlerinin birbirlerine yakın değerler aldığı tespit edilmiştir. Böylece çalışmada amaçlandığı gibi kuraklık stresi denemesi süresince toprak sıcaklığı ve ortam sıcaklığı bakımından kontrol ve kuraklık grubunda mümkün olduğunca sabit ve eşit koşullar sağlanarak sadece su eksikliğinin fidanlar üzerindeki etkileri ortaya koyulmuştur.

4.2. Fotosentetik Pigment Analizi, Toplam Çözünbilir Karbonhidrat ve Prolin İçeriğine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Bitkilerin gelişim dönemlerine bağlı olarak fotosentetik pigmentler yıl içerisinde değişim göstermektedir. Pigment konsantrasyonlarındaki değişimler büyüme dönemindeki iklimik ve fizyonomik değişimlerle ilişkilidir. Topraktaki suyun miktarı, ışık miktarındaki değişimler pigmentlerin sentezi üzerinde oldukça etkilidir (Matysiak, 2001). Çünkü klorofil pigmentleri, çeşitli çevresel etkilere karşı oldukça hassastır (Lepeduš vd., 2003). Karotenoidlerin fotosentetik membranları ışığın meydana getireceği hasardan koruduğu ve fotosentetik ışığın yakalanmasında fonksiyon gördüğü bilinmektedir (Eskling vd., 1997; Havaux, 1998).

Kuzey Anadolu sapsız meşesi'nde gerçekleştirilen bu çalışmada, kontrol grubunda ölçüm zamanlarına bağlı olarak klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarının genellikle dalgalı bir seyir izlediği tespit edilmiştir. Ayrıca 25. ölçüm gününden itibaren kuraklık grubuna ait klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarının kontrol grubuna kıyasla daha düşük değerler aldığı belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda da ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması, populasyonlar ve bunların etkileşimlerinin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları üzerine istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Ayrıca Duncan testi sonucunda da hem kontrol hem de kuraklık grubunda en yüksek klorofil miktarlarına sahip olan Mesudiye, Koyulhisar ve Vezirköprü populasyonları aynı grupta yer almıştır. Kuraklık stresi uygulamasından en hızlı

şekilde etkilenen ve 55. ölçüm gününde fidanlarının tamamı kuruyan Bolu populasyonun ise en düşük klorofil miktarlarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Toplam karotenoid miktarlarına ilişkin sonuçlara bakıldığında ise 25. ölçüm gününden itibaren kuraklık grubuna ait toplam karotenoid miktarlarının kontrol grubuna kıyasla daha yüksek değerler aldığı tespit edilmiştir. Toplam karotenoid miktarları bakımından en düşük değerlere Koyulhisar, Mesudiye ve Vezirköprü populasyonları sahip olmuştur. Yapılan çalışmada kuraklık stresi uygulamasının klorofil pigment miktarlarının değişimi üzerinde etkili olduğu, populasyonlara ait elde edilen sonuçlara göre BSG miktarı ile klorofil miktarları arasında negatif, toplam karotenoid miktarı arasında ise pozitif ilişkilerin bulunduğu söylenebilir.

Kulaç (2010) sarıçam türünde yapmış olduğu çalışmasında, mayıs ayından temmuz ayına kadar olan büyüme periyodunda, tüm sulama şekilleri altında ibre klorofil miktarlarında genel bir düşüş olduğunu belirtmiştir. Ardıç türünde yapılan çalışmada, kuraklığa ve su kaybına bağlı olarak klorofil pigment miktarlarında azalmanın meydana geldiği tespit edilmiştir (Brett ve Singer, 1973). Baquedano ve Castillo (2007) meşe türünde yaptıkları çalışmada, klorofil miktarlarının kuraklık stresinin etkisi ile önemli oranda azaldığını bildirmiştir. Su stresi altında klorofil içeriği genellikle düşmekte ve bu düşüş sentezlenmenin veya hızlı bozulmanın bir sonucu olabilir (Ashraf, 2003). Kavak türünde kuraklık stresinin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, kuraklık stresine bağlı klorofil a/b oranında meydana gelen azalmanın yaprak su içeriğindeki düşüş ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Yin vd., 2009). An vd. (2007) *Forsythia suspensa* ve *Syringa oblata* türlerinde su içeriğinin azalması ile klorofil a/b oranının azaldığını belirtmiştir. Mafakheri vd. (2010) bitki büyümesi sırasında uygulanan kuraklık stresinin, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriğini önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur.

Bitkilerin gelişme dönemlerinde karbonhidrat birikimi yapmaları hayatiyetlerinin devamlılığı için gereklidir. Karbonhidratlar, farklı doku ve organlarda nişasta ve şeker olarak birikmektedir (Kozlowski ve Pallardy, 1997). Karbonhidrat konsantrasyonu, bitki verimliliği üzerindeki çevresel ve fizyolojik kısıtlamaların bir ölçütü olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Oleksyn vd., 2000). Çözünebilir şeker ve nişastadaki değişimler fizyolojik performanstaki değişimleri yansıtmakta ve çevresel streslerden etkilenen ağaçların fizyolojisini anlamamıza yardımcı olmaktadır (Wong vd., 2003; Rosa vd., 2009). Bitkilerin kuraklık stresine vermiş olduğu tepkilerden biri de nişasta ve sukroz gibi karbonhidratların stres altındaki bitkilerde değişime uğramasıdır (Vassey ve Sharkey, 1989). Kuraklık

durumuna bağılı meydana gelen strese cevap olarak bitkilerin farklı kısımlarındaki karbonhidrat birikimi artmaktadır (Thomas, 1990; Guehl vd., 1993; Gill vd. 2001; Krasenky ve Jonak, 2012). Su stresine cevap olarak çözünebilir şekerlerin artması, yapraklardaki şeker translokasyonlarının, büyümenin yavaşlamasından kaynaklanan şeker tüketimindeki azalış ve nişasta hidrolizi gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır (Kameli ve Lösel, 1996). Yüksek konsantrasyonlarda çözünebilir karbonhidrat, çözünebilir protein, potasyum ve klor birikimi kuraklık toleransının artmasına yardımcı olmaktadır (Sayed vd., 2013). Kurakçıl bitkilerde kuraklığa adaptasyonda özellikle çözünebilir karbonhidratlar önemli bir rol oynar (Alkhail ve Moftah, 2011)

Yapılan çalışmada kuraklık stresi uygulaması boyunca toplam karbonhidrat miktarlarının değişimi incelendiğinde, Trabzon, Torul, Alucra ve Vezirköprü popülasyonlarının 35. ölçüm gününe kadar kontrol ve kuraklık grubundaki fidanlarının toplam karbonhidrat miktarları birbirine yakın iken, 35. günden itibaren kuraklık grubundaki fidanlarda toplam karbonhidrat miktarı su stresinin etkisi ile artış göstermiştir. Bolu popülasyonu ise kuraklık stresinden daha erken sürede etkilendiğı ve 15. günden itibaren kuraklık grubundaki fidanların daha yüksek toplam karbonhidrat miktarına sahip oldukları belirlenmiştir. Koyulhisar ve Mesudiye popülasyonlarında da kuraklık ve kontrol grubuna ait toplam karbonhidrat değerleri stres uygulaması süresince değışkenlik göstermiş ve 55. gün ölçümlerinde kuraklık grubu fidanlarında toplam karbonhidrat miktarının kontrol fidanlarına kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Nitekim popülasyonların kuraklık stresine bağılı olarak karbonhidrat birikimindeki farklılıklarına baktığımızda, su yetersizliğinden önemli derece de etkilenen ve BSG miktarları 55. ölçüm gününde 20 bar değerine yakın ve üzerinde çıkan Trabzon, Torul ve Vezirköprü popülasyonları kuraklık stresine karşı diğer popülasyonlara kıyasla daha yüksek karbonhidrat birikimi yapmışlar ve hayatiyetlerini sürdürmüşlerdir.

Yapılan varyans analizi sonucunda da ölçüm zamanı, kuraklık stresi uygulaması, popülasyonlar ve bunların etkileşimlerine bağılı olarak toplam çözünebilir karbonhidrat miktarları arasında istatistiksel olarak %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların olduğu ortaya koyulmuştur. Ayrıca kuraklık stresi uygulamasının 45. gününde yapılan yeniden sulama sonrası tüm popülasyonlara ait fidanların toplam çözünebilir karbonhidrat miktarlarının önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir.

Çalışma sonucuna benzer şekilde, Deligöz ve Bayar (2017) *Quercus cerris* türünde yaptığı çalışmasında, kuraklık denemesinin 7. gününden itibaren kontrol fidanları ile

kıyaslandığında kuraklık stresi uygulanan meşe fidanlarının yapraklarındaki toplam çözünebilir karbonhidrat içeriğinin oldukça yüksek olduğuna ve kuraklık stresine maruz fidanların köklerinde de şeker birikimine dikkat çekmektedir. Köklerdeki yüksek karbonhidrat birikiminin denemenin 14. gününden itibaren meydana geldiği ve 30. günde en yüksek değere ulaştığı, dolayısıyla kuraklık stresinin artışına bağlı olarak deneme sonuna doğru köklerdeki şeker birikiminin arttığı bildirilmiştir. Holland vd. (2016) *Quercus pubescens* türünde yaptığı çalışmada, iyi sulanan kontrol grubundaki bireylere kıyasla, kuraklık stresli bireylerin yapraklarında çözünebilir şeker miktarının önemli şekilde arttığını belirtmiştir. Farklı kuraklık stres seviyesine ilişkin *Quercus variabilis* fidanlarının vermiş tepkilerin araştırıldığı bir çalışmada, stres seviyesinin artmasına bağlı olarak çözülebilir şeker miktarının da arttığı tespit edilmiştir (Wu vd., 2013). Maguire ve Kobe (2015) *Acer rubrum* Marsh., *Betula papyrifera* Marsh., *Fraxinus americana* L., *Quercus rubra* L. ve *Quercus velutina* Lam türlerine ait fidanlarda kuraklık durumuna bağlı olarak çözülebilir şeker birikimini araştırmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek çözülebilir şeker birikiminin köklerde *F. americana* ve *B. papyrifera* türlerinde, gövde de ise *Q. rubra* ve *Q. velutina* türlerinde meydana geldiği bildirilmiştir. Yapılan birçok çalışmada da bitkilerin kuraklık stresi koşullarında şeker birikimi gerçekleştiği ifade edilmektedir (Cai vd., 2007; Kulaç, 2010; Morales vd., 2013; Deligöz ve Bayar, 2018).

Çevresel streslere karşı bitkiler metabolizmalarında çeşitli değişiklikler yaparak prolin, glisin ve betain gibi osmotik düzenleyiciler ile streslere karşı kendilerini korur (Türkan, 2008). Bitkilerin kuraklık stresine verdiği en önemli tepkiler biri, prolin gibi koruyucu çözeltilerin birikimidir (Yavaş vd., 2016). Prolin, strese yanıt olarak önemli bir biyolojik role sahiptir (Liang vd., 2013). Birçok bitki osmotik strese cevap olarak prolin biriktirmektedir (Bhaskara vd., 2015; Deligöz ve Gür, 2015). Prolin, protein yapısında ve membranlarda oluşabilecek zarara karşı koruyucu önlem almakta ve enzimde meydana gelebilecek bozulmaları en aza indirmektedir (Iyer ve Caplan, 1998). Prolin, çeşitli abiyotik streslere cevap olarak yüksek konsantrasyonlarda biriken çok fonksiyonlu bir molekül olarak kabul edilmiştir (Kishor ve Sreenivasulu, 2014). Hem abiyotik stres koşullarında hem de normal fizyolojik şartlar altında prolin konsantrasyonu önemli şekilde artmaktadır (Kishor ve Sreenivasulu, 2014). Prolin birikimi, stres toleransını çeşitli şekillerde etkileyebilir (Szabados ve Savoure, 2010). Su potansiyelinin azalması veya bitki su geriliminin artması ile prolin konsantrasyonu artmaktadır (Lansac vd., 1994). Su yetersizliği durumunda bitki hücrelerinde ozmolit birikimi gerçekleşmesi ile hücrenin

osmotik potansiyeli düşer, hücre içine su çekilerek turgor basıncının korunmasına yardımcı olunur (Blum, 1996; Farooq vd., 2009). Ashraf ve Harris'e (2004) göre stres altındaki bitkilerde hücre içi yapıları korumak ve ozmotik denge sağlamada prolin (aminoasit) ve glisinbetain adaptasyonda güçlü bir rol oynamaktadır. Pek çok çalışmada bu iki maddenin birikimi ile strese tolerans arasında pozitif korelasyon bulunduğunu ifade etmektedirler. Prolin, şiddetli kuraklık stresinde protein denatürasyonu (doğal yapıyı bozma) ve membran hasarının önlenmesinde koruyucu rol almaktadır.

Prolin miktarına ilişkin sonuçlara bakıldığında, kuraklık grubuna ait fidanların prolin miktarlarının 15. ölçüm gününe kadar kontrol grubundan daha düşük değerler aldığı, fakat kuraklık stresinin etkisi ile kuraklık grubundaki fidanların 25. günden itibaren su stresine tepki olarak prolin miktarlarını arttırdığı ve kontrol grubuna göre daha fazla prolin birikimi gerçekleştirdiği ortaya koyulmuştur. Mesudiye popülasyonu haricinde diğer popülasyonlarda kuraklık stresi uygulaması süresinin artmasına bağlı olarak kuraklık grubundaki fidanların prolin miktarlarının kontrol grubundaki fidanların prolin miktarlarına göre daha yüksek değerler aldığı tespit edilmiştir. Mesudiye popülasyonunda prolin birikiminin kuraklık grubunda kontrole kıyasla düşük olmasının, kuraklık stresi uygulaması sonucu ozmotik dengeyi sağlamak için prolin birikiminden ziyade karbonhidrat birikimi yapmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim karbonhidrat analizi sonuçlarına bakıldığında 45. ölçüm gününde 117,92 mg/g değer ile popülasyonlar arasında en yüksek karbonhidrat birikimine sahip olduğu görülmektedir.

Cotrozzi vd. (2016) *Q. ilex*, *Q. pubescens* ve *Q. cerris* türlerinde yaptığı çalışmada, kuraklık stresinin prolin miktarlarında artışa neden olduğunu ortaya koymuştur. Deligöz ve Bayar (2018) *Q. cerris* ve *Q. robur* türlerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, kuraklık stresine tepki olarak prolin ve çözünebilir şeker miktarının arttığını ve *Q. robur*'un *Q. cerris*'ten daha fazla prolin birikimine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Wu vd. (2013) *Quercus variabilis* fidanlarında gerçekleştirdiği çalışmada, kuraklık stresin prolin konsantrasyonunu arttırdığı bildirmiştir. Deligöz vd. (2016), *Cedrus libani* fidanlarının tekrarlayan kuraklık stresine verdikleri tepkilerden birinin prolin birikimi olduğunu bildirmiştir. Okaliptüs türünde yapılan çalışmada da stres seviyesinin artması ile yapraklarda prolin birikiminin arttığı belirlenmiştir (Shvaleva vd., 2006). Akça ve Yazıcı (1999) kızılçamda yapmış oldukları araştırmada, kurak dönemlerde özellikle yaz aylarında serbest prolin miktarlarında artış olduğunu tespit etmiştir. Kızılçam türünde yapılan başka bir çalışmada, prolin miktarı ile bitki su stresinde pozitif ilişkilerin olduğu ifade edilmiştir (Kandemir, 2002). Gao

(2009) *P. tabuliformis*, *P. yunnanensis* ve bunların hibriti olan *Pinus densata* türünde kuraklık stresine karşı fizyolojik cevapları araştırdığı çalışma sonucunda kuraklık stresinin prolin miktarlarını artırdığını tespit etmiştir. Ain-Lhout vd. (2001) doğal şartlarda *Halimium halimifolium* (L.) Willk ve *Pistacia lentiscus* L. çalı türlerinde gerçekleştirdikleri bir araştırmada, yaprak su geriliminin 30 bar'ın üstüne çıkması ile yapraklarda prolin birikiminin olduğunu bildirmiştir. Kaçar ve Katkat (1998), su stresinin artmasıyla birlikte bitkilerde karbondioksit alımının ve fotosentezin azaldığını, fotosentez ürünlerinin taşınmasında gerileme olduğunu, bitkilerde şekerlerin, aminoasitlerin ve özellikle prolinin biriktiğini belirtmiştir. Hücrelerde organik asitlerin, inorganik iyonların, aminoasitlerin, çözünabilir karbonhidratların birikmesi nedeniyle hücredeki su stresine karşılık osmotik potansiyelin genellikle düştüğü bildirilmektedir (Zwiazek, 1991). Yapılan bir çok çalışmada da su stresinin artması ile birlikte prolin miktarının arttığı tespit edilmiştir (Diamantoglou ve Rhizopoulou, 1992; Sircelj vd., 2005; Yang vd., 2007).

Stres koşulları altında bitkilerde prolin konsantrasyonu genelde artış göstermesine rağmen, bazı durumlarda bunun tersi olabilmektedir. Yine prolin birikimi seviyesi türden türe değişebilmektedir (Verbruggen ve Hermans, 2008). An vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, *Syringa oblata*, *Periploca sepium* ve *Forsythia suspensa* türleri farklı seviyede strese tabi tutulmuş, ancak strese bağlı olarak prolin miktarlarının farklılık göstermediği belirtilmiştir. Sağlam (2004) *Ctenanthe setosa* türünde yaptığı çalışmasında, kuraklık stresinin 44. gününde prolin miktarlarının değişmediğini, 52. günden sonra ise prolin miktarının artmaya başladığını belirlemiştir.

4.3. Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Populasyon çeşitliliği (Brus vd., 2016; Douaihy vd., 2012; Zebec vd., 2015), farklı taksonların sınırlaması (Mac-Key 1988; Sękiewicz vd., 2016), morfolojik ve fizyolojik tohum karakterizasyonu (Powell 2010; Drvodelić vd., 2015; Daneshvar vd., 2016) gibi bitki biliminin birçok alanı için morfolojik bilgiler hala çok önemlidir. Fidanlarda kalite sınıflarının belirlenmesinde kolaylığı nedeniyle de öncelikle morfolojik özellikler üzerinde durulmuştur (Genç ve Yahyaoğlu, 2007). Son yıllara kadar fidan kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmaların birçoğunun morfolojik parametreleri baz alarak gerçekleştirildiği görülmektedir (Yılmaz, 1995; Donahue ve Upton, 1996; Üçler vd., 2000; Apholo ve Rikala, 2003; Ayan ve Tilki, 2007; Manas vd., 2009; Yer ve Ayan, 2011; Çiçek

vd., 2011; Aksu ve Tilki, 2015; Bilgin, 2019; Ayan vd., 2020a). Ürgenç (1986) kaliteli fidan kullanımının, fidan gelişim başarısını arttırmasının yanı sıra kurak ve yarı kurak bölgelerdeki ağaçlandırmalarda fidan tutma oranını da arttırdığını vurgulamıştır.

Yapılan çalışmada farklı populasyonlara ait fidanların morfolojik özellikleri ile kuraklık stresine maruz fidanların strese karşı göstermiş olduğu bazı fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla fidanlara ait bazı morfolojik parametreler belirlenmiştir. Bu bağlamda fidanlarda fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, taze ve kuru gövde ağırlıkları, taze ve kuru kök ağırlıkları, fidan taze ağırlığı, fidan kuru ağırlığı, en uzun kök boyu, ana kök sayısı, kök yüzdesi, gürbüzlük indisi, katlılık indisi ve Dickson kalite indeksi gibi morfolojik parametreler ölçülmüştür. Ölçülen bu parametreler bakımından populasyonlar arasında farklılıkların istatistiksel olarak anlamlılığı varyans analizi ile tespit edilmiş ve ana kök sayısı haricinde diğer ölçülen tüm parametreler bakımından populasyonlar arasında %99 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonucunda ise populasyonlar arasında YDS ve KTA bakımından iki, KKA ve Kİ bakımından üç, KBC, FTA, FKA, EUKB ve Gİ bakımından dört, GTA ve DKİ bakımından beş ve FB, GKA ve KY bakımından altı farklı grup meydana gelmiştir.

Populasyonlara ait fidanların ölçülen tüm morfolojik özellikleri dikkate alınarak hiyerarşik kümeleme analizi yapılmıştır. Hiyerarşik kümeleme analizi ile populasyonlar arasında meydana gelen grupların, ayırma analizi sonucunda üç gruba ayırım için önem düzeyi 0,05'ten küçük çıkmış olup üçten fazla gruplandırma anlamsız bulunmuştur. Buna göre Alucra, Mesudiye, Vezirköprü ve Koyulhisar populasyonları ilk grubu, Trabzon ve Torul populasyonları ikinci grubu, Bolu populasyonu ise üçüncü grubu oluşturmuştur.

Fidan kalite sınıflandırmasına ait ilk çalışmalarda ölçüt olarak fidan boyu kullanılmıştır (Yahyaoğlu ve Genç, 2007). Dikim alanının yetiştirme ortamı koşullarına bağlı olarak, bazen uzun boylu bazen kısa boylu ve hatta nadiren orta boylu fidanların dikimi sonrasında daha başarılı sonuçların elde edildiği bildirilmektedir. Bu nedenle en uygun fidan büyüklüğü önemli oranda ağaçlandırma sahasında hakim olan ekolojik koşullara bağlıdır. Semerci (2002) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, fidan boyu ile yaşama başarısı arasında pozitif korelasyon bulunurken, bazı araştırmacılar bu iki parametre arasında negatif korelasyon bulunduğunu belirtmişlerdir (Larsen vd., 1986; Tuttle vd., 1987; Dirik, 1991). Yine, kök boğaz çapının, fidan kalite sınıflamasında fidan boyuna göre daha önemli bir kriter olduğu ifade edilmektedir (Şimşek, 1987; Yahyaoğlu ve Genç, 2007). Çalışma kapsamında populasyonlar arasında en yüksek ortalama fidan boyu 16,63 cm ile Bolu populasyonunda,

en düşük ortalama fidan boyu 4,96 cm ile Koyulhisar popülasyonunda elde edilmiş ve tüm popülasyonların ortalama fidan boyu 9,50 cm olarak belirlenmiştir. KBÇ değerlerinin ise popülasyonlar arasında 3,14 mm ile 4,29 mm arasında değiştiği ve ortalamasının 3,66 mm olduğu tespit edilmiştir. Aksu ve Tilki (2015) *Quercus pontica* türünde gerçekleştirdiği çalışmada, orijin ve tohum büyüklüğünün fidan morfolojik özellikleri üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir. Doğu kayını türünde yapılan bir çalışmada, farklı popülasyonlara bağlı olarak fidan boyu ve kök boğaz çapının önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir (Gülseven vd., 2019). Atar vd., (2018) adi gürgen fidanlarının dört yıllık büyüme performanslarını araştırdığı çalışmada, fidan boy ve kök boğaz çaplarının popülasyonlara göre önemli farklılıklar gösterdiği, benzer tespitleri Atar ve Turna (2018) kestane türünde, Hatipoğlu (2013) doğu gürgeni türünde, Yahyaoğlu vd. (2012) fıstıkçamı türünde, Güney (2009) doğu kayını türünde yaptıkları çalışmalarda belirtmişlerdir. Bruschi (2010) kuraklık stresine maruz *Quercus petraea* popülasyonları arasındaki fenotipik plastisitedeki farklılıklar incelediği araştırmasında, hem popülasyon hem de sulama rejimi bakımından fidanların morfolojik özellikleri arasında önemli farklılıkların bulunduğunu bildirmiştir. Yapılan çalışmalara bakıldığında popülasyonların fidan gelişimi üzerinde önemli farklılıklara neden olduğu, çalışmamızda da benzer şekilde popülasyonlara bağlı olarak fidan boy ve KBÇ değerlerinin önemli farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Popülasyonlara bağlı olarak fidan gelişimi farklılık arz etse de, aynı popülasyona ait fidanlarda gelişimi etkileyen diğer önemli hususlar ise fidan yetiştirme sıklığı, kök kesimi, tohum boyutları vb. faktörlerdir. Nitekim Kestek (2012) sapsız meşe fidanlarında seyreltmenin bazı morfolojik kalite kriterlerine etkisini araştırdığı çalışmasında, en yüksek fidan boyunu (16,27 cm) 15 cm aralıklarla seyreltme yapılan fidanlarda, en düşük fidan boyunu ise tüplü, 7,5 cm ve 10 cm aralıklarla yetiştirilen fidanlarda sırasıyla, 11,92 cm, 12,74 cm ve 12,86 cm olarak elde etmiştir. Ayrıca en yüksek KBÇ'nin 4,78 mm değer ile 15 cm aralıklarla seyreltme yapılan fidanlarda, en düşük KBÇ'nin ise 3,56 mm ile kontrol fidanlarında tespit etmiştir. Sapsız meşe fidanı gelişimi üzerine tohum boyutu ve kök kesim zamanının etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada, küçük, orta ve büyük tohum sınıfına göre fidan boyları sırasıyla 11,6 cm, 18,9 cm ve 25,5 cm olarak belirlenmiştir (Yüksek, 2007). Schultz ve Thompson (1997) ceviz ve kırmızı Amerikan meşesinde gerçekleştirdiği çalışmada, fidan sıklığının KBÇ üzerinde önemli derece etkili olduğu, benzer sonuçları Cengiz ve Şahin (2002) kokar ağaç ve yalancı akasya türlerinde, Çanakçı (2011) İran palamut meşesi türünde, Deligöz (2012) dişbudak yapraklı akça ağaç türünde, Alım ve

Kavgacı (2017) diken ardıcı türünde elde ettiklerini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalarda, gerek fidan yetiştirme sıklığının gerekse tohum boyutlarının fidanların gelişiminde önemli farklılıkları meydana getirdiği görülmektedir.

Fidan kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığının büyümenin önemli göstergelerinden olduğu belirtilmektedir (Apholo ve Rikala 2003). Çalışmada populasyonlar arasında en fazla ortalama GTA (3,80 g) ve GKA (1,77 g) Bolu populasyonunda, en az ortalama GTA (0,81 g) ve GKA (0,38 g) ise Koyulhisar populasyonunda elde edilmiştir. Tüm populasyonların ortalama GTA 1,82 g ve GKA 0,82 g olarak belirlenmiştir. Yine en fazla ortalama KTA 5,80 g ve KKA 2,23 g ile Bolu populasyonunda, en az ortalama KTA (3,71 g) Mesudiye ve KKA (1,60 g) Trabzon populasyonunda tespit edilmiştir. FTA ve FKA değerleri bakımından da populasyonlar arasında en yüksek değerler Bolu populasyonunda ve en düşük değerler ise Koyulhisar populasyonunda elde edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, bir yaşındaki sapsız meşe fidanlarının GTA'nın 2,45 g ile 4,61 g arasında, GKA'nın 1,37 g ile 2,93 g arasında ve KKA'nın 3,23 g ile 7,53 g arasında değiştiği tespit edilmiştir (Kestek, 2012). Yüksek (2007) tarafından sapsız meşe fidanlarında yapılan diğer bir çalışmada, küçük, orta ve büyük tohum sınıfına göre bir yaşındaki fidanların KKA değerinin 3 gr ile 7,3 g arasında ve GKA değerinin 1,1 g ile 3,9 g arasında olduğunu bildirilmiştir. Bilgin (2019) çalışmasında, saçlı meşe, palamut meşesi ve fıstıkçamı fidanlarında GKA değerlerini sırasıyla 0,71 g, 1,57 g ve 2,94 g, KKA değerlerini ise sırasıyla 3,68 g, 3,80 g ve 2,80 g olarak belirlemiştir. Orta şiddette kuralık stresinin *Quercus petraea* ve *Quercus robur* fidanlarının morfolojik özellikler üzerine etkilerinin incelendiği araştırmada, kuraklık stresli fidanların yaprak biyokütlesinin kök biyokütlesine oranla önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir (Thomas ve Gausling, 2000). Yapılan başka bir çalışmada, *Q. petraea* türünde şiddetli kuraklık koşullarında, kök biyokütlesi önemli oranda artarken, tomurcuk sayısı, yaprak ve gövde biyokütlesinde ise azalma meydana gelmiştir. *Q. pubescens* türünde ise, biyokütle parametreleri ile ilgili olarak, kuraklık nedeniyle yalnızca tomurcukların ortalama kütlelerinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Thomas, 2000).

Kök kuru ağırlığının fidan kuru ağırlığına oranlanmasıyla elde edilen kuru kök yüzdesi, fidan kalitesini belirlemede kullanılan diğer önemli parametrelerden biridir (Gülseven vd., 2019, Ayan vd., 2020a). Yüksek kök gelişme potansiyeli, arazideki yüksek yaşama yüzdesi ile ilişkilidir (Ritchie, 1984). Populasyonlar arasında en fazla ortalama kuru kök yüzdesi %81,21 ile kuraklık stresinden en az etkilenen populasyonlardan olan Koyulhisar populasyonunda, en az ortalama kuru kök yüzdesi ise %55,52 ile kuraklık

stresinden en çok etkilenen ve diğer populasyonlara nazaran daha hızlı kurumaların gerçekleştiği Bolu populasyonunda tespit edilmiştir. Tüm populasyonların ortalama kuru kök yüzdesi %70,92 olarak belirlenmiştir. Populasyonlar arasında en yüksek EUKB 30,99 cm ile Trabzon populasyonunda, en düşük ortalama EUKB 20,09 cm ile Bolu populasyonunda elde edilmiş ve tüm populasyonların ortalama EUKB 26,53 cm olarak belirlenmiştir. Gülseven vd. (2019) doğu kayını türünde gerçekleştirdiği çalışmada, populasyonlar arasında kök yüzdesinin %36,79 ile %41,31 arasında değiştiğini ve farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu tespit etmiştir. Ayan vd. (2020b) Samsun-Gelemen orman fidanlığında yetiştirilen farklı yaşlardaki tüplü fıstıkçamlarında yaptıkları çalışmada, kuru kök yüzdesi değerlerinin iki yaşında %17 ve üç yaşında %16 olduğunu bildirmişlerdir. Deligöz ve Gür (2015) ise Isparta-Eğirdir orman fidanlığında bir yaşındaki fıstıkçamlarında gerçekleştirdikleri çalışmada kuru kök yüzdesini %28 olarak belirlemiştir.

Genç (1992), fidan kalite sınıflamasında ölçüt olarak kullanılan diğer bir kriterin gürbüzlük indisi olduğunu, Gİ değerinin küçük olmasının fidanların kalitesi açısından istenen bir özellik olduğunu ve dikim başarısının daha yüksek olduğunu ifade etmiştir. Aphola ve Rikala (2003) ile Yahyaoğlu ve Genç (2007)' göre, fidanların $Gİ < 50$ değerine sahip bütün orijinleri kaliteli fidan sınıfında değerlendirilmektedir. Çalışma kapsamında populasyonlar arasında en yüksek ortalama Gİ 39,82 ile Bolu populasyonunda, en düşük ortalama Gİ 13,72 ile Koyulhisar populasyonunda elde edilmiş ve tüm populasyonların ortalama Gİ 26,39 olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında Gİ ölçütüne göre çalışmaya konu olan bütün populasyonlara ait fidanların ortalama Gİ değeri < 50 olduğundan dolayı kaliteli fidan olarak değerlendirilebilir. Benzer şekilde Gülseven vd. (2019) farklı doğu kayını populasyonlarına ait fidanlar üzerinde yaptıkları çalışmada, çalışılan tüm populasyonların Gİ değeri 50'den küçük olduğu için kaliteli olarak ifade etmiştir. Kestek (2012) bir yaşındaki sapsız meşe fidanlarında yaptığı çalışmada, en yüksek Gİ değerini %39,6 ile rutin olarak yetiştirilen kontrol fidanlarında, en düşük Gİ değerini ise %28,7 ile tüplü olarak yetiştirilen fidanlarda elde ettiğini bildirmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, İran palamut meşesinin Gİ değerlerinin ekim sıklığına göre farklılık gösterdiği ve değerlerin 43 ile 53 arasında değiştiği belirtilmiştir (Çanakçı, 2011). Bilgin (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Gİ değerleri fıstıkçamı fidanlarında 39,11, palamut meşesi fidanlarında 36,84 ve saçlı meşe fidanlarında 23,79 olarak tespit edilmiştir. Bazı geniş yapraklı orman ağacı fidanlarının morfolojik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, Gİ değerlerine göre Dağ

akçağacının %100'ünün, doğu kayınının %93,3'ünün ve adi gürgeninin ise %97,8'inin düşük kaliteli fidan kategorisinde yer aldığı bildirilmiştir (Ayan vd., 2020c).

Fidanların toprak üstü gövde kuru ağırlığının kuru kök ağırlığına oranı katlılık indisi olarak ifade edilmekte ve fidan kalite sınıflandırmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Ayan, 2002). Katlılık, kuraklıktan meydana gelen zararların etkisinin fidanlar üzerinde farklı şekillerde ortaya çıkmasındaki bir etmendir (Bernier vd., 1995). Katlılık transpirasyonun gerçekleştiği toprak üstü alanı ile su alımının gerçekleştiği kök alanının dengesini ortaya koymaktadır (Thompson, 1985). Gövde ve kök arasındaki bu uyuma bakılarak fidanın arazi başarısı değerlendirilebilir (Tolay, 1983). Ürgenç (1998), normal yetiştirme ortamlarında gövde/kök kuru ağırlık oranının 3, kurak yetiştirme ortamlarında ise 2 hatta daha da düşük olması gerektiğini vurgulamıştır. Özellikle kurak bölgelerde gövde/kök oranları 3'ten düşük olan fidanların kullanılması önerilmektedir (Yahyaoğlu ve Genç, 2007). Yapılan çalışmada populasyonlar arasında en yüksek ortalama Kİ 0,89 ile Bolu populasyonunda, en düşük ortalama Kİ 0,23 ile Koyulhisar populasyonunda tespit edilmiş ve tüm populasyonların ortalama Kİ 0,46 olarak belirlenmiştir. Populasyonlar arasında kuraklık stresine dayanıklılığı yüksek olan Koyulhisar populasyonu en küçük Kİ değerini alırken, en yüksek Kİ değerine sahip Bolu populasyonu kuraklık stresine dayanıklılığı en düşük populasyon olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarımıza benzer şekilde Bernier vd. (1995) gövde/kök oranının düşük olmasının köklerin yaprak alanına göre bol olduğunu ve fidanların yüksek su stresine dayanma potansiyelini gösterdiğini bildirmiştir. Bilgin (2019) yaptığı çalışmada Kİ değerlerinin fıstıkçami fidanlarında 1,05, palamut meşesi fidanlarında 0,41 ve saçlı meşe fidanlarında ise 0,19 olduğunu belirtmiştir. Bayar ve Deligöz (2016) alıç fidanlarının morfolojisi ve yetiştirme sıklığının kök gelişimi üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada, fidanların özellikle kuraklığa dayanıklılığının ölçüsü olarak kabul edilen gövde/kök oranı üzerinde yetiştirme sıklığının herhangi bir etkiye sahip olmadığını bildirmiştir. Genç vd. (1999) üç farklı orman fidanlığı ve dokuz farklı Anadolu karaçamı üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada, gövde/kök kuru ağırlık oranının 2 ile 3,6 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Yapılan birçok çalışmada katlılık indisinin türe, populasyona, fidanların yetiştirme yeri koşullarına, büyüme ortamı ve fidan kültürel işlemlerine göre değişiklik arz ettiği ifade edilmektedir (Kayadibi, 2011; Bilgin, 2012; Gülseven vd., 2019; Ayan vd., 2020a, 2020b).

Fidan dikim başarısı ve yaşam yüzdesini belirlemede önemli göstergelerden biri de Dickson kalite indeksidir (Bayala vd., 2009). Dickson vd. (1960)'ne atfen fidan kalite

indeksi 1'e yakın ve daha yukarı değerlere sahip olan fidanların daha yüksek kaliteli olarak kabul edildiği belirtilmektedir (Aslan, 1986). Çalışmada populasyonlar arasında en yüksek ortalama DKİ 1,41 ile Koyulhisar populasyonunda, en düşük ortalama DKİ 0,68 ile Trabzon populasyonunda elde edilmiş ve tüm populasyonların ortalama DKİ 1,00 olarak belirlenmiştir. DKİ bakımından en yüksek değerlere sahip olan Koyulhisar, Alucra ve Mesudiye populasyonları, kuraklık stresine verilen tepkilere göre de kuraklığa dayanıklılığı en yüksek populasyonlar olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda Dickson kalite indekslerinin, 2+0 yaşlı çıplak köklü doğu kayını fidanlarında 0,14 ile 0,24 arasında (Gülseven vd., 2019), 2+0 yaşlı fıstıkçamında 0,05 ile 0,38 palamut meşesinde 0,03 ile 0,33 ve saçlı meşede 0,04 ile 0,54 arasında (Bilgin, 2019), bir yaşında çıplak köklü diken ardıcı fidanlarında 0,12 ile 0,34 arasında (Alım ve Kavgacı, 2017), 1+0 yaşlı kokulu ardıç fidanları için 0,2 ile 0,4 arasında (Özüberk ve Deligöz, 2016), 1+0 yaşındaki fıstıkçamı fidanları için 0,06 ile 0,28 arasında (Bilgin, 2008) değiştiği bildirilmiştir. Yine yapılan birçok araştırmada tohumların elde edildiği populasyonların, tohum büyüklüğünün ve fidanlık uygulamalarının Dickson kalite indeksi üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Ayan, 2002; Aksu ve Tilki, 2015; Ayan vd., 2020b).

Çalışmada, sudan alıkoyma yöntemiyle kuraklık stresine maruz bırakılan sapsız meşe fidanlarına ait populasyonların bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler bakımından farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Yine morfolojik özellikler bakımından populasyonlar arasındaki varyasyonlar ortaya koyulmuş ve özellikle populasyonların kuraklık stresine verdikleri fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler ve elde edilen sonuçlar ile morfolojik özellikler arasında güçlü ilişkilerin olduğu belirlenmiştir. Korelasyon analizi sonucunda BSG miktarı ile fidanların kök yüzdesi ve Dickson kalite indeksi değerleri arasında negatif yönde güçlü korelasyon bulunduğu, gürbüzlük indisi, katlılık indisi ve diğer birçok morfolojik özellikler ile pozitif yönde ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Kuraklık stresinin önemli göstergelerinden biri olan toplam karbonhidrat miktarının morfolojik özellikler ile ilişkisi incelendiğinde, fidanların kök yüzdesi ve Dickson kalite indeksi değerleri pozitif yönde korelasyona, diğer birçok morfolojik özelliklerle ise negatif yönde korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Nitekim Ritchie ve Shula (1984) fidan materyali, genetik ve morfolojik özellikleri yönünden ne kadar iyi olursa olsun fizyolojik özelliklerinin de değerlendirilmesinin önemli olduğunu aksi takdirde isabetli sonuçların alınamayacağını ifade etmiş ve fidanlarda kullanılacak morfolojik verilerin ancak fizyolojik veriler ile paralellik gösterdiğinde sonuçların daha isabetli olacağını bildirmiştir. Fidan kalite

sınıflandırmasında önemli parametrelerden olan ve yapılan çalışma kapsamında ölçümleri gerçekleştirilen kuru kök yüzdesi, katlılık indisi, gürbüzlük indisi ve Dickson kalite indisine ait elde edilen veriler ile populasyonların kuraklık stresine dayanıklılıkları arasında önemli ilişkilerin olduğu ortaya koyulmuştur.

Populasyonların uzun dönem iklim verileri ile ölçülen morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile ortaya koyulmuştur. Analiz sonucunda yaz kuraklık değeri (S) ve yağış-sıcaklık katsayısının (Q) BSG, toplam karotenoid ve EUKB değerleri ile pozitif yönde ilişki olduğu, prolin, kuru kök ağırlığı, kök yüzdesi ve Dickson kalite indeksi değerleri ile negatif yönde ilişkilerinin bulunduğu tespit edilmiştir. S değerinin düşük olması yaz kuraklığının şiddetini, yüksek olması ise yaz kuraklığının zayıflığını ifade etmektedir. Q katsayısının düşük olması iklimin kurak, yüksek olması ise nemli olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda yaz kuraklığı daha şiddetli yaşanan (S ve Q katsayıları en düşük olan) ve kuraklık stresi denemesi boyunca BSG miktarı 10 bar'ın altında olan Alucra, Koyulhisar ve Mesudiye populasyonları gerek morfolojik gerekse fizyolojik özellikleri ile yetiştirme ortamlarına uyumları neticesinde, kuraklığa dayanıklılıklarının diğer populasyonlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklere ait sonuçlar ile populasyonların uzun dönem iklim verileri birlikte değerlendirilerek, populasyonlar arasında meydana gelen gruplar hiyerarşik kümeleme analizi ile tespit edilmiş ve populasyonlar arasında meydana gelen grupların, ayırma analizi sonucunda iki gruba ayrımı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Buna göre Emberger'in yağış-sıcaklık katsayısına (Q) göre az yağışlı Akdeniz Biyoiklim katında yer alan Alucra, Mesudiye, Koyulhisar, Vezirköprü, Bolu ve Torul populasyonları ilk grubu meydana getirirken, yağışlı Akdeniz Biyoiklim katında yer alan Trabzon populasyonu ise tek başına ikinci grupta yer almıştır. Ayırma analizi sonucu haricinde meydana gelen gruplara bakıldığında, yaz kuraklığı indeks değerine (S) ve yağış-sıcaklık katsayısına (Q) göre düşük değerlere sahip Alucra, Mesudiye ve Koyulhisar populasyonları ilk grupta yer alırken, diğer grubu Bolu ve Vezirköprü populasyonları oluşturmuştur. Diğer populasyonlara göre daha yüksek S ve Q değerlerine sahip Torul ve Trabzon populasyonları ise tek başlarına grup meydana getirmişlerdir. Nitekim populasyonların iklim özellikleri ve dolayısıyla yetiştirme ortamlarına uyumlarının, morfolojik özellikler ile kuraklık stresine karşı vermiş oldukları fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler üzerinde de oldukça etkili olduğu meydana gelen gruplandırmalardan anlaşılmaktadır.

5. ÖNERİLER

Kurak ve yarı kurak alanlarda ağaçlandırma çalışmalarını başarılı kılabilmek için, doğada var olan orman ağaçlarının fenotipik özelliklerinin bilinmesi bazı durumlarda yeterli olmayabilir. Bu nedenle türlerin coğrafik varyasyonlarının tespit edilmesi ve bu alanlardan elde edilen tohum ve fidanların morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin belirlenmesi ile özellikle kurak, yarı kurak ve don tehlikesi olan bölgelerdeki ağaçlandırmalarda kullanılması uygun orijinlerin tespiti önem arz etmektedir. Sonrasında ağaçlandırma yapılacak alanların yetiştirme ortamlarına uygun koşullarda fidanların yetiştirilip, bu fidanlarla ağaçlandırma çalışmalarının gerçekleştirilmesi, ağaçlandırma başarısının yüksek olmasını sağlayacaktır.

Çalışmada, sudan alıkoyma yöntemiyle kuraklık stresine maruz bırakılan sapsız meşe fidanlarına ait populasyonların bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler bakımından farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Yine morfolojik özellikler bakımından populasyonlar arasındaki varyasyonlar ortaya koyulmuş ve özellikle populasyonların kuraklık stresine verdikleri fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler ve elde edilen sonuçlar ile morfolojik özellikler arasında güçlü ilişkilerin olduğu belirlenmiştir.

Kuraklık stresine maruz bırakılan farklı sapsız meşe populasyonları içerisinde bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler bakımından kuraklık stresine dayanıklı populasyonların, su eksikliği olan kurak ve yarı kurak bölgelerin ağaçlandırmalarında kullanılması uygun olacaktır. Çalışma sonucunda kuraklık stresi denemesi boyunca BSG miktarı 10 bar'ın altında olan Alucra, Koyulhisar ve Mesudiye populasyonlarının kuraklığa dayanıklılıklarının yüksek olduğu belirlenmiş olup, bu populasyonların bu tür alanların ağaçlandırılmasında kullanılması önerilmektedir.

Kuraklık stresine karşı bitkilerin fotosentetik pigmentlerinin farklı tepkiler verdikleri bilinmektedir. Çalışma kapsamında da sapsız meşe populasyonları farklı şiddetlerde tepkiler göstermiştir. Karotenoid miktarlarındaki artış su eksikliği ile birlikte oluşacak membran hasarlarını önlemek ve klorofil pigmentlerine yardımcı olarak fotosentezin devamlılığına katkı sağlamasından ötürü kuraklığa karşı iyi bir uyum kriteri olarak değerlendirilebilir.

Stres koşullarında birçok bitki türünde prolin miktarı genel olarak artış göstermektedir. Sapsız meşe türünde de su eksikliğine bağlı meydana gelen stres koşulları altında prolin miktarı artmıştır. Populasyonlar arasında prolin miktarları bakımından farklılıkların

bulunması, bazı populasyonların prolin miktarlarının yüksek olması bu populasyonların kuraklığa karşı daha toleranslı olduklarını göstermiştir.

Kuraklık stresinin artmasına bağlı olarak sapsız meşe fidanlarında toplam karbonhidrat miktarı da artış göstermiştir. Bilindiği üzere kuraklığa adaptasyonun en önemli kriterlerinden biri de toplam karbonhidrat miktarında meydana gelen farklılıklardır. Sapsız meşe populasyonlarının stres koşullarında toplam karbonhidrat miktarını artırmış olması, olumsuz koşullara karşı geliştirmiş olduğu bir adaptasyon olarak ifade edilebilir. Buna binaen kuraklık stresine karşı toplam karbonhidrat miktarında artış olan populasyonların kuraklığa daha dayanıklı oldukları söylenebilir. Gerek prolin miktarı gerekse toplam karbonhidrat miktarındaki artış, sapsız meşe için kuraklığa karşı dayanıklılığı gösteren önemli kriterlerdendir.

Sapsız meşe fidanlarının kuraklık stresine karşı vermiş olduğu tepkiler ve populasyonlara göre farklılıklarının ortaya koyulduğu bu çalışmada, ksilem su potansiyeli, fotosentetik pigment tayinleri, toplam karbonhidrat ve prolin içerikleri gibi birçok parametre ölçülmüştür. Ayrıca fidanlara ait birçok morfolojik özellikler belirlenmiş ve fidan kalite sınıflandırmasında önemli parametrelerden olan kuru kök yüzdesi, katlılık indisi, gürbüzlük indisi ve Dickson kalite indisine ait elde edilen veriler ile populasyonların kuraklık stresine dayanıklılıkları arasında anlamlı ilişkilerin olduğu ortaya koyulmuştur. Yapılacak olan sonraki çalışmalarda bu ölçümlerden birkaçının yapılması yeterli olabilecektir.

Ölçülen morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklere ait sonuçlar ile populasyonların uzun dönem iklim verilerinin birlikte değerlendirilerek yapılan hiyerarşik kümeleme analizi sonucu, populasyonlar arasında oluşan gruplar ile Emberger'in biyoiklim sınıflandırmasına göre populasyonların yer aldığı biyoiklim katları benzer sonuçlar vermiştir. Ayrıca populasyonların yaz kuraklığı indeks değeri (S) ve yağış-sıcaklık katsayıları (Q) ile çalışma kapsamında ölçülen BSG, toplam karotenoid, prolin, EUKB, kuru kök ağırlığı, kök yüzdesi ve Dickson kalite indeksi değerleri arasında önemli korelasyonların olduğu ortaya koyulmuştur. Bu sonuçlar neticesinde yaz kuraklığı indeks değeri (S) ve yağış-sıcaklık katsayısı (Q) kullanılarak oluşturulan biyoiklim sınıflandırması, kuraklığa dayanıklı olabilecek populasyonların seçiminde bir gösterge olarak kullanılabilir.

Yapılan çalışmada Kuzey Anadolu sapsız meşesinin ülkemizdeki doğal yayılış alanlarını temsilen 7 farklı populasyondan tohumlar elde edilebilmiş ve kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Kuraklığa karşı dayanıklı orijinlerin tespiti için sapsız meşenin diğer orijinlerinde de stres çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ain-Lhout, F., Zunzunegui, F.A., Diaz Barradas, M.C., Tırado, R., Clavijo, A. ve Garcia Novo, F., 2001. Comparison of Proline Accumulation in Two Mediterranean Shrubs Subjected to Natural And Experimental Water Deficit, Plant Soil, 230, 175-183.
- Akça, H. ve Yazıcı, I., 1999. İzmir Yöresinde Yetiştirilen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Fidanlarında Değişik Sulama Miktarlarında Oluşan Fizyolojik Değişiklikler, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 13, İzmir.
- Akman, Y., 2011. İklim ve Biyoiklim. Ankara, Palme Yayıncılık.
- Aksu, Y. ve 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.
- Alım, E. ve 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.
- Alkhail, M.S.A. ve Moftah, A.E., 2011. Adaptation Mechanisms of Some Desert Plants Grown in Central Region of Saudi Arabia, International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, 1, 11, 462-470.
- An, Y., Liang, Z., Han, R. ve 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.
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C. ve Lei, W., 2011. Morphological, Physiological and Biochemical Responses of Plants to Drought Stress, African Journal of Agricultural Research, 6, 2026-2032.
- Anonim, 2015. Türkiye Orman Varlığı Kitabı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Geçmişten Bugüne Ulusal Orman Alanlarımızın Durumu, Yayınlar, Ankara.
- Anşin, R. ve Özkan, C.Ö., 2006. Tohumlu Bitkiler (*Spermatophyta*) Odunsu Taksonlar, KTÜ Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 167, Fakülte Yayın No: 19, Trabzon.
- Aranda, I., Gil, L. ve 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. ve 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.
- Ashraf, M. ve Harris, P.J.C., 2004. Potential Biochemical Indicators of Salinity Tolerance in Plants, Plant Science, 166, 3-16.
- Ashraf, M. ve Foolad, M.R., 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance, Environmental and Experimental Botany, 59, 206-216.
- Aslan, S., 1986. Kazdağı Gökarnı (*Abies eguitrojani* Aschers et Sint)'nın fidanlık Tekniğı Üzerine Çalışmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını, Teknik Bülten Serisi No.157, Ankara.
- Atar, F., Atar, E., Bayraktar, A. ve Turna, İ., 2018. Growth Performance in Seedlings of Common Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in Nursery Conditions, International Congress on Engineering and Life Sciences, 26 - 29 Nisan, Kastamonu.
- Atar, F. ve Turna, İ., 2018. Fruit and Seedling Diversity Among Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Populations in Turkey, Sumarski List, 11-12, 611-619.
- Atta, H.A.E., Aref, İ.M., Ahmed, A.İ. ve 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.
- Aussenac, G., Guehl, J.M., Kaushal, P., Grainer, A. ve Grieu, P.H., 1988. Before Planting Seedlings in Forest Quality Developments Which Affecting Physiological Criteria, Journal of Forestry Research Institute, 72, 145-157.
- Ayan, S., 2002. Determining The Site Condition Features of Containerized-Oriental Spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) Seedlings; and Setting The Production Techniques, Ministry of Forests, the Institution of Eastern Black Sea Forestry Research, Ministry Publication number:179, Eastern Black Sea Forestry Studies (DKOA) Publication number:14, Technical Bulletin Publication number: 11, Trabzon.
- Ayan, S. ve Tilki, F., 2007. Morphological Attributes of Oriental Spruce [*Picea orientalis* (L.) Link.] Seedlings Grown in Peat-Based Media Amended with Natural Zeolite, Acta Agronomica Hungarica, 55, 363-373.
- Ayan, S., Civek, E., Yer Çelik, E., Gülseven, O., Akın, Ş. ve 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., Esharbi, J., Akın, Ş. ve Yılmaz, E., 2020b. Farklı Yaşlardaki Tüplü Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) Fidanlarının Morfolojik Kalite Özellikleri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22, 2, 633-641.
- Ayan, S., Gedik, F., Yer Çelik, E., Gülseven, O., Yılmaz, E., Akın, Ş. ve Özel, H., 2020c. Bazı Geniş Yapraklı Orman Ağacı Fidanlarının Morfolojik Özellikleri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22, 1, 245-255.
- Balok, C.A. ve Hilaire, R.S., 2002. Drought Responses Among Seven Southwestern Landscape Tree Taxa. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 127, 211-218.
- Baquedano, F.J. ve 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.
- Bates, L.S., Waldren, R.P. ve Teare, I.D., 1973. Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies, Plant and Soil, 39, 205-207.
- Bayala, J., Dianda, Z.M., Wilson, Z.J., Ouedraogo, S.J. ve 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. ve 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. ve 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.
- Bhaskara, G.B., Yang, T.H. ve Verslues, P.E., 2015. Dynamic Proline Metabolism: Importance and Regulation in Water Limited Environments, Frontiers in Plant Science, 6, 484.
- Bidwell, R.G.S., 1974. Plant Physiology, Macmillan Publishing Com. Inc., New York, Pp: 643.
- Bilgin, S., 2008. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nın Tohum-Fidan İlişkileri ve Fidanlıkta Fidan Yetiştirme Teknikleri. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 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.
- Blum, A., 1996. Crop Responses to Drought and The Interpretation of Adaptation, Plant Growth Regul., 20, 135-148.

- Boyer, J.S., 1967. Leaf Water Potentials Measured with a Pressure Chamber, Plant Physiology, 42, 133.
- Bozcuk, S., 1997. Bitki Fizyolojisi. 2. Baskı, Haliloğlu yayınları, Ankara, 223 s.
- Bozcuk, S. ve 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. ve 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.
- Brus, R., Idžojić, M. ve Jarni, K., 2016. Morphologic Variation in Northern Marginal *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* Populations in Istria, Plant Biosyst, 150, 2, 274–284.
- Bruschi, P., 2010. Geographical Variation in Morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. as Related to Drought Stress, Plant Biosystems, 144, 2, 298–307.
- Bulut, B., 2008. Kılıçkaya Orijinli Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerin Mevsimsel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Cai, H., Biswas, D.K., Shang, A.Q., Zhao, L.J. ve Li, W.D., 2007. Photosynthetic Response to Water Stress and Changes in Metabolites in *Jasminum sambac*, Photosynthetica, 45, 4, 503-509.
- Cengiz, Y. ve Şahin, M., 2002. Bazı Yapraklı Ağaç Fidanlarının Yetiştirilmesinde Ekim Sıklığının Büyüme Üzerine Etkileri, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 4, 123-136.
- Chavez, M.M., Maroco, J.P. ve Pereira J.S., 2003. Understanding Plant Responses to Drought from Genes to The Whole Plant, Funct. Plant Biol., 30, 239-264.
- Chavez, M.M., Pereira J.S., Maroco, J.P., Rodrigues, M.L., Ricardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalh, I., Faria, T. ve Pinheiro, C., 2002. How Plants Cope with Water Stres in The Field, Photosynthesis and Growth. Ann. Bot., 89, 907-916.
- Chaves, M.M. ve Oliveira, M.M., 2004. Mechanisms Underlying Plant Resilience to Water Deficits: Prospects for Water-Saving Agriculture, J Exp Bot, 55, 407, 2365–2384.
- Chehab, H., Mechri, B., Mariem, F.B., Hammani, M., Ehaddj, B.S. ve Braham, M., 2009. Effect of Different Irrigation Regimes on Carbohydrate Partitioning in Leaves and Wood On Two Table Olive Cultivars (*Olea europaea* L. Cv. Meski and Picholine). Agricultural Water Management, 96, 293-298.

- Cleary, B.D. ve Zaerr, J.B., 1984. Guidelines for Measuring Plant Moisture Stress With a Pressure Chamber. PMS Instrument Co., 2750 N. W. Royal Oaks Drive, Corvallis, Oregon 97330, 15, USA.
- Cotrozzi, L., Remorini, D., Pellegrini, E., Landi, M., Massai, R., Nali, C., Guidi, L. ve Lorenzini, G., 2016. Variations in Physiological and Biochemical Traits of Oak Seedlings Grown Under Drought and Ozone Stress, Physiol Plant, 157, 69-84.
- Çalıkoğlu, M., 2002. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Orijinlerinin Kuraklıklara Karşı Reaksiyonlarını Ekofizyolojik Analizi, Doktora Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çalıkoğlu, M. ve Tilki, F., 2002. Orman Ağacı Tohumlarında Çimlenme-Su Stresi İlişkisi, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, 76-88.
- Çalıkoğlu, M. ve 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. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Çiçek, E., Çiçek, N. ve Tilki, F., 2011. Four-Year Field Performance of *Fraxinus angustifolia* Vahl. and *Ulmus laevis* Pall. Seedlings Grown at Different Nursery Seedbed Densities, Res J For, 5, 89-98.
- Daneshvar, A., Tigabu, M., Karimidoost, A. ve Odén, P.C., 2016, Stimulation of Germination in Dormant Seeds of *Juniperus polycarpos* by Stratification and Hormone Treatments, New Forest, 47, 5, 751–761.
- Deligöz, A., 2007. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. Subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmbe) Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Eko-Fizyolojik Özelliklerin Dikim Başarısına Etkisi, Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Deligöz, A., 2012. Ekim Sıklığının *Acer negundo* L. Fidanlarının Morfolojik ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21, 14, 11-17.
- Deligöz, A. ve Gur, M., 2015. Morphological, Physiological and Biochemical Responses to Drought Stress of Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Seedlings, Acta Physiol Plant, 37, 243.
- Deligöz, A., Bayar, E. ve Yazici, N., 2016. Responses of Growth, Water Relations and Compatible Solutes Contents to Repeated Drought Stress in *Cedrus libani*, Fresen Environ Bull, 25, 3760-3767.
- Deligöz, A. ve Bayar, E., 2017. Kuraklık Stresli *Quercus cerris* Fidanlarının Fizyolojik ve Biyokimyasal Özelliklerindeki Değişimler. Turkish Journal of Forestry, 18, 4, 269-274.

- Deligöz, A. ve Bayar, E., 2018. Drought Stress Responses of Seedlings of Two Oak Species (*Quercus cerris* and *Quercus robur*), Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 42, 2, 114-123.
- Diamantoglou, S. ve Rhizopoulou, S., 1992. Free Proline Accumulation in Sapwood, Bark and Leaves of Three Evergreen Sclerophylls and a Comparison with an Evergreen Conifer, Journal of Plant Physiology, 140, 361-365.
- Dickson, A., Leaf, A.L. ve 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. ve 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. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dirik, H., 1994. Üç Yerli Çam Türünün (*Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arn.ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe, *Pinus pinea* L.) Kurak Periyottaki Transpirasyon Tutumlarının Ekofizyolojik Analizi, Orman Fakültesi Dergisi, A, 33, 1.
- 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 Fak. Dergisi, Seri A, 50, 2, 93-130.
- Donahue, J.K. ve Upton, J.L., 1996. Geographic Variation in Leaf, Cone and Seed Morphology of *Pinus greggii* in Navite Forests, Forest Ecology and Management, 82(1-3), 145-157.
- Donovan, L.A., Richards, J.H. ve Linton, M.J., 2002. Magnitude and Mechanisms of Disequilibrium Between Predawn Plant and Soil Water Potentials, Ecology, 84, 2, 463-470.
- Douaihy, B., Sobierajska, K., Jasińska, A.K., Boratyńska, K., Ok, T., Romo, A., Machon, N., Didukh, Y., Dagher-Kharrat, M.B. ve Boratyński, A., 2012. Morphological Versus Molecular Markers to Describe Variability in *Juniperus excelsa* subsp. *excelsa* (Cupressaceae), AoB Plants, 013.
- Drvodelić, D., Jemrić, T., Oršanić, M. ve Paulić, V., 2015. Fruits Size of Wild Apple (*Malus sylvestris*): Impact on Morphological and Physiological Properties of Seeds, Sumarski List, 139, 3-4, 145–153.
- Dubey, R.S., 1997. Photosynthesis in Plants Under Stressful Conditions. in: Pessarakli M (ed) Handbook of photosynthesis. Dekker, New York, 859-875.

- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. ve Smith, F., 1956. Calorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. Analytical Chemistry, 28, 350-356.
- Eler, Ü., Keskin, S. ve Örtel, E., 1993. Determine of the Quality Classes on Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) Seedlings, Journal of Forestry Research Institute, 240, 81-108.
- Ericsson, G., Namkoong, G. ve Roberds, J.H., 1993. Dynamic Gene Conservation for Uncertain Futures, 15-37.
- Eskling, M., Arvidsson, P.O. ve Akerlund, H.E., 1997. The Xanthophyll Cycle, Its Regulation and Components, Physiologia Plantarum, 100, 4, 806-816.
- Faria, T., García-Plazaola, J.I., Abadia, A., Cerasoli, S., Pereira, J. S. ve Chaves, M.M., 1996. Diurnal Changes in Photoprotective Mechanisms in Leaves of Cork Oak (*Quercus suber*) During Summer, Tree Physiology, 16, 1-2, 115-123.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. ve Basra, S.M.A., 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management, Agron Sustain Dev, 29, 185-212.
- Farquhar, G.D. ve Sharkey, T.D., 1982. Stomatal Conductance and Photosynthesis, Annual review of plant physiology, 33, 1, 317-345.
- Fick, S.E. ve Hijmans, R.J., 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International journal of climatology, 37, 12, 4302-4315.
- Gaëlle, D., Marc, V. ve 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.
- Gao, D., Gao, Q., Xu, H.Y., Ma, F., Zhao, C.M. ve Liu, J.Q., 2009. Physiological Responses to Gradual Drought Stress in The Diploid Hybrid *Pinus densata* and Its Two Parental Species, Trees, 23, 4, 717.
- Gaspar, T., Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J. F. ve 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, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Genç, M., Güner, T. ve Sahan, A., 1999. Eskişehir, Eğirdir ve Seydişehir Orman Fidanlıklarında 2+0 Yaşlı Karaçam Fidanlarında Morfolojik İncelemeler, Tr. J. of Agriculture and Forestry, 2, 517-525.

- Genç, M., Özkan, K., Özçelik, R., Güner, T., Gülsoy, S. ve Deligöz, A., 2012. Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* ssp. *nigra* Arn. var. *caramanica* (Loudon) Rehder] Meşcerelerinde Uygulanan İlk Aralamaların Ekofizyolojik Etkileri, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 13, 5-13.
- Gezer, A. ve Ercan, M., 1989. Seedlings of Some Leaved Trees Comparison Height and Diameter Characteristics of These Characteristics in Terms of Nurseries, Journal of Poplar and Fast Growing Forest Trees Research Institute, 71-166.
- Gill, P.K., Sharma, A.D., Shingh, P. ve 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, Bulg. J. Plant Physiol., 27, 72-84.
- Gomes-Laranjo, J., Peixoto Harro F., Sang, W.W.F. ve 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. ve Barney, C.W., 1968. Forest Tree Planting in Arid Zones. The Ronald Pres Company, New York.
- Guehl, J.M., Clement, A., Kaushal, P. ve 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. ve 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.
- Güner, Ş.T., Çömez, A., Karataş, R. ve Genç, M., 2008. The Effect to Some Morphological and Physiological Seedling Characteristics of Planting Density on Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), Journal of Soil and Ecology Research Institute, 325, 1-55.
- Güney, D., 2009. Doğu Kayını'nda (*Fagus orientalis* Lipsky) Bazı Coğrafik Varyasyonların Morfogenetik Olarak Belirlenmesi Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gürel, A. ve Avcıoğlu, R., 2001. Bitkilerde Abiyotik Stres Faktörlerine Dayanıklılık Mekanizmaları. pp.288-326. In: Özcan, S., Gürel, E. & Babaoğlu, M. (Eds.), Bitki Biyoteknolojisi, Genetik Mühendisliği, S.Ü. Vakfı Yayınları, İzmir.
- Hamada, E.A.M., Homoud, M.A., Kirkwood, R.C. ve 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.

Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Havaux, M., 1998. Carotenoids As Membrane Stabilisers in Chloroplasts, Trends Plant Sci., 3, 147-151.

Hellkvist, J., Richards, G.P. ve Jarvis, P.G. 1974. Vertical gradients of Water Potential and Tissue Water Relations in Sitka spruce Trees Measured with the Pressure Chamber, J. Appl. Ecol., 11, 637.

Hirayama, T. ve Shinozaki, K., 2010. Research on Plant Abiotic Stress Responses in The Post-Genome Era: Past, Present and Future, The Plant Journal, 61, 1041-1052.

Holland, V., Koller, S., Lukas, S. ve Brüggemann, W., 2016. Drought-and Frost-Induced Accumulation of Soluble Carbohydrates During Accelerated Senescence in *Quercus pubescens*, Trees, 30, 1, 215-226.

Iyer, S. ve Caplan, A., 1998. Products of Proline Catabolism Can Induce Osmotically Regulated Genes in Rice, Plant Physiology, 116, 203-211.

Joly, R.J., 1985. Techniques for Determining Seedling Water Status and Their Effectiveness in Assessing Stres. Duryea, Proceedings: Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests. Workshop Held October 16-18, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, 17-28.

Kaçar, B. ve Katkat, V., 1998. Bitki Besleme (Ders Kitabı), Uludağ Üniv. Güçlendirme Vakfı Yayın, 127, 595 s.

Kaçar, B., Katkat, A.V. ve Öztürk, Ş., 2009. Bitki Fizyolojisi. 3. Baskı Nobel yayınları Ankara.

Kaçar, B., 2015. Genel Bitki Fizyolojisi, Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 1243, Ankara.

Kalefetoğlu, T. ve Ekmekçi, Y., 2005. The Effects of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 18, 4, 723-740.

Kameli, A. ve Losel, D.M., 1996. Growth and Sugar Accumulation in Durum Wheat Plants Under Water Stress, New Phytol, 132, 57-62.

Kandemir, G.E., 2002. Genetics and Physiology of Cold and Drought Resistance in Turkish Red pine (*Pinus brutia* Ten.) Populations From Southern Turkey. Ph D. Thesis ODTU. Ankara.

Katerina, I., Chrysa, K. ve Kyparissis, A., 2009. An Ecophysiological Approach of Hydraulic Performance for Nine Mediterranean Species, Tree Physiology, 29, 889-900.

- Kaya, Z., 1989. Environmental Factors that Affect Growth and Development of Seedlings, Fidan, 2, 11-18.
- Kayadibi, B., 2011. Toros Sedirinin Fidanlıkta Yetiştirilmesinde Seyreltme ve Kök Kesimi İşlemlerinin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Keller, F. ve Ludlow, M.M., 1993. Carbohydrate Metabolism in Drought-Stressed Leaves of Pigeonpea (*Cajanus cajan*), Journal of Experimental Botany, 44, 8, 1351-1359.
- Kestek, D., 2012. Sapsız Meşe Türünde Yapılan Seyreltmenin Fidanların Bazı Morfolojik Kalite Kriterleri Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kishor, P.B.K. ve Sreenivasulu, N., 2014. Is Proline Accumulation Per Se Correlated with Stress Tolerance or Is Proline Homeostasis a More Critical Issue?, Plant, Cell and Environment, 37, 300-311.
- Kırdar, E. ve Allahverdi, S., 2010. The Effect of Polystimulin-A6 on Some Morphological Properties of Beech Seedlings (*Fagus orientalis* L.), Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil&Plant Science, 53, 200-207.
- Knops, J.M.H. ve Koenig, W.D., 2001. Annual Variation in Xylem Water Potential in California Oaks, Madrono, 47, 2, 106-108.
- Kosová, K., Vítámvása, P., Prášila, I.T. ve Renaut, J., 2011. Plant Proteome Changes Under Abiotic Stress - Contribution of Proteomics Studies to Understanding Plant Stress Response, Journal of Proteomics, 74, 1301-1322.
- Kozlowski, T.T., Kramer, P.J. ve Pallardy, S.G., 1991. The Physiological Ecology of Woody Plants, Academic press.
- Kozlowski, T.T. ve Pallardy, S.G., 1997. Growth Control in Woody Plants, pp. 112-127, Academic Press San Diaogo.
- Kramer, P.J. ve Kozlowski, T.T., 1960. Physiology of Trees, McGraw-Hill Book Company, Inc. Newyork Toronto London. 642p.
- Krasenky, J. ve 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, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lambers, H., 1998. Chapin, F., S. and Pons, T., L., Plant Physiological Ecology. Springer-Verlag, 540.

- Landis, T.D., 1989. Irrigation and Water Management, In: Landis, T., D., Tinus, R. W., McDonald, S., E., Barnet, J., P. The Container Tree Nursery Manual, Volume 4, Agric. Handbook. 674. Washington, DC: US. Department of Agric. Forest Service, 69-118.
- Lansac, A.R., Zaballos, J.P. ve Martin, A., 1994. Seasonal Water Potential Changes and Proline Accumulation in Mediterranean Shrubland Species, Vegetatio, 113, 2, 141-154.
- Larsen, H.S., South, D.B. ve Boyer, J.M., 1986. Root Growth Potential, Seedling Morphology and Bud Dormancy Correlate with Survival of Lob-Lolly Pine Seedlings Planted in December in Alabama, Tree Physiology, 1, 41, 253-263.
- Lei, Y., Yin, C. ve 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.
- Lehmann, S., Funck, D., Szabados, L. ve Rentsch, D., 2010. Proline Metabolism and Transport in Plant Development, Amino acids, 39, 4, 949-962.
- Lepeduš, H., Cesar, V. ve Suver, M., 2003. The Annual Changes of Chloroplast Pigments 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.
- Leuzinger, S., Zotz, G., Asshoff, R. ve Körner, C., 2005. Responses of Deciduous Forest Trees to Severe Drought in Central Europe, Tree physiology, 25, 6, 641-650.
- Levitt, J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses (2 vol.). Academic Press, New York.
- Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S.K. ve Becker, D.F., 2013. Proline Mechanism of Stress Survival, Antioxidants & Redox Signaling, 19, 998-1011.
- Lorenzo, R.D., Barbagallo, M.G., Costanza, P., Gugliotta, E., Lino, T., Pisciotta, A. ve Santangelo, T., 2005. Pre dawn, Stem and Leaf Water Potential Evolution in *Vitis vinifera* L. cv Nero d'Avola/1103 P. Under Different Water Regime. XIV International GESCO Viticulture Congress, Geisenheim, Germany, 23-27 August, 493-498.
- Lopushinsky, W., 1990. Seedling Moisture Status. In: Rose, R., Campbell, S., J., Landis, T., D., eds. Target Seedling Symposium. Proceedings, Western Forest Nursery Association; August, Roseburg. OR. General Technical Report RM-200, 123-138.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C. ve 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. ve 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.
- Manas, P., Castro, E. ve De las Heras, J., 2009. Quality of Maritime Pine (*Pinus pinaster* Ait.) Seedlings Using Waste Materials as Nursery Growing Media, New Forests, 37, 295-311.
- Matysiak, R., 2001. Content of Carotenoids in Needles of *Pinus sylvestris* L. Growing in a Polluted Area, Dendrobiology, 46, 39-42.
- McDonald, S.E., 1984. Irrigation in Forest-Tree Nurseries: Monitoring and Effects on Seedling Growth. in: Duryea M.L. and Landis T.D. (eds), Forest Nursery Manual, Martinus Nijhoff/DrW. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, 107-121.
- Morales, C.G., Pino, M.T. ve del Pozo, A., 2013. Phenological and Physiological Responses to Drought Stress and Subsequent Rehydration Cycles in Two Raspberry Cultivars, Scientia Horticulturae, 162, 234–241.
- Morgan, J.M., 1995. Growth and Yield of Wheat Lines with Differing Osmoregulative Capacity at High Oil Water Deficit in Seasons of Varying Evaporative Demand, Field Crops Research, 40, 143-152.
- Mundree, S.G., Baker, B., Mowla, S., Peters, S., Marais, S., Willigen, C.V., Govender, K., Marenda, A., Muyanga, S., Farrant, J.M. ve Thomson, J.A., 2002. Physiological and Molecular Insights into Drought Tolerance, African Journal of Biotechnology, 1, 23-38.
- Munné-Bosch, S. ve Alegre, L., 2004. Die and Let Live: Leaf Senescence Contributes to Plant Survival Under Drought Stress, Functional Plant Biology, 31, 3, 203-216.
- Munns, R. ve Weir, R., 1981. Contribution of Sugars to Osmotic Adjustment in Elongating and Expanded Zones of Wheat Leaves During Moderate Water Deficits At 2 Light Levels, Australian Journal of Plant Physiology, 8, 1, 93-105.
- Murakami, P.F., Schaberg, P.G. ve Shane, J.B., 2008. Stem Girdling Manipulates Leaf Sugar Concentrations and Anthocyanin Expression in Sugar Maple Trees During Autumn, Tree Physiolog, 28, 1467-1473.
- Nakai, A., Yurugi, Y. ve 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. ve Kadioglu, A., 2009. Leaf Rolling and Photosystem II efficiency in *Ctenanthe Setosa* Exposed to Drought Stress, Photosynthetica, 47, 3, 429-436.

- Nilsen, E.T. ve Orcutt, D.M., 1996. The Physiology of Plants Under Stress – Abiotic factors. John Wiley and Sons, Inc, New York, 689.
- Oleksyn, J., Zytowskiak, R., Karolewski, P., Reich, P.B. ve Tjoelker, M.G., 2000. Genetic and Environmental Control of Seasonal Carbohydrate Dynamics in Trees of Diverse *Pinus sylvestris* Populations, Tree Physiology, 20, 837-847.
- Ortuno, M.F., Garcia-Orellana, Y., Conejero W., Ruiz-Sanchez, C.M., Alarcon, J.J. ve Torrecillas A., 2006. Stem and Leaf Potentials, Gas exchange, Sap Flow, and Trunk Diameter Fluctuations for Detecting Water Stres in Lemon Trees, Trees-Structure and Function, 20, 1-8.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K. ve Tran, L.P., 2014. Response of plants to water stress, Front Plant Science, 5, 86.
- Özdamar, K., 1999. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP, Dördüncü Baskı, Kaan Kitapevi, Eskişehir.
- Öztürk, M.A. ve Seçmen, Ö., 1992. Bitki Ekolojisi. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, 141.
- Öztürk, S., 2013. Türkiye Meşeleri Teşhis ve Tanı Kılavuzu, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Zararlılarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı, ISBN:978-605-4610-24-2.
- 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. ve Deligöz, A., 2016. Kokulu Ardıç (*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.
- Özyuvacı, N., 1999. Meteoroloji ve klimatoloji. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi.
- Ritchie, G.A., 1984. Assessing Seedling Quality. pp. 243-259. In Duryea, M.L. and T.D. Landis (eds.). Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedling. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk. Publishers. Hague/Boston/Lancaster, 386 p.
- Ritchie, G.A. ve 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. ve Landis, T.D., 2005. Seedling Quality Tests: Plant Moisture Stres, Forest Nursery Notes, 6-12.
- Rosa, M., Prado, C., Podazza, G., Interdonato, R., González, J.A., Hilal, M. ve Prado, F.E., 2009. Soluble Sugars: Metabolism, Sensing and Abiotic Stress: A Complex Network in the Life of Plants, Plant Signaling & Behavior, 4, 5, 388-393.

- Royce, B. ve Barbour, M.G., 2001. Mediterranean Climate Effects. I. Conifer Water Use Across a Sierra Nevada Ecotone, American Journal of Botany, 88, 911-918.
- Parker, C.W. ve Pallardy, G.S., 1987. The Infulence of Resaturation Method and Tissue Type on Presure-Volume Analysis of *Quercus alba* L. Seedling, Journal of Experimental Botany, 38, 188, 535-549.
- Powell, A.A., 2010. Morphological and Physiological Characteristics of Seeds and Their Capacity to Germinate and Survive, Ann Bot, 105, 6, 975-976.
- Praxedes, S.C., DaMatta, F.M., Loureiro, M.E., Ferrao, M.A. ve Cordeiro, A.T., 2006. Effects of Long-Term Soil Drought on Photosynthesis and Carbohydrate Metabolism in Mature Robusta Coffee (*Coffea canephora* Pierre var. *kouillou*) Leaves, Environmental and Experimental Botany, 56, 3, 263-273.
- Pukacki, P.M. ve Kaminska-Rozek, E., 2005. Effect of Drought Stress on Klorophyll 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. ve Erdei, L., 1994. Effects of NaCl Salinity on Growth, Cation Accumulation, Chloroplast Syructure and Function in Wheat Cultivars Differing in Salt Tolerance, Journal of Plant Physiology, 144, 2, 241-247.
- Salisbury, F.B. ve Ross, C.W., 1992. Plant Physiology, Wadsworth Publishing Co., California.
- Sağlam, A., 2004. Ağır kuraklık stresi geçirmiş *Ctenanthe setosa* bitkisinin yeni kuraklık koşullarına adaptasyon yeteneğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sairam, R.K., Deshmumukh, P.S. ve Shukla, D.S., 1998. Stress Induced Injury and Antioxidant Enzymes in Relation to Drought Tolerance in Wheat Genotypes, Biol. Plant., 40, 357-364.
- Sanz-Pérez, V., Castro-Díez, P. ve Joffre, R., 2009. Seasonal Carbon Storage and Growth in Mediterranean Tree Seedlings Under Different Water Conditions, Tree Physiology, 29, 9, 1105-1116.
- Sayed, S.A., Gadallah, M.A.A. ve Salama, F.M., 2013. Ecophysiological Studies on Three Desert Plants Growing in Wadi Natash, Eastern Desert, Egypt, Journal of Biology and Earth Sciences, 3, 1, 135-143.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Hemmingsen, E.A. ve 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.

- Schultz, R.C. ve Thompson, J.R., 1997. Effect of Density control and Undercutting on Root Morphology of 1+0 Bareroot Hardwood Seedlings: Five-Year Field Performance of Root-Graded Stock in the Central USA, New Forests, 13, 301-314.
- Schwab, K.B., Schreiber, U. ve Heber, U., 1989. Response of Photosynthesis and Respiration of Resurrection Plants to Desiccation and Rehydration, Planta, 177, 217-227.
- Sękiewicz, K., Boratyńska, K., Dagher-Kharrat, M.B., Ok, T. ve Boratyński, A., 2016. Taxonomic Differentiation of *Cupressus sempervirens* and *C. atlantica* based on Morphometric Evidence, Syst Biodivers, 14, 5, 494–508.
- Semerci, A., 2002. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Karakteristikler ile İç Anadolu'daki Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No: 279, Ankara, 142s.
- Serrano, L., Pefruelas, J., Ogaya, R. ve Save, R., 2005. Tissue-Water Relations of Two Co-occurring Evergreen Mediterranean Species in Response to Seasonal and Experimental Drought Conditions, J. Plant Res, 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. ve Chaves, M.M., 2006. Metabolic Responses to Water Deficit in Two *Eucalyptus globulus* Clones with Contrasting Drought Sensitivity, Tree Physiology, 26, 2, 239-248.
- Sircelj, H., Tausz, M., Grill, D. ve Batic, F., 2005. Biochemical Responses in Leaves of Two Apple Tree Genotypes Subjected to Progressing Drought, J. Plant Physiol., 162, 1308-1318.
- 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. ve Lösch, R., 2004. Xylem Sap Flow and Drought Stress of *Fraxinus excelsior* saplings, Tree physiology, 24, 169-180.
- Szabados, L. ve Savoure, A., 2010. Proline: a Multifunctional Amino Acid, Trends in plant science, 15, 2, 89-97.
- Şimşek, Y., 1987. Ağaçlandırmada Kaliteli Fidan Kullanma Sorunları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 33, 65, 5-29.
- Taiz, L. ve Zeiger, E., 1998. Plant Physiology, Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, 792.
- Taiz, L. ve Zeiger, E., 2010. Responses and Adaptations to Abiotic Stress, In: Plant Physiology, Fifth Edition. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc. 755-778. ISBN 978-0-87893-866-7.

- Tari, I., Camen, D., Coradin, G., Csiszar, J., Feiuc, E., Gêmes, K., Lazar, A., Madosa, E., Mihacea, S., Poor, P., Postelnicu, S., Staicu, M., Szepesi, A., Nedelea, A. ve Erdei, L., 2008. Changes in Chlorophyll Fluorescence Parameters and Oxidative Stress Responses of Bush Bean Genotypes for Selecting Contrasting Acclimation Strategies Under Water Stress, Acta Biologica Hungarica, 59, 3, 335-345.
- Terzi, R., Sağlam, A., Kutlu, H., Nar, H. ve Kadioğlu A., 2010. Impact of Soil Drought Stress on Photochemical Efficiency of Photosystem II and Antioxidant Enzyme Activities of *Phaseolus vulgaris* Cultivars, Turk. J. Bot., 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 (in press).
- Thomas, F.M. ve 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, p. 59-71. In: Duryea ML (Ed.). Forest Research Laboratory Oregon State University, Corvallis, OR
- Tolay, U., 1983. Hendek Orman Fidanlığında Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.)'ın Yetiştirilmesi Tekniği ile Fidan Kalitesi ve Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler Üzerine Araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 19, 49-448, İzmit.
- Tuba, Z., Lichtenthaler, H.K., Csintalan, Z.S., Nagy, Z. ve Szente, K., 1996. Loss of Klorophylls, Cessation of Photosynthetic CO₂ Assimilation and Respiration in The Poikilo Klorophyllous Plant Xerophyta Scabrida During Desiccation, Physiologia Plantarum, 96, 3, 383-388.
- Tubitak, 2015. Desertification report of Turkey. Ankara
- Turan, E.S., 2018. Türkiye'nin İklim Değişikliğine Bağlı Kuraklık Durumu, Doğ Afet Çev Derg., 4, 1, 63-69.
- Turner, N.C., 1988. Measurement of Plant Water Status by the Pressure Chamber Technique, Irrig.Sci., 9, 289-308.
- Tuttle, C.L., South, D.B., Golden, M.S. ve Meldahl, R.S., 1987. Relationship Between İnitial Seedling Height and Survival and Growth of Loblolly Pine Seedlings Planted During a Droughty Year, Southern Journal of Applied Forestry, 11, 3, 139-143.

- Tüfekçioğlu, A. ve Tüfekçioğlu, M., 2018. Kuraklık ve Orman Ekosistem Dinamikleri Etkileşimi, Türkiye Ormancılık Dergisi, 19, 1, 103-108.
- Türkan, İ., 2008. Bitki Fizyolojisi (Ed. Taiz, L., Zeiger, E.) Palme Yayıncılık, 690s. Ankara.
- 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.
- Üçler, A.Ö., Gülcü, S. ve Bilir, N., 2000. Anadolu Karaçamı ve Kızılçam'da Tohum Kaynağı-Morfolojik Fidan Kalitesi İlişkileri. Bildiri Özetleri Kitapçığı s, 39. II. Ulusal Fidancılık Sempozyumu, Eylül, İzmir.
- Ürgenç, S., 1986. Ağaçlandırma tekniği. İÜ Orman Fakültesi Yayını, Üniversite Yayın No: 3314, Fakülte Yayın No: 375, 525s. İstanbul.
- Ürgenç, S., 1998. Ağaçlandırma Tekniği, İÜ Rektörlüğü Yayın No: 3994, Orman Fakültesi Yayın No: 441, İstanbul.
- Van Buijtenen, J.P. ve Stern, K., 1967. Marginal Populations and Provenance Analyses. XIV IUFRO Congress (München), Papers III, 319-331.
- Vassey, T.L., ve 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.
- Verbruggen, N. ve Hermans, C., 2008. Proline Accumulation in Plants: a review, Amino Acids, 35, 753-759.
- Verslues, P.E. ve Sharma, S., 2010. Proline Metabolism and Its Implications for Plant-Environment Interaction, The Arabidopsis Book/American Society of Plant Biologists, 8.
- Vorontzova, L.I. ve Zaugolnova, L.B., 1985. Population Biology of Stepe Plants. In: The Population Structure of Vegetation. ISBN 90-6193-184-3, 143-178, Dordrecht.
- Wang, Z. ve Stutte, G.W., 1992. The Role of Carbohydrates in Active Osmotic Adjustment in Apple Under Water Stress, Journal of the American Society for Horticultural Science, 117, 5, 816-823.
- Wong, B.L., Baggett, K.L. ve Rye, A.H., 2003. Seasonal Patterns of Reserve and Soluble Carbohydrates in Mature Sugar Maple (*Acer saccharum*), Canadian Journal of Botany, 81, 780-788.
- Wu, M., Zhang, W.H., Ma, C., ve 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, Russ. J. Plant Physl., 60, 5, 681-692.

- Yahyaoğlu, Z., 1987. Orman Ağacı Fidanlarının Kalite Özellikleri. Scholender Tekniği Yardımı ile Su Potansiyelinin Ölçülmesi ve Önemi, KTÜ Orman Fakültesi Dergisi, 10, 1-2, 140-151.
- Yahyaoğlu, Z. ve Genç, M., 2007. Fidan Standardizasyonu. Standart Fidan Yetiştirmenin Biyolojik ve Teknik Esasları, SDÜ Orman Fakültesi Yayın, 75, 555 s.
- Yahyaoğlu, Z., Güney, D., Turna, İ. ve Atar, F., 2012. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)’nda Bazı Morfolojik Özelliklere Bağlı Varyasyonların Belirlenmesi, Ksü Doğa Bilimleri Dergisi, 234-239.
- Yaltırık, F., 1984. Türkiye Meşeri Teşhis Kılavuzu, Yenilik Basımevi, İstanbul.
- Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y.Z., Yao, X.Q. ve Yin, H.J., 2007. Influence of Water Stress and Low Irradian on Morphological and Physiological Characteristics of *Picea asperata* Masters. Seedlings, Photosynthetica, 45, 4, 613-619.
- Yavaş, İ., Akgül, H.N. ve Ünay, A., 2016. Bitkilerin Kuraklığa Dayanıklılığını Arttırmaya Yönelik Uygulamalar, Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4, 1, 48-57.
- Yer, E.N. ve Ayan, S. 2011. Eskişehir Orman Fidanlık Koşullarında Yetiştirilen Çıplak Köklü Toros Sediri ve Anadolu Karaçam Fidanlarının Gelişim Dönemleri, K.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 11, 2, 219-227.
- Yin, C., Pang, X. ve 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.
- Yılmaz, M., 1995. Karaçam Fidanlarının Kalite Sınıflarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 238-241, 5-37.
- Yordanov, İ., Velikova, V. ve Tsonev. T., 2000. Plant Responses to Drought, Acclimation, and Stress Tolerance, Photosynthetica, 38, 2, 171-186.
- Yüksek, F.T., 2007. Sapsız Meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) Fidanı Gelişimi Üzerine Tohum Boyutu Ve Kök Kesim Zamanının Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Zebec, M., Idžojić, M., Poljak, I. ve Modrić, I., 2015. Population Variability of Wych Elm (*Ulmus glabra* Huds.) in The Mountainous Region of Croatia According to The Leaf Morphology, Sumarki List, 139, 9-10, 429–439.
- Zobel, B.J., Van W.Y.K.G. ve Stahl, P., 1987. Growing Exotic Forests. John Wiley and Sons, ISBN 0-471-80915-2, New York.
- Zwiazek, J.J., 1991. Cell-Wall Changes In White Spruce (*Picea glauca* L.) Needles Subjected To Repeated Drought Stress, Physiologia Plantarum, 82, 4, 513-518.

ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Trabzon’da tamamladıktan sonra üniversite öğrenimine başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü’nden “Onur Öğrencisi” derecesi ile mezun oldu. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. “Doğu Gürgeni’nde (*Carpinus orientalis* Miller) yükseltiye bağlı olarak bazı morfolojik karakterlerin ve çimlenme özelliklerinin araştırılması” adlı yüksek lisans tezini tamamlayarak, “Orman Yüksek Mühendisi” unvanı almaya hak kazandı.

Yüksek Lisans ve Doktora öğrenimi süresince bilim dalı ile ilgili konularda ele alınmış, 3 makale ve 9 bildirisi bulunan ATAR, ayrıca ulusal kuruluşlarca desteklenen 4 projede (2 TÜBİTAK, 2 BAP) görev almıştır. Halen Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora öğrenimine devam etmektedir.

Evli ve Tanem adında bir kız çocuğu annesidir. İngilizce bilmektedir.